

La pollution aux microplastiques, un enjeu de taille

Comment quantifier l'impact de la pollution marine due aux microplastiques afin d'établir un partage de responsabilités et une stratégie d'action?



Arij Aissa
Chahida Bouchour
Myriam Gaïda
Niels Sageaux

Jose Bonet Faus
Aude Gadenne
Raphaël Goetz
Shuxin Shi

Cette publication a été réalisée par des étudiants en troisième année du cycle ingénieur de Mines Paris PSL Research University. Il présente le travail réalisé dans le cours intitulé « Descriptions de controverse », qui a pour objectif d'introduire les étudiants à l'univers incertain de la recherche scientifique et technique et de les sensibiliser aux enjeux de la participation citoyenne. ¹

Mines Paris décline toute responsabilité pour les erreurs et les imprécisions que peut contenir cet article. Vos réactions et commentaires sont bienvenus. Pour signaler une erreur, réagir à un contenu ou demander une modification, merci d'écrire à la responsable de l'enseignement : madeleine.akrich@mines-paristech.fr.

¹ Illustration de la page de garde issue de Agathe Palaizines, « Microplastiques : la pollution invisible des océans », *L'info durable*, avr. 11, 2020. <https://www.linfordurable.fr/environnement/microplastiques-la-pollution-invisible-des-occeans-17440> (consulté le janv. 10, 2022).

Table des matières

Introduction

Matériel et Méthodes

I. Caractérisation du problème

- 1.1 Sources des microplastiques et projections chiffrées
- 1.2 Quantification, localisation et durée de vie des microplastiques
- 1.3 Effets connus et hypothétiques sur l'environnement et la santé
- 1.4 Les méthodes et protocoles scientifiques d'analyse des microplastiques

II. Acteurs et partage de la responsabilité

- 2.1 Cartographie des acteurs et leur évolution dans le temps
- 2.2 Attribution des responsabilités et de l'échelle d'influence de ces acteurs : au niveau local, national et international
- 2.3 Dynamiques entourant les différents acteurs

III. Qui doit agir et comment ?

- 3.1 Les micro-plastiques sont déjà dans l'eau, est-il trop tard ?
- 3.2 Actions en amont, prévention : comment réduire à la source ?
- 3.3 Comment légiférer à différentes échelles pour des acteurs divers : quels types de mesures prendre ? Normes, subventions, quotas ?

Conclusion et discussion

Synthèse des points évoqués et ouverture sur les perspectives futures du débat autour de la pollution par microplastiques.

Introduction

1. Problématisation du sujet

Depuis plus de 70 ans, la production de plastiques a explosé dans le monde. Par son faible coût et ses propriétés particulières, il connaît une utilisation massive dans des produits provenant de secteurs d'activité variés comme les emballages alimentaires (PVC), les tissus textiles (polyesters) ou les CD (polycarbonates)². On estime aujourd'hui que 10 % de l'ensemble des plastiques produits depuis leur invention auraient terminé dans les océans³. S'il n'est pas correctement recyclé, ce plastique constitue une menace majeure pour notre environnement. Ces plastiques peuvent prendre des formes diverses, allant des produits macroscopiques aux minuscules particules, morceaux ou fibres que l'on nomme microplastiques.

2. Historique

L'histoire des microplastiques est intimement liée à la croissance économique de la seconde moitié du XX^e siècle, et la production massive de plastique qui l'accompagne depuis 70 ans. On considère que 1.5 millions de tonnes de plastiques étaient produits en 1950 tandis que 335 millions l'ont été en 2016⁴, un chiffre auquel on peut ajouter les 60 millions de tonnes de fibres synthétiques⁴. Dorénavant, c'est entre 1.15 et 2.41 millions de tonnes de plastiques qui sont rejetés dans les océans par les fleuves et rivières⁵. Les premiers débats mettent un certain temps à se mettre en place et c'est en 1970 que les premiers lanceurs d'alerte pointent le sujet:

“[Au départ, les recherches] étaient assez anecdotiques.” (D'après M. Galgani que nous avons rencontré).

En 1997, la découverte des gyres (au départ terme qui désigne des courants rotatoires dans les océans, définissant aujourd'hui les amas de plastiques formant des îlots) amène une prise de conscience collective forte et les premières expéditions scientifiques sont lancées. Les études scientifiques sur le sujet s'accroissent et se focalisent notamment sur les questionnements en termes de santé pour les organismes marins et l'être humain, les sources importantes de déchets plastiques, le cheminement des microplastiques (dans l'air, les océans, les bouteilles d'eau, ...) ⁴.

“[Au départ,] Ce qui les intéressait [les chercheurs] ce n'était pas le fait qu'il y ait des plastiques sur le fond ou les problèmes environnementaux qui étaient adjacents, mais surtout le fait qu'il fallait comprendre pourquoi un plastique pouvait couler. Les questions n'étaient donc pas forcément environnementales.” (D'après M. Galgani que nous avons rencontré).

La médiatisation sur le problème des microplastiques dans les océans s'est intensifiée dès 2014 avec la création de *The OceanCleanUp* et leurs premières expéditions maritimes pour nettoyer les océans. *Surfrider Foundation Europe* entreprend de grandes recherches grâce à des prélèvements réalisés par des bénévoles en

² . Eurofins, « Contamination des aliments par les microplastiques : Eurofins vous propose des solutions innovantes », *Eurofins Scientific*, avr. 22, 2021. <https://www.eurofins.fr/agroalimentaire/actualites/newsletter-agroalimentaire-france/focus-agroalimentaire-62-janvier-2020/microplastiques/> (consulté le janv. 10, 2022).

³ ANSES, « Les microplastiques, un risque pour l'environnement et la santé | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail », oct. 13, 2021. <https://www.anses.fr/fr/content/les-microplastiques-un-risque-pour-l%E2%80%99environnement-et-la-sant%C3%A9> (consulté le janv. 10, 2022).

⁴ J. Gasperi et B. Tassin, « Pollution plastique : retour sur une prise de conscience », *La Tribune (France)*, p. 110, sept. 13, 2018.

⁵ L. C. M. Lebreton, J. van der Zwet, J.-W. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady, et J. Reisser, « River plastic emissions to the world's oceans », *Nat Commun*, vol. 8, n° 1, p. 15611, juin 2017, doi: 10.1038/ncomms15611.

2015. Ces associations profitent d'une communication très marquée et "choc" pour alerter à la fois les institutions gouvernementales, les médias et les consommateurs.

*"[La thématique des débris plastiques] est devenue une préoccupation environnementale de premier ordre ces dernières années"*⁴

Ce lobbying associatif très important s'accompagne de résultats de recherche inquiétants⁶, ce qui justifie l'urgence de se procurer une emprise sur les preneurs de décisions. Aujourd'hui, les expéditions, recherches, prélèvements, actions gouvernementales, initiatives industrielles, nettoyages et autres se multiplient à travers le monde.

3. Exemples

La pollution marine due aux microplastiques est un enjeu de taille. Environ 2 millions de tonnes⁶ : ce chiffre est souvent avancé pour alerter de la quantité de plastique qui contamine chaque année les écosystèmes marins et illustrer l'ampleur de l'impact de cette pollution de nos jours. Au sein du spectre de la pollution plastique, le microplastique joue un rôle particulièrement complexe. Pourtant, par manque de visibilité sur ces conséquences, la pollution microplastique est souvent exclue de l'imaginaire collectif associé à la pollution marine. En effet, contrairement aux emballages de cannettes qui emprisonnent et étouffent des tortues, il n'existe pas un porte-drapeau représentant l'impact des microplastiques. Ceci est en partie lié au fait qu'un microplastique est, par définition, très petit (inférieur à 5 millimètres) et donc très souvent invisible à l'œil nu.

Pourtant, il représenterait une pollution plus conséquente que le plastique visible, certaines estimations avancent le chiffre de 11 millions de tonnes par an⁷. Quasi ironiquement, l'impact de la pollution microplastique aurait une échelle majeure. Les effets néfastes sur la santé animale, à la base de nombreux écosystèmes comme les coraux ou encore le phytoplancton, s'étendraient jusqu'au bout de la chaîne alimentaire. ³Une entrée en matière efficace pour se rendre compte de la largeur de ce spectre est de réaliser une analyse de corpus d'articles de presse sur des centaines voire quelques milliers d'articles pour en ressortir les termes récurrents. C'est ce que nous avons réalisé avec Cortex (voir Matériel et Méthodes). La chaîne alimentaire, l'ingestion, les produits d'hygiène personnelle et les poursuites judiciaires font ainsi partie du lexique récurrent en plus des termes liés à la pollution, aux déchets et à l'environnement.

⁶ L. Lebreton *et al.*, « Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic », *Sci Rep*, vol. 8, n° 1, p. 4666, mars 2018, doi: 10.1038/s41598-018-22939-w.

⁷ I. Efimova, M. Bagaeva, A. Bagaev, A. Kileso, et I. P. Chubarenko, « Secondary Microplastics Generation in the Sea Swash Zone With Coarse Bottom Sediments: Laboratory Experiments », *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 313, 2018, doi: 10.3389/fmars.2018.00313.

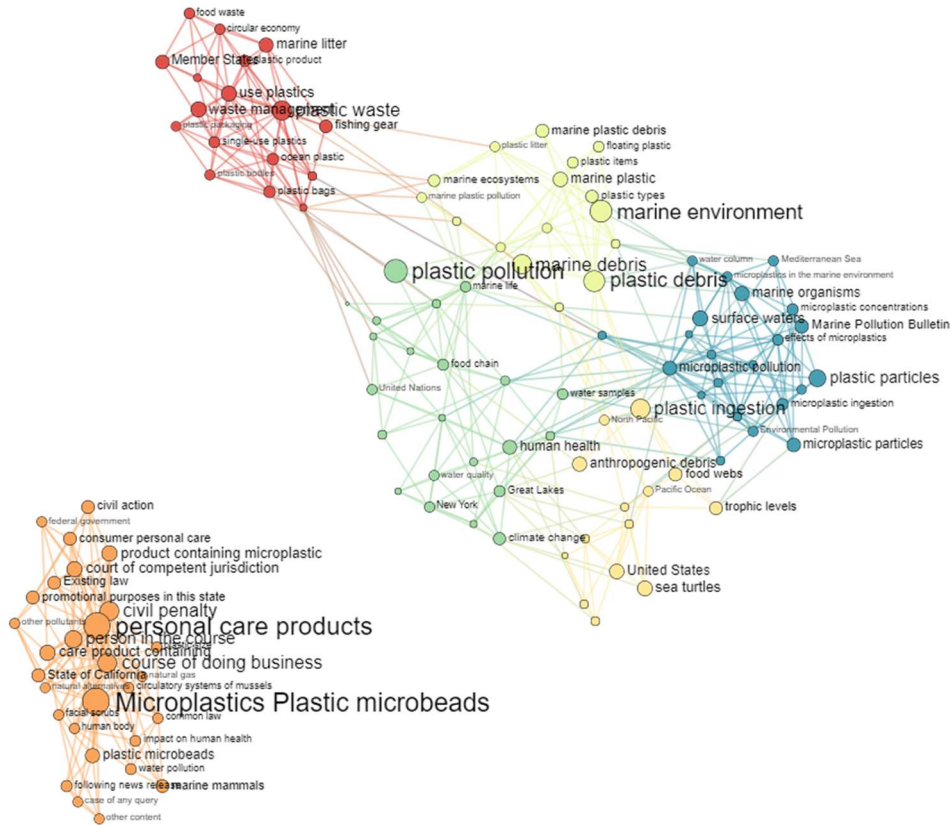


Figure 1 : Réseaux résultant de la cartographie des recherches **microplasti*** et **marine**
(70 noeuds terme-terme)

Afin d'endiguer la pollution, différentes mesures sont envisagées et discutées: par exemple, les plastiques à usage unique (comme les pailles, coton-tige, couverts à usage unique, tiges de ballons, etc.) seront interdits dans l'UE⁸. Cependant, le choix des mesures à appliquer ne fait pas consensus : la diversité des parties prenantes dans le débat ajoute un nouveau paramètre à l'équation. Ceci vient accentuer le fait que la caractérisation des effets de la pollution microplastique reste un domaine de recherche actif, mettant en question l'efficacité de toute mesure envisagée.

La controverse s'opère ainsi autour de plusieurs sphères : caractérisation scientifique, cartographie des parties prenantes et partages de responsabilité, et enfin choix des mesures pour endiguer la pollution aux microplastiques. Nous aborderons donc cette problématique autour de ces trois axes.

⁸ K. Pausch-Homblé et K. Rettig, « Council adopts ban on single-use plastics », *European Council - Council of the European Union*, mai 21, 2019. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/05/21/council-adopts-ban-on-single-use-plastics/> (consulté le janv. 10, 2022).

Matériel et méthodes

Premières recherches bibliographiques :

Dans un premier temps, l'objectif a été de comprendre ce qui faisait réellement l'objet de notre controverse. En effet, nous avons des difficultés à délimiter le périmètre de la controverse. Pour cela nous avons cherché à identifier les acteurs concernés de près ou de loin par la pollution marine due aux microplastiques, ainsi que les tensions dictant les relations entre ces derniers, puis enfin les points faisant réellement débat et non consensus (tout le monde s'accorde à dire que la pollution est néfaste, ce n'est pas là le sujet de controverse). Nous avons donc cherché des articles de presse très généraux sur le sujet dans la presse quotidienne via Europress (formule de recherche : NOM= microplastique* & océan par exemple) et réalisé des analyses statistiques de corpus pour mieux structurer notre travail. Nous avons également recherché les articles scientifiques les plus cités sur le sujet dans la base de données Scopus (TITLE-ABS-KEY (microplastic* AND ocean)). Nous avons ainsi constitué un ensemble d'articles plutôt généraux devant nous permettre d'identifier les points essentiels de la controverse afin d'entamer par la suite des recherches plus précises. Dans la presse scientifique, certains auteurs et instituts se détachent par le nombre d'articles publiés. En particulier, nous retenons le nom du français François Galgani pour nos potentiels entretiens.

Les entretiens :

Ont été contactés :

- Institutions politiques : le ministère de la mer et le ministère de la transition écologique.
- Chercheurs : François Galgani (Ifremer) et Carole Balducci (Fondation Tara).
- ONG : OceanoPlastic, Sea Plastics, Ocean Cleanup
- Entreprise : Michelin
- Associations : UFC Que Choisir et 60 Millions de Consommateurs

Pour tous ces acteurs, nous avons tenté de recueillir des informations à propos des sujets suivants : leurs solutions techniques ou organisationnelles proposées, les mesures actuellement mises en place, le partage de responsabilité, les initiatives décidées, etc. Cela nous a permis de cerner les enjeux évoqués directement par la controverse.

Plus précisément, l'objectif de contacter les institutions politiques était de comprendre pourquoi et depuis quand s'intéressent-elles à ce sujet ? Connaître les mesures qui ont été et seront mises en place et dans quels buts ? Les chercheurs nous ont permis de mieux connaître le sujet d'un point de vue scientifique. Comment la recherche a évolué avec le temps ? Quel laboratoire s'y est intéressé ? Comment les chiffres et la quantification évoluent ? Quel est l'impact de cette pollution sur la santé, sur la biodiversité, etc. ? De manière assez similaire, des ONG sont contactées dans le but de comprendre leurs actions et de comprendre contre qui et quoi elles se battent. Enfin, les entreprises sont contactées pour comprendre leur éventuelle responsabilité et les actions qu'elles mettent en place concernant leurs produits de consommation.

Faute de réponse, seulement trois entretiens ont finalement été menés : François Galgani de l'Ifremer, Clara L. et Laurine P. de SEA Plastics, Mariane Gil de Michelin. Un quatrième entretien avait été organisé, mais la personne qui devait être interrogée ne s'est jamais présentée au rendez-vous. Elle nous a par la suite recontacté, mais il était trop tard pour réorganiser un entretien (ce qu'elle ne mentionnait d'ailleurs pas).

Analyse du corpus avec CORTEX Manager :

Nous avons réalisé des analyses sur plusieurs corpus de textes issus de la presse d'europresse grâce à l'application Cortex Manager. Nous avons tout d'abord joué sur les paramètres de recherche avancée pour que le résultat donné par notre recherche initiale (entre 200 et 1000 articles de presse dans une même langue) afin de ne pas avoir à trier à la main . Ceci nous a permis de regrouper ces centaines d'articles, les télécharger comme si d'un seul bloc il s'agissait, pour en exporter un fichier HTML, ensuite compressé et importé dans Cortex.

Les corpus téléchargés correspondent aux critères de recherche suivants:

- 1) microplasti* & pollution en français
- 2) microplasti* & pollution en anglais
- 3) microplasti* & pêche en français
- 4) microplasti* & marine en anglais.

Nous prendrons finalement l'exemple de Corpus avec critère (4) de 546 articles dans les illustrations à suivre.

En réponse à notre souhait de poursuivre de manière plus détaillée l'analyse des corpus, nous les avons ensuite étudiés dans Cortex.

Nous avons procédé dans l'ordre à :

- la liste des sources ;
- l'indexation de termes selon leur occurrence : par exemple la liste des 250 termes ou groupes nominaux (maximum 3 mots) avec le plus d'occurrences. Pour le corpus "microplasti* & marine" on compte 214 termes ou groupes nominaux répétés 10 fois ou plus ;
- la cartographie du réseaux terme à terme en choisissant le nombre de noeuds de la carte ;

La cartographie permet d'identifier les relations sémantiques, autrement dit d'identifier les groupes nominaux rentrant en concurrence au sein d'un article. La répétition de cette opération pour l'ensemble des articles étudiés donne accès aux fréquences d'apparition des couples de groupes nominaux et offre une vue synthétique des principaux thèmes traités dans l'ensemble des articles..

I. Caractérisation du problème

1.1 Sources de microplastiques et projections chiffrées

La pollution microplastique des océans est un problème de plus en plus connu. Malgré cet énorme intérêt des chercheurs, des médias et des citoyens, la simple définition de cette pollution ne fait pas toujours l'unanimité. Dans cette première partie, nous allons relever les points de divergences, les controverses autour de la caractérisation du problème de la pollution microplastique des océans.

Le premier point important est la définition du terme « microplastique ». Cela peut paraître anodin, mais une définition différente change drastiquement la problématique. Un microplastique est défini par sa composition plastique mais aussi par sa taille. Et à ce niveau, la communauté scientifique ne s'aligne pas sur une dimension claire et universelle. Certains chercheurs parlent des microplastiques comme étant des plastiques dont la taille est comprise entre 5 millimètres et 1 micromètre, d'autres définissent une taille inférieure à 1 millimètre ou encore inférieure à 5 micromètres⁹. François Galgani nous explique que c'est un terme « générique comme "microbiologie", dans le sens "petit" » et qu'il ne définit pas forcément une taille de l'ordre du micromètre. Le chercheur de l'Ifremer affirme que selon la définition la plus commune, les microplastiques font moins de 5 millimètres. Il nous avoue ensuite que la limite inférieure, permettant une distinction avec les nano-plastiques, n'est pas encore établie à cause des mesures devenant de plus en plus précises. Mais une standardisation semble indispensable car comme indiqué dans le rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques - Pollution plastique : une bombe à retardement ? de décembre 2020. ⁹« Une normalisation des limites des classes de tailles est nécessaire pour faciliter les échanges de résultats entre les équipes, permettant des comparaisons qui faciliteront la compréhension des phénomènes »⁹.

Deuxièmement, les scientifiques ont classé les microplastiques selon 2 catégories : les microplastiques primaires et secondaires. De nouveau les définitions diffèrent. Pour l'UICN, l'union internationale pour la conservation de la nature, les microplastiques primaires sont « les plastiques qui sont rejetés directement dans l'environnement sous la forme de petites particules. Ils peuvent avoir été volontairement ajoutés à des produits, comme les agents exfoliants que l'on trouve dans les articles de toilette et les cosmétiques (par exemple les gels douche). Ils peuvent aussi provenir de l'usure d'objets en plastique plus gros au cours de leur fabrication, de leur utilisation ou de leur entretien, comme l'abrasion des pneus sur les routes ou le frottement des textiles synthétiques pendant le lavage »¹⁰. Les microplastiques secondaires sont « les microplastiques issus de la fragmentation d'éléments en plastique plus gros exposés à l'environnement marin, notamment par photodégradation et autres effets de l'exposition aux intempéries de déchets abandonnés dans la nature, comme des sacs en plastique, ou perdus, comme des filets de pêche »¹⁰. C'est peut-être la définition la plus commune chez les chercheurs. Cependant, d'autres ont une formulation de la seconde catégorie légèrement différente. Ils ne considèrent pas que le plastique doit se dégrader dans l'environnement marin. Les microplastiques secondaires viennent donc simplement de la dégradation de plastiques en mer et sur terre¹¹. Cette différence est considérable car - nous le verrons après - une des sources importantes de microplastiques est la fragmentation des pneus due au frottement sur les routes. Les microplastiques produits sont-ils primaires ou secondaires ? Même les médias et les gouvernements participent à cette confusion en considérant soit la première

⁹ P. Bolo et A. Prévile, « Rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques - Pollution plastique : une bombe à retardement ? », Rapport n° 3654 Assemblée Nationale n°217 Sénat, déc. 2020. Consulté le: déc. 28, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.senat.fr/notice-rapport/2020/r20-217-notice.html>

¹⁰ J. Boucher et D. Friot, *Microplastiques primaires dans les océans*. IUCN, International Union for Conservation of Nature, 2020. doi: 10.2305/IUCN.CH.2017.01.fr.

¹¹ W. C. Li, H. F. Tse, et L. Fok, « Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects », *Science of the Total Environment*, vol. 566-567, p. 333-349, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084.

formulation^{12,13,9}, soit la seconde^{14,15,16}. De nouveau, une normalisation de la définition facilitera l'échange de chiffres et d'informations entre les chercheurs.

Troisièmement, les sources et leurs quantifications varient. Pour mieux comprendre les sources, il faut comprendre le cycle de vie d'un déchet plastique et comment il peut arriver dans l'océan. L'UICN schématise le cycle de vie du plastique (figure 2). Il en découle 8 sources (figure 3) : les pneus, les textiles synthétiques, les peintures marines et routières, les articles de toilette, les granulés, la poussière urbaine et les microplastiques secondaires. Leur étude précise bien que « L'origine des microplastiques secondaires étant difficile à établir du fait de leur désagrégation, il est malaisé d'évaluer convenablement la proportion de macroplastiques qui se sont désormais délités en microplastiques »¹⁰. C'est aussi ce que nous affirme François Galgani : « Les modalités de dégradation sont complexes. Il y a des mécanismes physiques, la biodégradation, la photolyse, et d'autres mécanismes possibles dont l'abrasion dans le sable. [...] Il y a des questions sur la dégradation. Personne n'a résolu le problème pour expliquer les schémas de dégradation des plastiques dans l'eau de mer ». Mais il semblerait que les microplastiques secondaires restent la plus grande source. Certains pensent qu'ils représentent entre 69 et 81 % des microplastiques retrouvés dans les océans¹⁶, d'autres estiment ce chiffre à 66%⁹, d'autres encore n'osent pas se prononcer. Une étude indique qu'entre 4.8 et 12.7 millions de tonnes de (macro)plastiques arrivent dans l'océan chaque année¹⁷, un chiffre qui contribue donc énormément à la production de ces microplastiques. Concernant les microplastiques primaires (figure 2), l'UICN, en modélisant les pertes, estime leur nombre entre 0.8 et 1.5 millions de tonnes arrivant dans l'océan chaque année¹⁰ selon la répartition suivante (figure 4). Certains considèrent que l'apport de microplastiques atteint les 7 à 8 millions de tonnes/an¹⁸. François Galgani est très pessimiste sur la quantité de granulés qui représenterait 10% des microplastiques primaires. D'autres considèrent que c'est la fragmentation des pneus qui est sous-estimée, 503 586 tonnes/an⁹. Les fourchettes sont parfois très importantes, les nombres incertains, cela témoigne de la difficulté d'obtenir des chiffres précis et de la partialité de notre connaissance du problème.

Définir et caractériser précisément la pollution marine due aux microplastiques semble donc compliqué. Les débats scientifiques alimentent en continu les tentatives d'uniformisation des différents rapports sur le sujet qui semblent indispensables aux échanges d'informations.

¹² Agathe Palaizines, « Microplastiques : la pollution invisible des océans », *L'info durable*, avr. 11, 2020. <https://www.linfordurable.fr/environnement/microplastiques-la-pollution-invisible-des-océans-17440> (consulté le janv. 10, 2022).

¹³ Mathis Cochet-Weinandt, « Les microplastiques, un danger pour la santé et l'environnement ? », *The Trust Society*, nov. 30, 2021. <https://thetrustsociety.fr/blogs/la-vie-en-jaune/les-microplastiques-un-danger-pour-la-sante-et-l-environnement> (consulté le janv. 10, 2022).

¹⁴ É. Dardenne, « Face à la pollution plastique, la résistance s'organise », *Ouest-France*, p. Caen-Vire_10, mars 20, 2021.

¹⁵ M. Pradalié, « Les microplastiques, un fléau invisible », *Le Régional de Cosne et du Charitois*, p. Cosne-06, févr. 17, 2021.

¹⁶ Actualité Parlement européen, « Microplastiques : sources, impact et solutions | Actualité | Parlement européen », *Actualité Parlement européen*, nov. 22, 2018. <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20181116STO19217/microplastiques-sources-impact-et-solutions> (consulté le janv. 10, 2022).

¹⁷ J. R. Jambeck *et al.*, « Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean », *Science*, vol. 347, n° 6223, p. 768-771, févr. 2015, doi: 10.1126/science.1260352.

¹⁸ Journal de Spring, « Les microplastiques : des solutions pour ce grand petit problème. - », *Journal de Spring*, sept. 20, 2021. <https://blog.wespring.com/les-microplastiques-des-solutions-pour-ce-grand-petit-probleme/> (consulté le janv. 10, 2022).

CYCLE DE VIE DU PLASTIQUE ET DES OBJETS EN PLASTIQUE

INDIQUANT LES SOURCES DES PERTES DE MICROPLASTIQUES PRIMAIRES

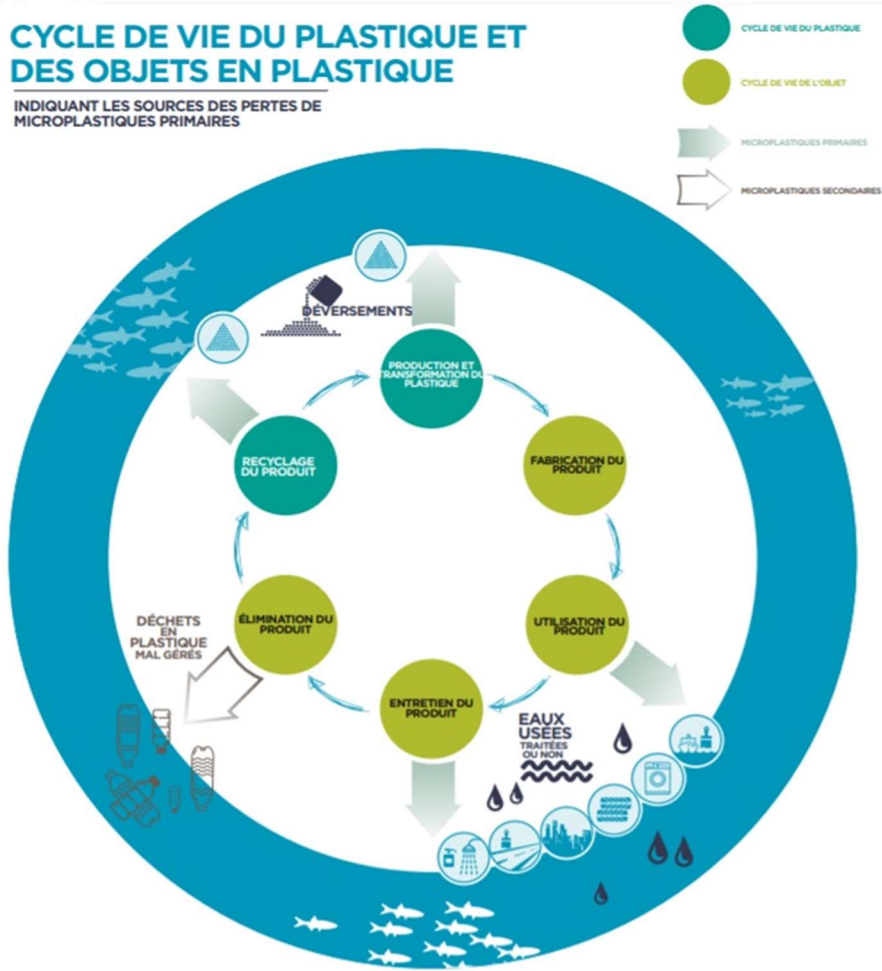


Figure 2 : Cycle de vie du plastique¹⁰.



Figure 3 : différentes sources de microplastiques primaires¹⁰.

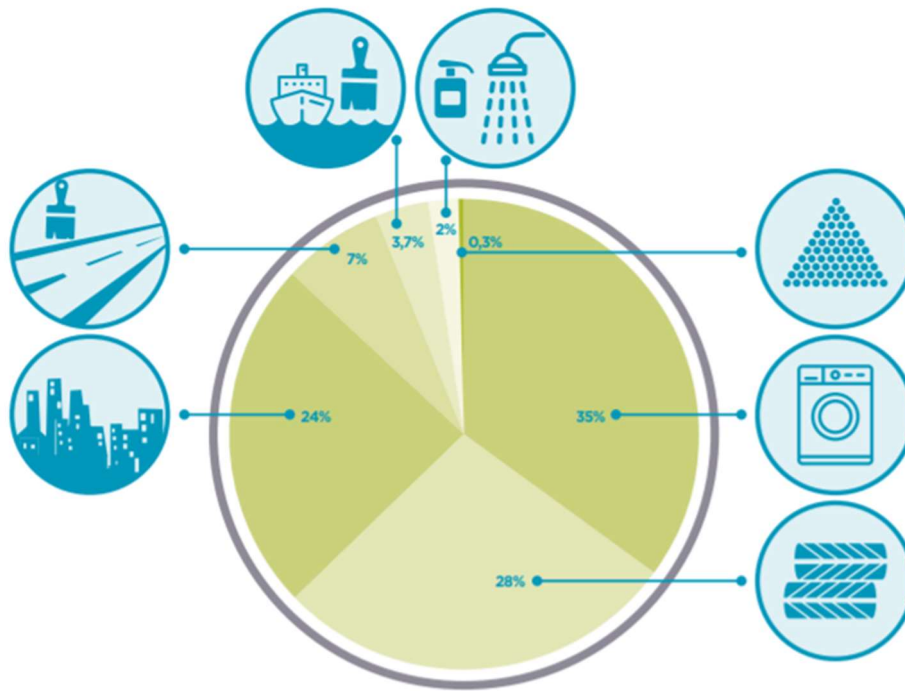


Figure 4 : Répartition des sources de microplastiques primaires¹⁰.

1.2 Quantification, localisation et durée de vie des microplastiques

Quelle quantité de microplastiques se trouve dans l'océan ? En surface ? En profondeur ? Pour combien de temps ? La quantité d'articles de presse sur le sujet augmente depuis 2012 et a explosé depuis 2018 (cf. évolution du nombre de documents sur Europress Figure 5). Tantôt alarmistes et accusateurs, tantôt rassurants et modérateurs, les médias interpellent l'opinion publique à coup de « gros chiffres » et de titres « catastrophes », parfois contradictoires ou dépourvus de contexte. Ainsi, « Moins de plastique que prévu dans les océans » titrait *Le Figaro* en 2014¹⁹ mais « Alerte, l'océan coule ! »²⁰, « Il y a 25 fois plus de microplastiques au fond des océans qu'on ne le pensait »²¹ titraient *Le Monde* en 2018 et *HuffPost - France* en 2020 respectivement. En effet, il existe une réelle controverse scientifique sur la caractérisation du problème. La quantification de l'ampleur de cette pollution reste soumise à débat^{22,23}. Cela est dû à plusieurs facteurs : les microplastiques sont très largement répandus, mais aussi très peu visibles, ce qui complique leur quantification. Les estimations quantitatives existantes s'appuient donc sur une série d'hypothèses ne faisant pas unanimité au sein de la communauté scientifique.

¹⁹ C. Vanlerberghe, « Moins de plastique que prévu dans les océans », *Le Figaro*, p. 12, juill. 01, 2014.

²⁰ I. Lövin, « Alerte, l'océan coule ! », *Le Monde*, p. SCQ7, juin 13, 2018.

²¹ Le HuffPost avec AFP, « Il y a 25 fois plus de microplastiques au fond des océans qu'on ne le pensait », *HuffPost - France (site web)*, oct. 07, 2020. https://www.huffingtonpost.fr/entry/il-ya-25-fois-plus-de-microplastiques-au-fond-des-océans-quon-ne-le-pensait_f_r_5f7d7afac5b60c6bcc6465f9?utm_hp_ref=fr-oceans

²² D. K. A. Barnes, F. Galgani, R. C. Thompson, et M. Barlaz, « Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, n° 1526, p. 1985-1998, 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0205.

²³ M. Eriksen *et al.*, « Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea », *PLoS One*, vol. 9, n° 12, p. e111913, déc. 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0111913.

Tout d'abord, il s'agit d'estimer les sources de microplastiques primaires et secondaires dans les océans. Cela implique de connaître le devenir des déchets terrestres, celui-ci est géographiquement variable selon les législations locales mais aussi selon le respect de ces législations. De plus, chaque localité ne définissant pas les déchets de la même façon, il est difficile d'estimer ce qui est effectivement récupéré ou non. L'estimation des sources de microplastiques est donc complexe et controversée. Pourtant, elle intervient également dans la quantification globale de cette pollution.

Une fois dans l'océan, que deviennent les microplastiques ? Les prélèvements de surface ne permettent pas de conclure quant à leur présence au fond de l'eau. De même, les échantillons prélevés dans les profondeurs ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble des fonds marins de la planète. D'autre part, l'agrégation des microplastiques entre eux, leur transport (dans les gyres océaniques notamment), leurs interactions avec les organismes vivants ou les conditions physico-chimiques de leur environnement (dépendant de la profondeur et de la géographie) peuvent conduire à des comportements et à des estimations de durée de vie différentes. D'après M. François Galgani, chercheur CNRS, Ifremer que nous avons rencontré, "il y a des questions sur la dégradation. Personne n'a résolu le problème pour expliquer les schémas de dégradation des plastiques dans l'eau de mer." Ainsi toutes les hypothèses sont interdépendantes et donnent lieu à des modélisations diverses^{22,23}. Pour donner un ordre de grandeur, l'étude de la CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) estime à 14 millions de tonnes la quantité de microplastiques au fond des océans²¹. Afin d'apporter de la cohérence et du contexte, les scientifiques sont régulièrement invités à s'exprimer dans des interviews sur ces chiffres et ce qu'ils impliquent. A titre d'exemple, monsieur François Galgani que nous avons rencontré intervient également dans la presse quotidienne pour réagir et expliquer les résultats des études scientifiques comme dans l'article « Moins de plastique que prévu dans les océans » du Le Figaro de 2014 mentionné plus haut¹⁹. Néanmoins, d'après le rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : Pollution plastique : une bombe à retardement ? de décembre 2020, "À ce jour, il n'existe aucun modèle scientifique permettant de quantifier avec certitude le nombre de microplastiques."

Pic médiatique : 48 documents le 23 novembre 2019

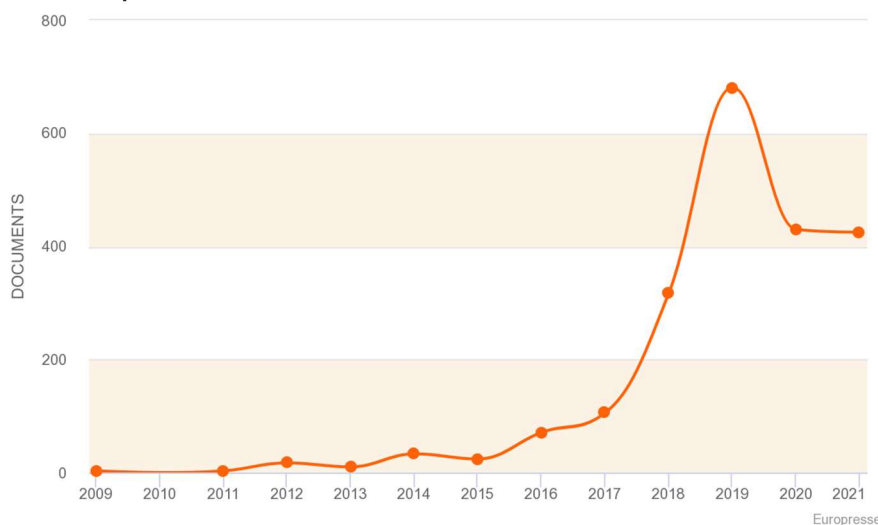


Figure 5 : Evolution du nombre de documents publiés sur Europress sur la pollution marine due aux microplastiques (formule de recherche : NOM= microplastique* & océan)

1.3 Effets connus et hypothétiques sur l'environnement et la santé

Les effets du microplastique sur la santé des êtres vivants sont encore mal connus et certains restent controversés. Cependant, la recherche sur ces effets s'est accélérée ces dernières années et les premiers résultats défraient la chronique et alertent sur leur nocivité pour l'Homme, notamment pour les nourrissons^{24,25}. Il faut toutefois rester vigilant, tous les microplastiques pouvant être nocifs pour la santé ne proviennent pas nécessairement des océans : ils peuvent également être issus de la dégradation des macroplastiques sur terre. La question qui nous intéresse est donc : comment les microplastiques marins en arrivent-ils à contaminer les êtres humains ?

Les trois critères principaux pour juger de la nocivité des microplastiques sont leur concentration, leur toxicité et la nature des interactions avec le tissu biologique contaminé.

Des chercheurs en toxicologie et santé environnementale travaillent donc à identifier les vecteurs de transport et d'accumulation et les effets (néfastes ou positifs) de ces microparticules sur les organismes vivants. Le schéma ci-dessous explicite le phénomène de dose couramment employé :

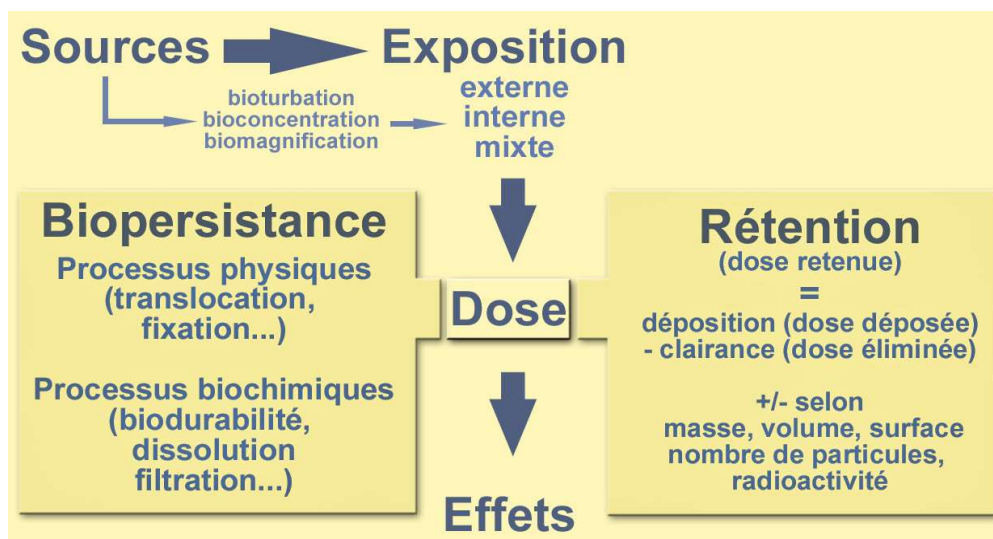


Figure 6 : Le mécanisme de bioaccumulation

La bioaccumulation désigne la capacité de certains organismes comme les végétaux ou les animaux, à absorber et concentrer dans leur organisme certaines substances chimiques se trouvant rarement dans l'environnement naturel. Dit plus simplement, elle traduit la différence entre la contamination d'un individu et sa capacité à évacuer le contaminant. Des données issues de la recherche marine montrent que l'ingestion de microplastiques peut entraîner un blocage du tube digestif, des lésions organiques, un affaiblissement et même la mort²⁶. Les microplastiques peuvent aussi absorber des polluants organiques persistants (POP). Les POP sont des molécules toxiques résistant aux dégradations biologiques naturelles. Inhalées ou ingérées, ces molécules

²⁴ Le Journal de Saône et Loire, « Des microplastiques dans le placenta de fœtus », *Le Journal de Saône et Loire*, déc. 27, 2020. <https://www.lejsl.com/sante/2020/12/26/des-microplastiques-dans-le-placenta-de-foetus>

²⁵ Ouest-France avec Agence, « Les selles des bébés seraient bourrées de microplastiques, alertent des chercheurs », *Ouest-France (site web)*, sept. 24, 2021. <https://www.ouest-france.fr/sante/les-selles-des-bebes-seraient-bourrees-de-microplastiques-alertent-des-chercheurs-7437894>

²⁶ J. G. B. Derraik, « The pollution of the marine environment by plastic debris: a review », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 44, n° 9, Art. n° 9, sept. 2002, doi: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5.

attaquent le cerveau, le foie ou encore le tissu adipeux. Le Bisphénol A est une de ces molécules toxiques. Sa petite taille lui permet de traverser les membranes cellulaires et sa structure très similaire à celles de certaines hormones (oestrogènes) lui permet d'activer ou d'inhiber certains processus hormonaux. En 2021, deux chercheurs de l'université Paris Sorbonne ont découvert que le bisphénol A induit une toxicité neuro-développementale chez l'embryon d'ascidie des animaux marins dits "filtreurs", se nourrissant en filtrant l'eau de mer. Ces organismes sont considérés comme des "cousins de l'homme parmi les invertébrés, d'un point de vue phylogénétique"²⁷.

Notons quand même que des organismes apparemment proches (par exemple moules et huîtres) accumulent différemment ces substances. La fonction reproductrice de l'huître par exemple est particulièrement sensible aux perturbations environnementales, car sa fécondation se produit en externe, en expulsant ses gamètes dans l'eau de mer. Douze chercheurs de l'Institut français de recherches pour l'exploitation de la mer (Ifremer) et de l'université de Bretagne occidentale-CNRS se sont ainsi penchés sur la façon dont l'huître *Crassostrea gigas* réagit aux microplastiques.²⁸ Mis en présence de quatre doses plus ou moins concentrées de billes de polystyrène de 50 nanomètres pendant une heure, le mollusque perd plus de la moitié de ses chances de se reproduire. Cette recherche est citée jusque dans la conclusion des travaux d'une mission d'information sur la pollution des mers demandée par l'assemblée nationale²⁹.

Deuxièmement, la biomagnification est le croisement des capacités de bioaccumulation avec le réseau de chaînes alimentaires d'un écosystème. Elle permet de quantifier l'augmentation du taux de microplastiques à chaque étape de la chaîne alimentaire, jusqu'à l'homme. Tous les produits ne se valent donc pas en risque de transmission.³⁰ Les fruits de mer sont plus à risque de transmettre les microplastiques à l'homme, car "on consomme le système digestif qui contient les particules de plastiques", explique Guillaume Duflos, chercheur au laboratoire de sécurité des aliments de Boulogne. Quant aux poissons, il y a moins de risques, car seul le filet est consommé. Quid des quantités ingérées par le consommateur ? En 2019, un rapport commandé par le WWF à l'Université de Newcastle (Australie) a estimé qu'un individu moyen pourrait ingérer jusqu'à 5 grammes de plastique par semaine, soit le poids d'une carte de crédit.

Ces microplastiques pourraient être responsables de maladies intestinales comme le montre une étude publiée dans la revue *Environmental Science & Technology*³¹. Sur les 100 personnes participant à l'étude (50 personnes saines et 52 atteintes d'une maladie inflammatoire de l'intestin MII), les personnes atteintes d'une MII présentaient 50% de microplastiques en plus dans leurs selles.

Le réseau trophique n'est pas le seul vecteur de transport et d'accumulation des microplastiques. En décembre 2020, le Figaro titrait "On a trouvé des microplastiques quasiment au sommet de l'Everest", faisant référence à une publication de One Earth. L'origine de ces microplastiques avait alors été attribuée aux vêtements et équipements des alpinistes.³² En 2021, des chercheurs du CNRS et de l'université de Strathclyde les ont

²⁷ I. Gomes et R. Dumollard, « VIDÉO. Bisphénol A : les microplastiques présents dans l'océan sont néfastes pour le cerveau », *20 Minutes (site web)*, nov. 23, 2020. <https://www.20minutes.fr/sante/2910643-20201123-video-bisphenol-microplastiques-presents-ocean-nefastes-cerveau>

²⁸ M. Valo, « Les microplastiques affectent la reproduction des huîtres », *Le Monde*, p. 7, sept. 12, 2020.

²⁹ R. Ali et N. Dupont-Aignan, « Rapport d'information déposé en application de l'article 145 du règlement, par la commission des affaires étrangères, en conclusion des travaux d'une mission d'information sur la pollution des mers (Mme Ramlati Ali et M. Nicolas Dupont-Aignan) », 4505, 09 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/cion_afetr/115b4505_rapport-information

³⁰ La Dépêche, « Les microplastiques s'invitent dans l'océan et nos assiettes », *ladepeche.fr*, janv. 10, 2022. <https://www.ladepeche.fr/2021/05/27/les-microplastiques-sinvitent-dans-locean-et-nos-assiettes-9569441.php> (consulté le janv. 10, 2022).

³¹ E. Disdero, « Les microplastiques sont bien présents dans nos selles et pourraient être responsables de maladies intestinales », *Libération (site web)*, déc. 2021, [En ligne]. Disponible sur: https://nouveau.europresse.com/Link/PSLT_1/news-20211223-LIF-029

³² Le Figaro, « On a trouvé des microplastiques quasiment au sommet de l'Everest », *Le Figaro (site web)*, nov. 21, 2020. <https://www.lefigaro.fr/sciences/on-a-trouve-des-microplastiques-quasiment-au-sommet-de-l-everest-20201121>

cherché dans des échantillons d'air captés au Pic du midi, juchés à 2.877 mètres dans les Pyrénées françaises. Tous se sont avérés contenir des microplastiques et en calculant la trajectoire des différentes masses d'air échantillonnées sur sept jours, les chercheurs sont parvenus à démontrer leur origine partiellement marine. Pour le chercheur Steve Allen, cette origine marine est alarmante : « Que le plastique soit tiré de l'océan jusqu'à de telles altitudes montre qu'il n'y a pas de puits de stockage éventuel, il tourne en rond dans un cycle perpétuel. Ça montre qu'on ne peut pas juste envoyer le plastique à l'étranger, car il va revenir sous une autre forme.³³ Les mesures physiques et biophysiques mentionnées au cours de cette partie sont permises par les progrès de la science analytique et la détermination de certaines parties à prélever et échantillonner ces microplastiques.

1.4 Les méthodes et protocoles scientifiques d'analyse des microplastiques

Pour étudier ces microplastiques, ainsi que leurs concentrations et leur distribution géographique, le principal protocole observé chez les scientifiques consiste à effectuer des prélèvements de colonnes d'eau à l'aide de filets ou de bouteilles.

Les méthodes d'études n'ont cependant pas encore été unifiées, ce que constatent Li, Liu et Chen dans *Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection* :

« Notre étude bibliographique montre qu'il n'existe toujours pas d'outils de quantification et de qualification universellement acceptés pour les microplastiques dans les eaux douces³⁴. Cela ralentit les avancées de la recherche, puisqu'il n'est pas possible de retracer des évolutions dans le temps grâce à des données étudiées avec des méthodes différentes.

Dans ce même article, Li, Liu et Chen explicitent les méthodologies d'études des microplastiques qu'ils ont le plus souvent observées lors de leur revue : « [...] l'eau douce est d'abord échantillonnée par les filets avec une taille de maille typique de 330 µm pour la collecte des microplastiques. Après le processus de réduction du volume, les échantillons passent ensuite par le processus de purification comprenant la séparation de la densité par des sels inorganiques tels que le chlorure de sodium et le processus de digestion par des agents oxydants ou des enzymes. La séquence de ces deux processus (à savoir la purification et la digestion) dépend du type d'échantillon. [...] Les méthodes couramment utilisées pour les études de qualification sont la spectroscopie FTIR, la spectroscopie Raman, la pyrolyse-GC/MS et la chromatographie liquide. Une méthode de marquage peut être utilisée dans l'étude de quantification.³⁴

SEA Plastics, association étudiante qui a pour but de contribuer à la recherche sur les plastiques en milieu marin et de sensibiliser à l'importance de la protection des océans, nous a confirmé sur le terrain les résultats de l'étude de Li, Liu et Chen. Chaque année, des étudiants bénévoles de l'association partent en expédition pendant cinq mois sur la Méditerranée et collectent des échantillons d'eau. Les itinéraires changent peu d'une année à l'autre, afin de pouvoir observer l'évolution des quantités de microplastiques et leurs impacts. Le protocole est ainsi amélioré de manière continue. L'association utilise des filets ferments, qui prélèvent à l'arrêt du bateau des microplastiques en profondeur en échantillonnant un étage de la colonne d'eau, ainsi que des filets manta traînés à l'arrière du bateau qui permettent d'échantillonner la zone de surface. Depuis 2020, l'association utilise également des bouteilles Niskin. Elle filtre ensuite les échantillons sur filtres verre.

Cette association a pour but de pallier un problème majeur auquel doit faire face la communauté scientifique : le manque de financements pour aller prélever des échantillons. En effet, l'échantillonnage des

³³ S. Allen, D. Allen, K. Moss, G. L. Roux, V. R. Phoenix, et J. E. Sonke, « Examination of the ocean as a source for atmospheric microplastics », *PLOS ONE*, vol. 15, n° 5, Art. n° 5, mai 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0232746.

³⁴ Li, J., Liu, H., & Chen, J. P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water research*, 137, 362-374.

microplastiques marins est particulièrement complexe et coûteux : il nécessite de longues expéditions répétées et éprouvantes sur mer, avec du personnel formé à l'utilisation du matériel scientifique, ce qui représente un besoin de financements considérable. SEA Plastics veut donc contribuer à cet effort de recherche en allant récolter les échantillons bénévolement, en partenariat avec des laboratoires, des instituts de recherche et des sponsors, qui leur fournissent le matériel et les forment. Cependant, elles ont bien conscience que cela ne fait que pallier le problème sans réellement le résoudre : il faudrait selon elles que les Etats financent davantage la recherche, car les conditions actuelles de recherche en France ou en Italie (zones géographiques de déroulement des activités) manquent cruellement de moyens.

II. Acteurs et partage de la responsabilité

2.1 Cartographie des acteurs et leur évolution dans le temps

Une grande diversité d'acteurs prend part à cette controverse. Des instances gouvernementales, des ONGs, des laboratoires de recherche académique, de grands industriels, des start-ups, des médias et les usagers finaux sont concernés par le débat. Dans un effort de synthèse, comme montré dans la figure 7, nous les avons réunis en 3 catégories distinctes : le secteur privé, les institutions publiques et les consommateurs.

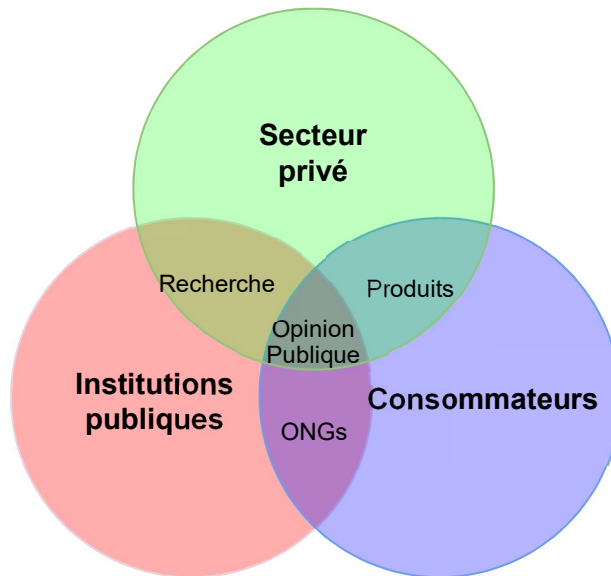


Figure 7 : Organigramme regroupant les principaux acteurs en guise d'introduction

Cependant la dynamique des acteurs est en métamorphose constante, cet organigramme n'est qu'une représentation du panorama à l'instant présent. Historiquement de nombreux acteurs se sont introduits dans la controverse ou ont vu leur degré d'implication évoluer. Les interactions complexes entre les différentes parties prenantes seront détaillées en amont, mais en guise d'introduction nous avons constitué une frise résumant l'historique du débat.

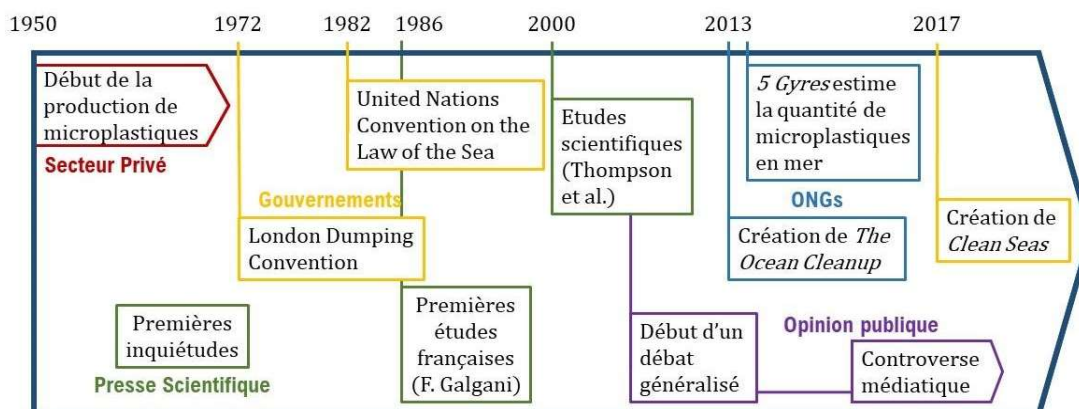


Figure 8 : Frise chronologique des événements majeurs de la controverse

Nous allons maintenant proposer une exposition non exhaustive des principaux acteurs de la controverse entourant la pollution microplastique. Comme montré par la figure 8, cette liste est ordonnée par ordre d'apparition dans les débats entourant la controverse et que l'on peut facilement remarquer sur la frise (différentes couleurs).

D'après la figure 7, Les microplastiques que l'on retrouve dans l'océan sont à l'origine issus de produits plastiques fabriqués pour divers usages depuis les années 1950 (cf. graphique ci-dessous).

Le secteur industriel est donc partie intégrante de la controverse. Ces plastiques sont soit directement produits sous la forme de microplastiques, comme les microbilles ou les microfibrilles (microplastiques primaires), soit issus de la dégradation d'un matériau plastique de taille supérieure (microplastiques secondaires). Les secteurs cosmétique, automobile, routier, ferroviaire et textile représentent la majorité (72%) de la pollution issue des microplastiques primaires.³⁵ Les sachets et les bouteilles en plastique représentent quant à eux 45 % de la pollution issue des microplastiques secondaires.³⁶ La production mondiale de plastique reste en pleine croissance et il est attendu qu'elle continue de croître dans les prochaines années (cf. la figure 7). Par conséquent, la pollution liée aux microplastiques va vraisemblablement s'intensifier également⁹.

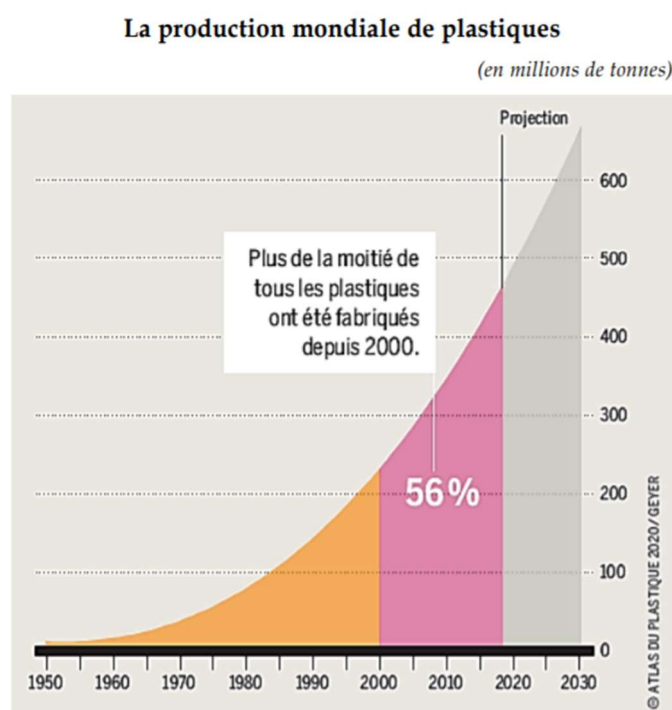


Figure 9 : Graphique représentant l'évolution de la production mondiale de plastique⁹

Les consommateurs ont une responsabilité car ils consomment des produits plastiques et microplastiques. Ils représentent donc la demande de plastique. En effet, dans l'histoire de la controverse, ils apparaissent dès le début en consommant les premiers plastiques fabriqués par les industriels au milieu du XXe

³⁵ C. général au développement durable Ministère de la transition écologique et solidaire, « Origine des microplastiques primaires retrouvés dans les océans du monde », *L'environnement en France - Rapport sur l'état de l'environnement*. <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/donnees-et-ressources/ressources/graphiques/article/origine-des-microplastiques-primaires-retrouves-dans-les-occeans-du-monde> (consulté le janv. 10, 2022).

³⁶ I. Efimova, M. Bagaeva, A. Bagaev, A. Kileso, et I. P. Chubarenko, « Secondary Microplastics Generation in the Sea Swash Zone With Coarse Bottom Sediments: Laboratory Experiments », *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 313, 2018, doi: 10.3389/fmars.2018.00313.

siècle. Ils sont également présents à plusieurs niveaux et interagissent avec les autres acteurs. L'évolution des façons de consommer personnelles mais aussi le partage des pratiques et les messages d'alerte dont les relais du travail de certaines ONGs comme Greenpeace ou WWF sur les réseaux sociaux font d'eux des acteurs individuels de la controverse importants (des exemples peuvent être trouvés sur Twitter³⁷). Ils interagissent de plus en plus avec la recherche scientifique, d'après Laurine Planat membre de SEA Plastics que nous avons rencontrée, grâce à l'essor de la science participative, de plus en plus de plaisanciers équipent leurs bateaux et prélèvent des échantillons ou des données pour les laboratoires publics. Enfin, les consommateurs sont de plus en plus concernés par la qualité de leur alimentation et des effets de la pollution de manière générale sur cette dernière. L'impact de la pollution marine des microplastiques sur la santé devient donc un sujet de préoccupation¹³.

La recherche scientifique se place à tous les niveaux des débats sur les microplastiques. Les publications concernent la quantification de la pollution, la compréhension des mécanismes de transport et de dégradation du plastique mais aussi les solutions techniques pour la dépollution. A titre d'exemple, les publications de Lebreton et al. en 2017 et 2018^{5,6} font référence quant au transport des microplastiques. ⁴Lorsque de nouvelles mesures sont appliquées comme le retrait des microbilles dans les cosmétiques³⁸, les industriels doivent également s'adapter. C'est pourquoi, la recherche publique comme privée est mobilisée. D'après Mariane Gil, Responsable Programme R&D BioButterfly chez Michelin que nous avons rencontrée, dans le cadre de certains projets, la limitation de l'impact environnemental est même au cœur du processus de conception.

Dans le cadre de notre étude, **les instances gouvernementales** sont essentiellement concernées par la prise de décisions et la constitution de normes et directives encadrant la gestion des microplastiques à différentes échelles. Leur but est de mieux comprendre les enjeux liés à cette controverse, d'influencer les mœurs, de sanctionner les infractions et de déployer les moyens jugés nécessaires pour combattre la pollution liée aux microplastiques tout en préservant l'équilibre économique et social des acteurs sous leur sphère d'influence. Il s'agit des municipalités et des regroupements de communes au travers de mesures locales, de la gestion des déchets par exemple²⁹; des institutions nationales comme l'Assemblée Nationale, le Sénat qui demandent des rapports d'information sur cette pollution afin de mettre en place des réglementations et appliquer les directives imposées par la Commission Européenne^{9,29}. L'Organisation des Nations Unies (ONU) est également mobilisée par la pollution marine due aux microplastiques notamment dans le Programme des Nations Unies pour l'Environnement néanmoins cela ne se traduit pas encore par des actions tangibles au niveau international²⁹. Les objectifs pour l'avenir sont d'atteindre le « zéro plastique jetable » d'ici 2040 en France (Loi n°2020-105)³⁹ et de réduire de 30% d'ici 2030 l'émission de microplastiques dans l'environnement au niveau européen²⁹.

Les **Organisations Non Gouvernementales (ONG)** participent intensément aux débats autour de notre controverse. La pollution marine est un sujet qui tient beaucoup à cœur et de nombreuses organisations, dont la création a été motivée par la volonté de participer aux débats de différentes façons ou d'agir pour la protection de l'environnement. Les actions les plus souvent mises en avant sont : l'interpellation de l'Etat et des industriels (comme la Fondation Tara Océan impliquée dans le Pacte National sur les Emballages Plastiques et la charte Mon territoire s'engage : rivière, fleuve sans plastique, océan protégé)⁴⁰ la collecte de plastiques et microplastiques dans les océans (The Ocean Cleanup) ou les campagnes d'information auprès des consommateurs (SEA Plastics). Ces campagnes d'information passent souvent par une communication très forte et marquée avec notamment des photos choc, comme la figure 10. Une autre part importante de l'action des

³⁷ Dr Richard Kirby, « Dr Richard Kirby sur Twitter », *Twitter*, janv. 06, 2022. <https://twitter.com/PlanktonPundit/status/1479141303426367498> (consulté le janv. 11, 2022).

³⁸ JS. (janv. 28, 2018). Microbilles : le début de la fin. *CosmeticsOBS*. <https://cosmeticobs.com/fr/articles/actus-59/microbilles-le-debut-de-la-fin-4160> (consulté le janv. 11, 2022).

³⁹ G. Grau *et al.*, « Microplastics2 - Pollution aux microplastiques : détection, risques et remédiation à l'interface terre-mer », Ifremer, 75659, août 2020. Consulté le: nov. 10, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00644/75659/>

⁴⁰ Fondation Tara Océan, « Nos actions politiques face à la pollution plastique en France », *Fondation Tara Océan*. <https://fondationtaraoccean.org/partager/actions-politiques-en-france/> (consulté le janv. 10, 2022).

ONGs est la lutte contre les plastiques qui sont déjà dans les océans. Cette lutte passe la plupart du temps par la collecte des déchets plastiques sur les plages ou dans les océans. L'association étudiante SEA Plastics, dont nous avons rencontré des représentantes, effectue des prélèvements en mer Méditerranée pour des laboratoires de recherche et intervient dans les ports et les écoles lors des escales pour sensibiliser le grand public sur la pollution marine liée aux microplastiques.



Figure 10 : Image issue d'un tweet de Surfrider Europe lors d'une campagne choc d'alerte sur les microplastiques en avril 2021⁴¹

Les médias ont le pouvoir d'informer mais aussi d'influencer l'opinion publique. Ce sont les derniers à entrer dans la controverse et pour cause, de plus en plus de monde se penche sur le sujet, que ce soit dans des laboratoires de recherche ou chez les consommateurs. On assiste à un véritable essor médiatique depuis la découverte des gyres de plastique dans les océans (Lebreton et al. en 2018⁶) et les grandes expéditions menées par The OceanCleanUp ou Surfrider et aussi avec les premières mesures gouvernementales fortes dans la lutte contre les déchets plastiques à un usage unique. ⁸Dorénavant, ils entretiennent de nombreux débats et permettent d'élargir les sujets à un plus public. La figure 11 illustre une action de sensibilisation par l'image de l'hebdomadaire Sud Ouest.

⁴¹ Surfrider Europe, « We launched a shocking campaign to alert on the danger of microplastics and detergents », *Twitter*, déc. 30, 2022. <https://twitter.com/surfridereurope/status/1476523513125163011> (consulté le janv. 11, 2022).



*Figure 11 : Action de sensibilisation par l'image de l'hebdomadaire Sud Ouest :
"En plein hiver, la marée des déchets en plastique à Moliets dans les Landes, à l'embouchure du courant
d'Huchet." Isabelle LOUVIER/ ARCHIVES " Sud Ouest "*

Ces parties prenantes sont, comme nous l'avons brièvement exposé, impliquées à différentes échelles dans la production, consommation et connaissance scientifique des microplastiques. Se pose alors la question de la responsabilité attribuée à chaque partie prenante.

2.2 Attribution des responsabilités et de l'échelle d'influence de ces acteurs : au niveau local, national et international

L'attribution des responsabilités dans la pollution aux microplastiques reste une tâche ardue. En effet, dans nos sociétés modernes, la production et la consommation sont intrinsèquement liées. La production de microplastiques entraîne la consommation de microplastiques qui entraîne leur production, etc. Il convient par ailleurs de distinguer la responsabilité morale de la responsabilité légale : si un acteur peut être jugé moralement responsable pour son action ou son inaction dans la problématique des microplastiques, cela n'implique absolument pas qu'il sera jugé légalement responsable de la problématique. Si la coïncidence des responsabilités morale et légale est probablement souhaitable pour lutter efficacement contre la pollution aux microplastiques, celle-ci est encore loin d'être effective.

La figure 12 illustre certaines responsabilités des différents acteurs et leur positionnement dans la chaîne de création de cette pollution. Le secteur industriel a plus de responsabilités au niveau terrestre lors de la production. L'Etat et les consommateurs se trouvent aussi au niveau de la terre. Les ONG, les start-ups, les chercheurs seraient plus à l'interface mais aussi du côté mer.

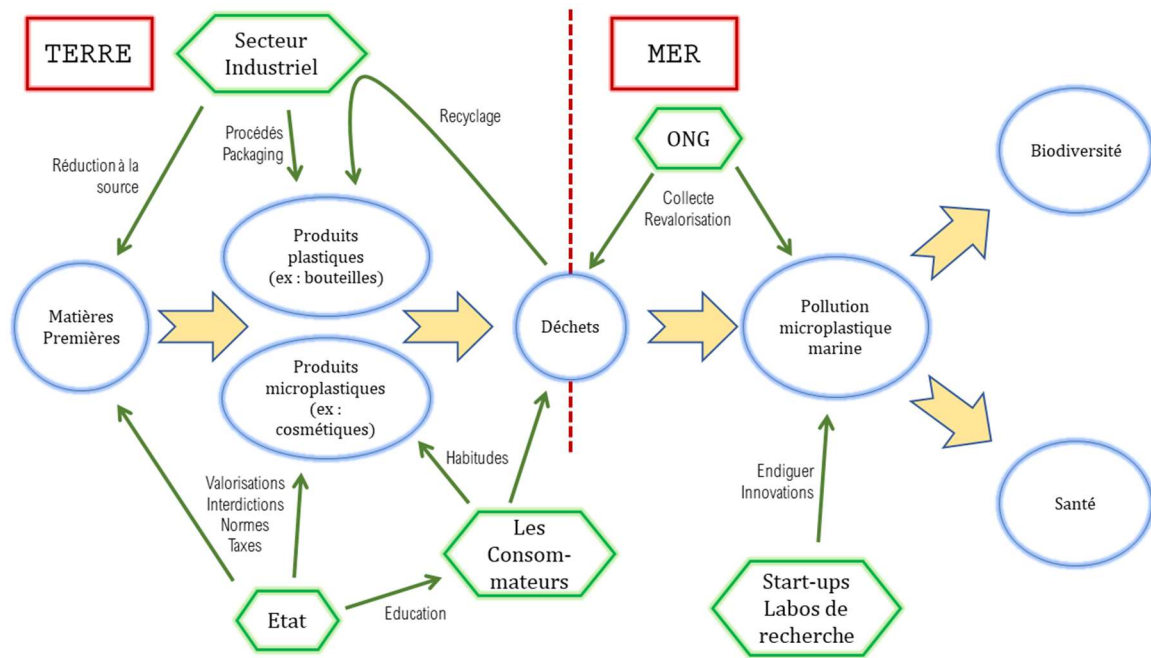


Figure 12 : Responsabilité des différents acteurs et positionnement sur la chaîne d'évolution

On a pu voir dans la première partie que les microplastiques sont soit directement produits par les industriels (microplastiques primaires), soit provenant de la dégradation de macroplastiques (microplastiques secondaires). On peut donc diviser **les industriels** selon ces deux types.

Dans la première catégorie, l'industrie du textile, des pneus et des produits cosmétiques seraient les plus ciblés comme producteurs directs ou indirects. Ensuite, dans la seconde catégorie, les industries utilisant du plastique ou vendant un produit en contenant seraient ciblées. En effet, les articles issus de la consommation à emporter semblent être les plus présents (emballages, bouteilles, sacs, récipients, couverts, ...). L'association Greenpeace pointe du doigt les industriels du plastique: "C'est la responsabilité des entreprises de biens de consommation de réduire les quantités de plastique mis sur le marché, et d'investir dans des systèmes innovants de distribution permettant de réduire le recours aux emballages plastique"⁴². Ce point de vue est partagé par Clara L. et Laurine P. de SEA Plastics: l'industrie a la plus grande part de responsabilité. François Galgani n'est pas de cet avis et considère que comme "les granules représentent 10% des microplastiques ingérés par les oiseaux. On peut estimer que la responsabilité des industriels est de l'ordre de 10%". Il considère que le seul élément sur lequel les industriels ont un impact sont les granules plastiques.

Le pouvoir d'influence des industriels diffère beaucoup en fonction de leur taille, de leur localisation ou de leur production. Elles ont toutes la possibilité d'influencer localement. Cependant, certaines, les plus importantes, pourraient modifier la manière de vivre de leurs consommateurs (en imaginant des points de collectes, remplaçant les emballages plastiques, ...). Les enjeux de compétitivité constituent des freins aux changements néanmoins car comme a pu nous l'expliquer Mariane Gil (Responsable Programme R&D BioButterfly chez Michelin) "un certain coût s'ajoute [aux] nouvelles méthodes de production, [les] prix de marché [seront] plus élevés."

Les institutions publiques, et notamment les Etats, sont responsables par leur inaction dans la lutte contre les microplastiques. En effet, elles ont le pouvoir de mettre en place des réglementations pour lutter contre la propagation des microplastiques. Certaines associations comme GreenPeace considèrent qu' "il est de la responsabilité des décideurs politiques de régler ce problème en adoptant en priorité des mesures efficaces de

⁴² Greenpeace France, « Pollution des océans : l'impact des plastiques », Greenpeace France, mars 02, 2017. <https://www.greenpeace.fr/pollution-océans-limpact-plastiques/> (consulté le janv. 10, 2022).

réduction à la source des déchets, puis en garantissant leur recyclage⁴². Mariane Gil, que nous avons rencontrée, nous a expliqué que Michelin appliquait des normes plus strictes que les normes imposées par le gouvernement sur certains de ces pneus. Cela sous-entend que des progrès en termes de législations sont possibles. C'est cependant difficile à réaliser pour de multiples raisons : la recherche académique sur le sujet est encore en perpétuelle évolution ; le travail de lobbying des industriels peut rendre la tâche délicate (menace de délocalisations si restrictions sur la pollution, et donc de perte d'activités économiques, etc.) ; manque des moyens nécessaires pour le contrôle des industriels et éviter le déversement des plastiques dans l'océan, etc. Néanmoins, il convient de relativiser, d'après M. Galgani, chercheur CNRS, Ifremer, "S'il y a une mauvaise utilisation d'objets ou s'il y a un mauvais comportement, on ne peut pas incriminer l'État. On peut incriminer l'État de ne pas mettre une législation qui diminuerait les risques, mais in fine il y aura toujours des gens pour prendre un truc et le jeter dans l'eau...[...] C'est pas l'État qui est responsable des comportements extrêmes."

Les institutions publiques demeurent l'acteur avec théoriquement la plus large échelle d'influence : elles peuvent légiférer et sanctionner en cas de non-respect des lois passées, et ce serait donc les plus à même de lutter contre la pollution aux microplastiques, puisque le marché ne se régule pas de lui-même. Cependant, leur influence reste limitée pour les raisons citées précédemment.

Les consommateurs participent au cercle vicieux de la consommation et de la production, qui s'appellent l'une l'autre, au même titre que les producteurs. Ils sont donc autant responsables que les producteurs de la production de consommation. Clara L. et Laurine P. de SEA Plastics appuient bien ce point: "le citoyen achète le plastique, on consomme, donc on en produit, etc". M. Galgani, lui, considère plus sévèrement les consommateurs: "il y a 7 milliard d'individus donc il y a 7 milliard de sources. [...] Souvent, il y a beaucoup d'inconscience. [...] C'est simplement une pratique à la source d'un consommateur qui fait qu'on retrouve tel type d'objet [dans la mer]. C'est triste parce que cela veut dire qu'une partie des consommateurs est largement responsable, même tous! Quand on voit la pollution marine, ce qu'on voit ce sont des bouteilles, des emballages alimentaires, des produits de consommation". Mais il reste toutefois optimiste : "Les comportements sont en train de changer! Il y a une demande sociale! Le temps va faire que ça va rentrer dans les mœurs."

Les **médias** ont un grand pouvoir d'influence. Ils peuvent pousser à la consommation mais aussi sensibiliser. Ils ont donc un grand rôle dans l'évolution de cette pollution. Ainsi, ils sont responsables par les informations vraies ou erronées qu'ils partagent, par le choix des informations communiquées. Ils sont responsables directement par leur rôle d'informateur.

Les médias pourraient influencer les consommateurs qui pourraient influencer la production de microplastiques.

La responsabilité de la **recherche et de l'innovation** pourrait être envisagée selon trois perspectives différentes :

- Tout d'abord, les chercheurs et les start-up représentent le savoir. Ils auraient donc une responsabilité car ils peuvent créer, découvrir, inventer de nouvelles technologies, de nouvelles connaissances. Ainsi, ils auraient la capacité d'orienter l'évolution de la société.
- Ensuite, cela va de pair avec le premier point, ils seraient responsables de leurs fausses études, leurs rapports erronés, leurs recherches bâclées. En effet, la société se réfère à des experts, il y a une certaine forme de confiance. Ils pourraient donc en profiter et contribuer à la désinformation de la société ou à participer à une certaine forme de lobbying. Par conséquent, ils sont tenus d'être rigoureux et objectifs.
- Enfin, la recherche et l'innovation sont responsables du bon déroulement des partages de connaissances. Ils sont tenus de communiquer et de ne pas cacher des savoirs prometteurs. Ils doivent transmettre.

Leur portée est à priori mondiale. Comme dit précédemment, la recherche et l'innovation peuvent être accessibles et communiquées à échelle mondiale. Cependant, les chercheurs dépendent énormément de leur budget, de leur financement et en sont restreints. De plus, leurs découvertes parfois purement académiques peuvent être très éloignées d'une application industrielle pouvant avoir un effet à grande échelle. D'après Clara Dubel-Jam et Laurine Planat représentant SEA Plastics, il y a une vraie controverse sur la place de la technique face à cette pollution. En effet, des entreprises "polluantes" vont financer de beaux projets de dépollution pour se dédouaner en quelques sortes. De plus, notre façon de consommer et de produire reste très importante, il ne faut pas se concentrer uniquement sur les solutions techniques de récupération.

2.3 Dynamiques entourant les différents acteurs

Tout d'abord, il apparaît que sans réglementations et restrictions strictes sur l'utilisation de plastiques et microplastiques, les industriels peuvent se limiter à faire du greenwashing ou à mettre en place des politiques à portée limitée. Ces politiques concernent par exemple l'utilisation d'une part de plastique recyclé dans des produits qui pour le reste restent inchangés, la diminution ou le retrait de certains composants sans pour autant remettre en question la structure même de leur industrie (procédés et produits). En effet, le plastique a de nombreux avantages et permet de répondre aux enjeux de marketing, de conservation, d'emballage, etc. Il est coûteux et contraignant pour les industriels de trouver des solutions alternatives. Cependant, de plus en plus de groupes disent s'engager dans des politiques ambitieuses de développement durable, où l'utilisation de plastique serait limitée et les produits plus verts favorisés. L'Oréal par exemple a décidé de retirer les microplastiques primaires, comme les microbilles, des produits cosmétiques. L'objectif est de remplacer ces matières synthétiques par des matières plus naturelles²⁹.

Néanmoins, l'écologie peut être un argument marketing afin d'attirer plus de consommateurs et de vendre plus de produits sans remettre en question la nature des produits et la production de déchets engendrée par leurs consommations. Un suivi et des études d'impact sont nécessaires pour se rendre compte de la portée de ces actions.

De plus, un Jury de déontologie publicitaire (JDP) existe et peut sanctionner les publicités considérées comme du greenwashing. Chacun peut, s'il pense qu'une publicité ne respecte pas les règles de déontologie, porter plainte et c'est ce qu'a fait Mathieu Jahnich sur son blog (<https://mathieu-jahnich.fr>) au sujet de la publicité d'Adidas ci-contre. Cette dénonciation a été relayée par le collectif "Pour un réveil écologique". (cf figure 13)



Figure 13 : publicité polémique d'Adidas pour les baskets Stan Smith postée par Mathieu Jahnich sur son blog pour dénoncer le greenwashing.

En réalité, ce n'est qu'une partie de la basket qui est faite à partir de plastique recyclé d'après les asterics : "Nouvelle Stan Smith dotée d'une tige Prime Green fabriquée à partir d'un minimum de 50% de matériaux recyclés. Tout plastique utilisé sur le pied est recyclé". De même, le logo "end plastic waste" est disproportionné car l'achat de ces baskets ne réduit pas la pollution au plastique et contribue à la production de déchets.

D'après les ONGs, la réduction des emballages ainsi que l'utilisation de plastiques recyclés incitent à perpétuer un mode de consommation producteur de déchets. C'est pourquoi la recherche scientifique et les instances gouvernementales s'emparent du sujet afin de provoquer un changement plus profond de l'industrie.

Les premières recherches scientifiques dans les années 1960 portaient sur le comportement des plastiques en milieu aquatique d'un point de vue physico-chimique, la dimension écologique n'était alors pas présente. Les médias se sont saisis des premières inquiétudes des scientifiques et ont permis d'alerter globalement l'opinion publique et les gouvernements sur l'étendue du problème. Il est néanmoins difficile pour les consommateurs de percevoir leur part de responsabilité dans leurs choix de consommation et de renoncer à un certain confort. Quant à l'arrivée d'une législation spécifique, elle est lente et génère des débats politiques et des actions de lobbying. Face à l'immobilisme général, de nombreuses ONGs se sont créées ces dernières années (Oceanoplastic en 2016, SEA Plastics en 2016, The Ocean CleanUp en 2013). Elles ont pour but d'alerter, d'éduquer mais aussi d'aider la recherche scientifique dans la gestion et la quantification du problème.

La pollution due aux microplastiques a donc bien des conséquences environnementales mais aussi sanitaires (cf. I.). Les gouvernements ont un devoir de protection vis-à-vis de leurs populations, en conséquence aux risques publics évoqués, la considération de cette pollution est justifiée. Cela se traduit par la multiplication de demande de rapports sur l'état de la situation à différentes échelles : locale pour l'intervention des régions et des municipalités³⁹, nationale dans le cadre l'assemblée nationale notamment²⁹ et supra-étatique dans le cas des organisations internationales¹⁰. Un autre exemple de la considération gouvernementale des enjeux de pollution plastique est la signature d'accords comme le Pacte national sur les emballages plastiques⁴³. Cet écrit témoigne de l'engagement collectif des ONG aux initiatives d'économie circulaire, dans le but de favoriser le recyclage de plastique. Il précise également que des conférences sur le sujet, comme la conférence ministérielle sur la pollution plastique et les déchets marins à Genève (organisée par l'Allemagne, l'Equateur, le Ghana et le Vietnam sous le soutien du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)^{44,45}) seront tenues régulièrement. En effet, les gouvernements ne peuvent agir seuls, ils nécessitent de la collaboration de la recherche scientifique, de l'action des industriels et des ONG.

En conséquence de cette demande, le nombre de publications sur le sujet a explosé depuis 2018 tant dans la presse scientifique que dans la presse générale, la recherche avance dans les services de R&D des entreprises, dans les laboratoires publics aidés parfois par les startups et les ONG. Elle concerne les solutions de captage, la quantification de la pollution, ces effets mais aussi la réduction à la source (éco-conception) et la gestion des déchets.

Les consommateurs prennent de plus en plus conscience de l'ampleur du problème, leur responsabilité est pointée du doigt par les scientifiques et les ONG.

La question est maintenant de savoir qui peut agir et comment...

⁴³ Ministère de la Transition écologique, « Signature du « Pacte National sur les emballages plastiques » », *Ministère de la Transition écologique*, févr. 21, 2019. <https://www.ecologie.gouv.fr/signature-du-pacte-national-sur-emballages-plastiques> (consulté le janv. 10, 2022).

⁴⁴ Représentation permanente de la France, « Vers un accord pour lutter contre la pollution plastique ? », *Représentation permanente de la France*, sept. 01, 2021. <https://onu-geneve.delegfrance.org/Vers-un-accord-pour-lutter-contre-la-pollution-plastique> (consulté le janv. 10, 2022).

⁴⁵ Surfrider Foundation Europe, « UNEA 5 : Vers un Traité international sur le plastique ? | Surfrider Foundation Europe », <https://surfrider.eu>, mars 23, 2021. <https://surfrider.eu/sinformer/actualites/unea-5-vers-traite-international-plastique-121323211547.html> (consulté le janv. 10, 2022).

III. Qui doit agir et comment ?

3.1 Les microplastiques sont déjà dans l'eau, est-il trop tard ?

Les microplastiques sont déjà dans l'eau, est-il trop tard pour agir ? Nous devons répondre à cette question sous deux angles. Il est déjà trop tard pour dépolluer, de grandes quantités de microplastiques étant déjà dans l'océan. C'est du moins l'avis de M. Galgani et des représentants de SEA Plastics que nous avons rencontrés. Dans le cas des microplastiques en particulier, il est difficile de les quantifier⁴⁶, et encore plus de les traiter puis de les recycler. D'après M. Galgani, collecter les microplastiques dans l'océan serait trop difficile et trop coûteux d'autant plus que les microplastiques recyclés ne sont actuellement pas valorisables, contrairement aux macro-plastiques.

En termes d'action, cependant, il n'est pas trop tard. Il n'est plus possible d'éliminer complètement les déchets des océans. Mais nous pouvons agir sur terre pour traiter les déchets plastiques avant qu'ils ne s'accumulent dans la mer. Il existe déjà des organisations actives dans ce domaine, comme la Fondation Tara⁴⁷. Parallèlement, certains travaux scientifiques affirment que la gravité de la bioconcentration actuelle n'est pas dramatique⁴⁸. Les scientifiques cherchent également de nouveaux moyens de traiter et de recycler les matières plastiques, particulièrement les microplastiques présents dans l'océan, puisque de nos jours il n'existe aucune méthode permettant un traitement industriel à grande échelle.

Ainsi, si la plupart des acteurs considèrent que la plus grande marge d'action concerne la réduction des émissions de microplastiques dans l'océan, des recherches pour traiter le problème existant sont conduites.

3.2 Actions en amont, prévention : comment réduire la pollution à la source ?

La principale action à privilégier selon les associations de défense de l'environnement est de réduire la pollution aux microplastiques à sa source, en limitant la consommation et la production de plastique. En effet, quand les microplastiques sont dans l'océan, il est déjà trop tard ; il faut les intercepter en amont, quand ils sont encore sous la forme de macroplastiques, ce qui reste coûteux et chronophage. Le plus simple est encore de réduire la consommation de plastiques, en visant les sources connues comme les fibres synthétiques dans les vêtements ou les microbilles dans les cosmétiques. L'association SEA Plastics avec laquelle nous nous sommes entretenus avait également tout un volet d'initiatives de sensibilisation qui accompagnait ses activités d'échantillonnage marin pour aider la recherche. Selon elles, la consommation et la production forment un cercle vicieux, qui ne peut à priori être brisé que du côté des consommateurs, dans un système capitaliste sans régulation à ce sujet : si les consommateurs ne décident pas de consommer moins de plastiques, il n'y a aucune raison pour les producteurs de plastique de réduire la quantité produite.

Il est donc nécessaire pour briser ce cercle d'infléchir les comportements soit par des campagnes de sensibilisation et d'éducation sur ces problématiques, soit par des incitations financières.

Les campagnes de sensibilisation s'avèrent délicates, même si elles sont essentielles. Il convient d'y porter le plus grand soin. Septianto et Lee montrent dans leur étude *Emotional Responses to Plastic Waste: Matching*

⁴⁶ C. G. Avio, S. Gorbi, et F. Regoli, « Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat », *Marine Environmental Research*, vol. 128, p. 2-11, 2017, doi: 10.1016/j.marenvres.2016.05.012.

⁴⁷ M. Bliman, « Tara au chevet du peuple invisible des océans », *Les Echos (site web)*, déc. 31, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://nouveau.europresse.com/Link/PSLT_1/news-20201231-ECF-0610161041606

⁴⁸ Q. Bender, « Some good news about ocean microplastic pollution », *The northern view*, p. 1, févr. 11, 2021.

Image and Message Framing in Encouraging Consumers to Reduce Plastic Consumption qu'il est important de faire preuve d'intelligence émotionnelle pour faire des campagnes de prévention efficaces : "En nous appuyant sur la théorie du niveau de construction, nous montrons qu'une image de déchets plastiques est plus efficace pour encourager les consommateurs à réduire leur consommation de plastique lorsqu'elle est associée à un message "pourquoi" (par exemple, les raisons de réduire la consommation de plastique). En revanche, une image représentant des victimes de déchets plastiques est plus efficace lorsqu'elle est présentée avec un message sur le "comment" (par exemple, les mesures à prendre pour réduire la consommation de plastique). Les résultats de cette recherche soulignent l'importance de comprendre les réponses émotionnelles discrètes aux images publicitaires, en particulier dans le contexte de la réduction de la consommation de plastique, et seront donc utiles aux spécialistes du marketing social et aux décideurs politiques."⁴⁹

Les incitations financières restent particulièrement efficaces : en France, les sacs plastique à usage unique sont interdits en caisse depuis le 1er juillet 2016 ; les sacs plastique à usage unique hors caisse (comme les sacs de fruits et légumes) sont eux interdits depuis le 1er janvier 2017, sauf s'ils sont compostables en compostage domestique et biosourcés. Ces interdictions sont en réalité des incitations financières déguisées : des sacs plastique "réutilisables" sont toujours disponibles en caisse, mais sont désormais payants. Entre 2002 et 2011, les grandes surfaces avaient déjà engagé un retrait progressif des sacs plastique à usage unique, passant de 10 milliards à 700 millions disponibles, en arrêtant la distribution gratuite des sacs plastique à usage unique. Si les données ne sont pas encore disponibles pour dresser le bilan depuis la promulgation du décret d'application mettant fin aux sacs en plastique jetables a été publié, le 31 mars 2016, la mesure a probablement été efficace. "Les chaînes de la grande distribution ont bien respecté la mesure", estime Laura Châtel de l'ONG Zéro Waste.⁵⁰

Cette lutte s'inscrit dans le cadre plus large de la stratégie lancée par l'UE en 2018 sur les matières plastique, qui veut rendre tous les emballages en plastique sur le marché de l'UE recyclables d'ici 2030, réduire la consommation de plastiques à usage unique et enfin limiter la consommation intentionnelle de microplastiques. L'UE a ainsi adopté une directive qui interdit la mise sur le marché de divers produits en plastique à usage unique dès le 3 juillet 2021. Elle donne aux États membres un objectif de collecte de 90% des bouteilles en plastique d'ici 2029. Les bouteilles commercialisées dans l'UE devront contenir au moins 25% de plastique recyclé en 2025, et 30% en 2030.

La France a transcrit la directive en adoptant en février 2020 la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. Plusieurs des dispositions mentionnées concernent le plastique à usage unique, dont il est voulu qu'il disparaisse d'ici 2040 :

- le renforcement du principe du pollueur-payeur, qui indique qu'un agent économique doit être tenu responsable des externalités négatives de ses actions et notamment de la fin de vie d'un produit pour un fabricant ;
- l'introduction d'un système de consigne des bouteilles en plastique en vue de leur recyclage ;
- des mesures encourageant la vente en vrac.⁵¹

Une autre solution serait de réduire la production industrielle. En effet, celle-ci s'est considérablement développée ces cinquante dernières années et ce sont aujourd'hui plus de 320 millions de tonnes de plastique produits tous les ans⁵². En moins de cent ans, le plastique est devenu le troisième matériau le plus fabriqué au

⁴⁹ F. Septianto et M. S. W. Lee, « Emotional responses to plastic waste: Matching image and message framing in encouraging consumers to reduce plastic consumption », *Australasian marketing journal*, vol. 28, n° 1, p. 18-29, 2020.

⁵⁰ La rédaction d'Allodocteurs.fr, « Interdiction des sacs plastiques : quel bilan après deux ans ? », *Franceinfo*, déc. 28, 2018. https://www.francetvinfo.fr/sante/environnement-et-sante/interdiction-des-sacs-plastiques-quel-bilan-apres-deux-ans_3120337.html (consulté le janv. 10, 2022).

⁵¹ La rédaction de Vie-publique.fr, « Vers la fin du plastique jetable ? », *Vie publique.fr*, juill. 03, 2021. <https://www.vie-publique.fr/eclairage/274413-vers-la-fin-du-plastique-jetable> (consulté le janv. 10, 2022).

⁵² Conservation Nature, « La Pollution des Océans : Définition, Causes et Solutions | Floralia Nature », *Conservation Nature*. <https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-pollution-des-oceans/> (consulté le janv. 10, 2022).

monde. Sous l'influence des plastiques à usage unique, nous faisons face à une production exponentielle du plastique²⁹ qui mène à s'investir massivement sur l'une des solutions prioritaires : la réduction à la production.

Selon le rapport *Breaking the Plastic Wave* (juillet 2020), la réduction de la production de plastique serait la solution la plus adéquate qui procurerait le plus de résultats. Tandis que le recyclage permettrait une baisse de 20% de la pollution plastique, la réduction de production amènerait à une baisse de 30%⁵³. Depuis la loi de la Biodiversité de 2018, les microbilles dans les cosmétiques sont supprimées ce qui est une solution simple pour diminuer une partie de cette pollution. De nombreuses marques travaillent sur la substitution de ces microbilles¹⁰.

A l'échelle européenne, la Directive 2009/904 sur les plastiques à usage unique prévoit de nombreuses mesures destinées à prévenir la production de déchets plastiques⁵⁴. Les Etats incitent les industriels à réduire leur production de microplastiques mais il est assez difficile pour ces acteurs de réduire leur production face à la demande et la nécessité de certains produits. Face à cela, la mise en œuvre de nouvelles pratiques de production est donc nécessaire. Réduire la production pneumatique par exemple est assez difficile de par la nécessité automobile pour certains. Ici, l'alternative discutée, face à la prise de conscience, est le développement d'un procédé basé sur des pneus "bio", d'origine végétale [entretien avec Mariane Gil, Michelin R&D].

Il est opportun de réduire la production de plastique en réduisant, optimisant et en donnant une deuxième vie aux emballages. Citons le groupe ONET, acteur international des métiers de services aux entreprises et d'ingénierie, qui fait de la loi du 10 février 2020 un fil directeur, en privilégiant la réutilisation de contenants plastiques⁵⁵. En effet, la réutilisation du plastique permet le ralentissement de sa production⁵⁵.

D'après une étude menée sur des scénarios pour une pollution plastique nulle, les prochaines années seront décisives pour briser la tendance et mettre en place un horizon de changement afin de franchir des étapes primordiales d'ici à 2025, notamment l'arrêt de la production de déchets évitables⁵⁶.

Ainsi, la réduction à la source est une action combinée reposant sur la prise en compte de l'impact environnemental d'un bien dès l'étape de production, après laquelle arrivent l'utilisation et le recyclage. La réduction de l'utilisation du plastique est à favoriser dans ces 3 phases de la vie d'un produit.

3) Comment légiférer à différentes échelles pour des acteurs divers : quels types de mesures prendre ? Normes, subventions, quotas ?

Les législations protectrices de l'environnement abondent au niveau national mais aussi européen. Néanmoins, rares sont celles qui visent directement les microplastiques. Ainsi des règlements tels que REACH (règlement européen n°1907/2006 de sécurisation de la fabrication et l'utilisation des substances chimiques dans l'industrie européenne) ou la Directive-Cadre sur l'eau ne ciblent pas les microplastiques mais certains composants spécifiques comme le Cadmium⁵⁷. Un descripteur dédié aux microplastiques est compris dans la

⁵³ No plastic in my sea. rédaction coordonnée par Muriel Papin, « Pollution plastique et microplastique - benchmark des solutions - No Plastic in my sea », *cycl-op.org*, sept. 2021. <https://www.cycl-op.org/library/h/pollution-plastique-et-microplastique-benchmark-des-solutions-no-plastic-in-my-sea-sept2020.html> (consulté le janv. 10, 2022).

⁵⁴ Parlement Européen et Conseil de l'union Européenne, *Directive (UE) 2019/ du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement*, vol. 2019/904. 2019, p. 19.

⁵⁵ Onet, « Onet limite sa production de déchets plastiques et son impact écologique », *Groupe Onet*, mars 11, 2020. <https://www.groupeonet.com/medias/actualites/onet-limite-sa-production-de-dechets-plastiques-et-son-impact-ecologique/> (consulté le janv. 10, 2022).

⁵⁶ W. W. Y. Lau, Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, et J. Koskella, « Evaluating scenarios toward zero plastic pollution », *Science*, vol. 369, n° 6510, p. 1455-1461, 2020, doi: <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>.

⁵⁷ P. Boucard et J.-M. Brignon, « Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Microplastiques », INERIS, DRC-18-158744-01541A, 2018. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>

Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin de l'Union Européenne pour un bon état écologique du milieu marin en Europe mais le suivi de cet indicateur n'est pas mis en place⁵⁷. En France, une valeur limite d'émission de plastique pourrait être imposée aux industriels dans le cadre de la Directive Industrial Emissions Directive mais ce n'est pas le cas⁵⁷.

Une façon de lutter contre la pollution marine des microplastiques est de réduire le volume des déchets. En effet, les déchets non traités ont de grandes chances de se dégrader et de terminer dans les océans. La réglementation de la production et de l'utilisation des plastiques est jusqu'à présent l'axe privilégié par les gouvernements. Une série de lois françaises établit un calendrier d'interdictions de certains produits plastiques. A titre d'exemple, les sacs de caisse en matière plastique à usage unique sont interdits depuis le 1er janvier 2016, les gobelets, verres et assiettes jetables en matière plastique mais aussi les cotons-tiges depuis le 1er janvier 2020²⁹. La directive européenne dite Single Use Plastics (SUP) du 5 juin 2019 s'inscrit dans cette même dynamique et met en place de nouvelles filières Responsabilité Elargie du Producteur (REP)²⁹. De même le « pacte national sur les emballages plastiques », signé en février 2019 entre le Gouvernement français, plusieurs entreprises, la Fondation Tara Expéditions et WWF France, avec le soutien de la Fondation Ellen MacArthur et le Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal) de décembre 2019 ont pour but l'élimination des plastiques inutiles et la promotion de l'éco-conception et de l'économie propre et circulaire²⁹. L'objectif est d'atteindre le « zéro plastique jetable » d'ici 2040 en France (Loi n°2020-105)³⁹. Ces mesures sont qualifiées de « modestes » par les médias grands publics mais efficaces si elles sont appliquées.⁵⁸

Avec la prise de conscience des effets de la pollution marine des microplastiques sur la santé humaine, une législation restrictive spécifique aux microplastiques commence à voir le jour. L'article L.541-10-5 du Code de l'Environnement français stipule qu' « au plus tard le 1er janvier 2018, il est mis fin à la mise sur le marché de produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides, à l'exception des particules d'origine naturelle non susceptibles de subsister dans les milieux, d'y propager des principes actifs chimiques ou biologiques ou d'affecter les chaînes trophiques animales. »²⁹ De même, la loi française du 10 février 2020 rend obligatoire l'application de filtre à microfibrilles plastiques sur les lave-linges neufs d'ici 2025. Enfin, depuis le 1er janvier 2022, les sites de production, de manipulation et de transport de granulés de plastiques industriels doivent être dotés d'équipements et de procédures permettant de prévenir les pertes et les fuites de granulés dans l'environnement qui peuvent faire l'objet d'inspections régulières par des organismes indépendants.²⁹ Cette dernière mesure serait essentielle selon M. François Galgani, chercheur CNRS, Ifremer, que nous avons rencontré. Au niveau européen, l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) sollicitée par la Commission Européenne a proposé en janvier 2019 une restriction pour les microplastiques contenus dans les produits distribués sur le marché européen visant entre autres les microbilles dans les cosmétiques, dans les détergents, les cires et les pesticides afin d'éviter l'émission de 500 000 tonnes de microplastiques sur 5 ans. Des délais de transition seraient accordés ou non aux industriels pour leur permettre de s'adapter⁵⁹. La Commission doit à présent élaborer une proposition en tenant compte de ce rapport et de l'avis des comités concernés. Un des objectifs du plan d'action européen « Vers une pollution zéro dans l'air, l'eau et les sols » du 12 mai 2021 est de réduire de 30% d'ici 2030 l'émission de microplastiques dans l'environnement²⁹.

Le rapport d'information déposé à l'Assemblée Nationale sur la pollution des mers propose des axes d'action. Ce rapport se veut en faveur de la mise en place d'une fiscalité environnementale pour limiter les déchets et multiplier les clauses d'éco-conditionnalité. Il souligne également la marge de progrès importante restante en termes de gestion des déchets. Enfin, la recherche sur le plastique et ses alternatives doit être encouragée selon ce même rapport et le résultat de ces recherches doit être partagé avec les Etats en développement car la pollution marine est avant tout une pollution globale²⁹. D'autre part, l'IUCN, International Union for Conservation

⁵⁸ J.-D. Renard, « Pollution plastique des océans: l'inexorable catastrophe », *Sud Ouest dimanche - Pays Basque / Béarn*, p. 2, sept. 12, 2021.

⁵⁹ Committee for Risk Assessment (RAC) et Committee for Socio-economic Analysis (SEAC), « Background Document To RAC And SEAC Opinions On Intentionally Added Microplastics », ECHA, ECHA/RAC/RES-O-000006790-71-01/F ECHA/SEAC/RES-O-000006901-74-01/F, déc. 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://echa.europa.eu/documents/10162/b56c6c7e-02fb-68a4-da69-0bcbd504212b>

of Nature met l'accent sur l'importance de la définition de méthodes et d'indicateurs de suivi voire d'outils (comme les analyses de cycle de vie ou ACV) et de leur intégration dans les législations concernés¹⁰. Certaines entreprises comme Michelin utilisent des indicateurs comme les labels prenant en compte l'impact environnemental du produit et les ACV, d'après Mariane Gil, Responsable Programme R&D BioButterfly chez Michelin, que nous avons rencontrée, Michelin "se bat" pour l'inclusion de ces nouvelles mesures en tant que normes européennes.

Au niveau mondial, une négociation sur le plastique pourrait être tenue dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement mais la mise en place d'accords au niveau international promet d'être longue et incertaine²⁹. Certaines personnalités politiques n'hésitent donc pas à prendre la parole sur le sujet pour convaincre et mobiliser à l'international comme la vice-première ministre de Suède, Isabella Lövin notamment²⁰.

Conclusion et discussion

La pollution marine due aux microplastiques est un problème global et complexe. La quantification de cette pollution et l'étendue de ses effets ne font pas encore l'unanimité. Des distinctions doivent être faites entre les sources et les types de microplastiques pour pouvoir se saisir du problème, mais celles-ci ne mettent pas d'accord toute la communauté scientifique. Grâce aux avancées des recherches et de la technologie et donc à l'évolution des méthodes scientifiques et des protocoles, les estimations et modélisations de la pollution sont de plus en plus précises. Il reste cependant ardu d'obtenir les échantillons nécessaires aux analyses sur les microplastiques, du fait que les expéditions en mer représentent toujours un coût très important pour la recherche. Malgré ces difficultés, les effets sur l'environnement et la santé sont de mieux en mieux connus et deviennent une source d'inquiétude grandissante. Suite à ces inquiétudes, la question des responsabilités émerge.

Cependant, les acteurs de cette controverse sont plus nombreux qu'il n'y paraît. En effet, ce sujet est loin de ne concerner que les acteurs du monde marin et les producteurs de plastique. Il concerne naturellement la recherche scientifique, mais également les mondes politique et législatif qui peuvent agir pour protéger les citoyens des dangers liés à la pollution microplastique. Enfin, les industriels sont au cœur du problème, puisqu'ils produisent le plastique, tout comme la société civile, qui le consomme et en subit donc les effets.

La question du partage des responsabilités est également centrale, puisque tous les acteurs participent à la croissance de la pollution aux microplastiques, par leurs actions ou leur inaction. Ainsi, tous ont une part de responsabilité face à cette pollution. L'effort fourni par les chercheurs pour comprendre et innover, par les ONG pour mener des actions et sensibiliser ne peut être efficace que s'il s'accompagne d'une prise de conscience et une action de la part des industriels, comme des consommateurs, du monde politique comme de la législation.

Les solutions principales reposent sur la sensibilisation des consommateurs et la mise en place des bonnes pratiques nécessaires. Comme le soulignent Clara L. et Laurine P. de SEA Plastics, les citoyens participent pleinement au cercle vicieux de la consommation. Par leur demande, ils poussent les industriels à produire. Les principales mesures envisagées concernent la réduction de la consommation et production de plastique (suppression des microbilles, réutilisation des emballages, etc). La mise en œuvre de solutions politiques, technologiques et comportementales, ciblant l'ensemble du cycle de vie du produit contenant du plastique, vise à réduire les pertes pendant sa fabrication, son utilisation, et son élimination afin de limiter les rejets dans l'océan. Les mesures politiques se multiplient, mais sont pour l'instant insuffisantes pour résoudre ce problème.

Tout au long du sujet, il a été particulièrement délicat de ne pas inclure la pollution plastique à celle des microplastiques car cela reste un cas particulier de celle plastique. Les deux sont intimement liées. Comme présenté en première partie, les microplastiques secondaires sont des plastiques qui se décomposent dans l'océan. Il était donc primordial d'établir le lien entre ces deux pollutions.

Une autre pollution liée n'est pas particulièrement mentionnée dans le rapport, il s'agit de celle causée par les nanoplastiques. Le principe de dégradation des plastiques peut être poussé encore plus loin en formant des particules encore plus petites que les microplastiques, dont la taille serait inférieure au micromètre. L'effet et l'impact de ces particules sont encore très peu connus comme nous l'affirme François Galgani : « il y a la question sur les toutes petites particules: les nanoplastiques, qui font 200 nanomètres. Elles pourraient rentrer dans les cellules de la barrière intestinale, passer dans le sang puis éventuellement dans les tissus. Sauf qu'on ne sait pas doser les nanoplastiques ». Ainsi, quand on essaye de répondre à des questions comme : "quels en seraient les impacts ?" ou "Représentent-ils un grand danger ?" On est confrontés à un défi scientifique de caractérisation du problème encore plus ardu que celui des microplastiques. Leur petite taille rend leur quantification particulièrement compliquée, notamment à cause des limites rencontrées lors des mesures et observations. Peut-

être qu'à l'avenir, la pollution nanoplastique deviendra un plus grand sujet d'inquiétude et sera au cœur des débats de nos sociétés.

Pour revenir sur les microplastiques, un point qu'il nous a bien fallu comprendre est que l'océan ne sera probablement jamais dépollué des microplastiques. C'est en tout cas, l'avis de François Galgani selon lequel une dépollution « se justifie quand il y a une valeur du déchet ». Et malheureusement, le microplastique n'a aucune valeur économique. Ce matériau est très difficilement réutilisable, beaucoup plus que les macroplastiques qui peuvent être recyclés et partiellement réutilisés. Le coût associé à sortir une masse de microplastique de l'eau est colossal. Il restera donc dans l'océan, dans lequel il se dégradera. Ainsi, l'unique solution pour combattre cette pollution est de rentabiliser et valoriser sa récolte, ou de limiter ou même supprimer l'apport de plastique et de microplastique dans l'océan.

Finalement, la pollution microplastique s'inscrit dans une réalité beaucoup plus générale, celle que notre environnement souffre. L'être humain en est responsable et a la responsabilité d'agir. Mais de quelle manière ? En effet, la nature est soumise à de fortes pressions : la pression climatique, les pollutions, les déforestations, les surexploitations, les destructions, etc. Faut-il définir une échelle de priorité comme certains scientifiques le prônent ? Peut-être faut-il résoudre tous les problèmes de manière simultanée ? Il y a tellement de points de crises qu'il est possible de s'y perdre.

Cependant, un début de changement de mentalité commence à être observable. L'Union Européenne impose de plus en plus de mesures et de normes, comme en témoigne Mariane Gil de Michelin. Les campagnes de sensibilisation de SEA Plastics et des autres associations battent leur plein; l'intérêt croît et la société se mobilise. François Galgani le mentionne bien : « Les comportements sont en train de changer ! Il y a une demande sociale ! Le temps va faire que ça va rentrer dans les mœurs ». Les comportements et mentalités sont indéniablement en train d'évoluer dans le bon sens, ce qui nous permet de terminer cette étude sur une légère note d'optimisme.

Références

- Eurofins, « Contamination des aliments par les microplastiques : Eurofins vous propose des solutions innovantes », *Eurofins Scientific*, avr. 22, 2021. <https://www.eurofins.fr/agroalimentaire/actualites/newsletter-agroalimentaire-france/focus-agroalimentaire-62-janvier-2020/microplastiques/> (consulté le janv. 10, 2022).
- ANSES, « Les microplastiques, un risque pour l'environnement et la santé | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail », oct. 13, 2021. <https://www.anses.fr/fr/content/les-microplastiques-un-risque-pour-l%E2%80%99environnement-et-la-sant%C3%A9> (consulté le janv. 10, 2022).
- J. Gasperi et B. Tassin, « Pollution plastique : retour sur une prise de conscience », *La Tribune (France)*, p. 110, sept. 13, 2018.
- L. C. M. Lebreton, J. van der Zwet, J.-W. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady, et J. Reisser, « River plastic emissions to the world's oceans », *Nat Commun*, vol. 8, n° 1, p. 15611, juin 2017, doi: 10.1038/ncomms15611.
- L. Lebreton *et al.*, « Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic », *Sci Rep*, vol. 8, n° 1, p. 4666, mars 2018, doi: 10.1038/s41598-018-22939-w.
- K. Pausch-Homblé et K. Rettig, « Council adopts ban on single-use plastics », *European Council - Council of the European Union*, mai 21, 2019. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/05/21/council-adopts-ban-on-single-use-plastics/> (consulté le janv. 10, 2022).
- P. Bolo et A. Prévile, « Rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques - Pollution plastique : une bombe à retardement ? », Rapport n° 3654 Assemblée Nationale n°217 Sénat, déc. 2020. Consulté le: déc. 28, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.senat.fr/notice-rapport/2020/r20-217-notice.html>
- J. Boucher et D. Friot, *Microplastiques primaires dans les océans*. IUCN, International Union for Conservation of Nature, 2020. doi: 10.2305/IUCN.CH.2017.01.fr.
- W. C. Li, H. F. Tse, et L. Fok, « Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects », *Science of the Total Environment*, vol. 566-567, p. 333-349, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084.
- Agathe Palaizines, « Microplastiques : la pollution invisible des océans », *L'info durable*, avr. 11, 2020. <https://www.linfordurable.fr/environnement/microplastiques-la-pollution-invisible-des-occeans-17440> (consulté le janv. 10, 2022).
- Mathis Cochet-Weinandt, « Les microplastiques, un danger pour la santé et l'environnement ? », *The Trust Society*, nov. 30, 2021. <https://thetrustsociety.fr/blogs/la-vie-en-jaune/les-microplastiques-un-danger-pour-la-sante-et-l-environnement> (consulté le janv. 10, 2022).
- É. Dardenne, « Face à la pollution plastique, la résistance s'organise », *Ouest-France*, p. Caen-Vire_10, mars 20, 2021.
- M. Pradalié, « Les microplastiques, un fléau invisible », *Le Régional de Cosne et du Charitois*, p. Cosne-06, févr. 17, 2021.
- Actualité Parlement européen, « Microplastiques : sources, impact et solutions | Actualité | Parlement européen », *Actualité Parlement européen*, nov. 22, 2018. <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20181116STO19217/microplastiques-sources-impact-et-solutions> (consulté le janv. 10, 2022).

J. R. Jambeck *et al.*, « Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean », *Science*, vol. 347, n° 6223, p. 768-771, févr. 2015, doi: 10.1126/science.1260352.

Journal de Spring, « Les microplastiques : des solutions pour ce grand petit problème. - », *Journal de Spring*, sept. 20, 2021. <https://blog.wespring.com/les-microplastiques-des-solutions-pour-ce-grand-petit-probleme/> (consulté le janv. 10, 2022).

C. Vanlerberghe, « Moins de plastique que prévu dans les océans », *Le Figaro*, p. 12, juill. 01, 2014.

I. Lövin, « Alerte, l'océan coule! », *Le Monde*, p. SCQ7, juin 13, 2018.

Le HuffPost avec AFP, « Il y a 25 fois plus de microplastiques au fond des océans qu'on ne le pensait », *HuffPost - France (site web)*, oct. 07, 2020. https://www.huffingtonpost.fr/entry/il-ya-25-fois-plus-de-microplastiques-au-fond-des-océans-quon-ne-le-pensait_fr_5f7d7afac5b60c6bcc6465f9?utm_hp_ref=fr-océans

D. K. A. Barnes, F. Galgani, R. C. Thompson, et M. Barlaz, « Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, n° 1526, p. 1985-1998, 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0205.

M. Eriksen *et al.*, « Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea », *PLoS One*, vol. 9, n° 12, p. e111913, déc. 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0111913.

Le Journal de Saône et Loire, « Des microplastiques dans le placenta de fœtus », *Le Journal de Saône et Loire*, déc. 27, 2020. <https://www.lejls.com/sante/2020/12/26/des-microplastiques-dans-le-placenta-de-foetus>

Ouest-France avec Agence, « Les selles des bébés seraient bourrées de microplastiques, alertent des chercheurs », *Ouest-France (site web)*, sept. 24, 2021. <https://www.ouest-france.fr/sante/les-selles-des-bebes-seraient-bourrees-de-microplastiques-alertent-des-chercheurs-7437894>

J. G. B. Derraik, « The pollution of the marine environment by plastic debris: a review », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 44, n° 9, Art. n° 9, sept. 2002, doi: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5.

I. Gomes et R. Dumollard, « VIDÉO. Bisphénol A : les microplastiques présents dans l'océan sont néfastes pour le cerveau », *20 Minutes (site web)*, nov. 23, 2020. <https://www.20minutes.fr/sante/2910643-20201123-video-bisphenol-microplastiques-presents-ocean-nefastes-cerveau>

M. Valo, « Les microplastiques affectent la reproduction des huîtres », *Le Monde*, p. 7, sept. 12, 2020.

R. Ali et N. Dupont-Aignan, « Rapport d'information déposé en application de l'article 145 du règlement, par la commission des affaires étrangères, en conclusion des travaux d'une mission d'information sur la pollution des mers (Mme Ramlati Ali et M. Nicolas Dupont-Aignan) », 4505, 09 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/cion_afetr/15b4505_rapport-information

La Dépêche, « Les microplastiques s'invitent dans l'océan et nos assiettes », *ladepeche.fr*, janv. 10, 2022. <https://www.ladepeche.fr/2021/05/27/les-microplastiques-sinvitent-dans-locean-et-nos-assiettes-9569441.php> (consulté le janv. 10, 2022).

E. Disdero, « Les microplastiques sont bien présents dans nos selles et pourraient être responsables de maladies intestinales », *Libération (site web)*, déc. 2021, [En ligne]. Disponible sur: https://nouveau.europresse.com/Link/PSLT_1/news-20211223-LIF-029

Le Figaro, « On a trouvé des microplastiques quasiment au sommet de l'Everest », *Le Figaro (site web)*, nov. 21, 2020. <https://www.lefigaro.fr/sciences/on-a-trouve-des-microplastiques-quasiment-au-sommet-de-l-everest-20201121>

S. Allen, D. Allen, K. Moss, G. L. Roux, V. R. Phoenix, et J. E. Sonke, « Examination of the ocean as a source for atmospheric microplastics », *PLOS ONE*, vol. 15, n° 5, Art. n° 5, mai 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0232746.

Li, J., Liu, H., & Chen, J. P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water research*, 137, 362-374.

C. général au développement durable Ministère de la transition écologique et solidaire, « Origine des microplastiques primaires retrouvés dans les océans du monde », *L'environnement en France - Rapport sur l'état de l'environnement*. <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/donnees-et-ressources/ressources/graphiques/article/origine-des-microplastiques-primaires-retrouves-dans-les-occeans-du-monde> (consulté le janv. 10, 2022).

I. Efimova, M. Bagaeva, A. Bagaev, A. Kileso, et I. P. Chubarenko, « Secondary Microplastics Generation in the Sea Swash Zone With Coarse Bottom Sediments: Laboratory Experiments », *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 313, 2018, doi: 10.3389/fmars.2018.00313.

Dr Richard Kirby, « Dr Richard Kirby sur Twitter », *Twitter*, janv. 06, 2022. <https://twitter.com/PlanktonPundit/status/1479141303426367498> (consulté le janv. 11, 2022).

JS. (janv. 28, 2018). Microbilles : le début de la fin. *CosmeticsOBS*. <https://cosmeticobs.com/fr/articles/actus-59/microbilles-le-debut-de-la-fin-4160> (consulté le janv. 11, 2022).

Surfrider Europe, « We launched a shocking campaign to alert on the danger of microplastics and detergents », *Twitter*, déc. 30, 2022. <https://twitter.com/surfridereurope/status/1476523513125163011> (consulté le janv. 11, 2022).

Fondation Tara Océan, « Nos actions politiques face à la pollution plastique en France », *Fondation Tara Océan*. <https://fondationtaraoccean.org/partager/actions-politiques-en-france/> (consulté le janv. 10, 2022).

Greenpeace France, « Pollution des océans : l'impact des plastiques », *Greenpeace France*, mars 02, 2017. <https://www.greenpeace.fr/pollution-occeans-limpact-plastiques/> (consulté le janv. 10, 2022).

G. Grau *et al.*, « Microplastics2 - Pollution aux microplastiques : détection, risques et remédiation à l'interface terre-mer », *Ifremer*, 75659, août 2020. Consulté le: nov. 10, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00644/75659/>

Ministère de la Transition écologique, « Signature du « Pacte National sur les emballages plastiques » », *Ministère de la Transition écologique*, févr. 21, 2019. <https://www.ecologie.gouv.fr/signature-du-pacte-national-sur-emballages-plastiques> (consulté le janv. 10, 2022).

Représentation permanente de la France, « Vers un accord pour lutter contre la pollution plastique ? », *Représentation permanente de la France*, sept. 01, 2021. <https://onu-geneve.delegfrance.org/Vers-un-accord-pour-lutter-contre-la-pollution-plastique> (consulté le janv. 10, 2022).

Surfrider Foundation Europe, « UNEA 5 : Vers un Traité international sur le plastique ? | Surfrider Foundation Europe », <https://surfrider.eu>, mars 23, 2021. <https://surfrider.eu/sinformer/actualites/unea-5-vers-traite-international-plastique-121323211547.html> (consulté le janv. 10, 2022).

C. G. Avio, S. Gorbi, et F. Regoli, « Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat », *Marine Environmental Research*, vol. 128, p. 2-11, 2017, doi: 10.1016/j.marenvres.2016.05.012.

M. Bliman, « Tara au chevet du peuple invisible des océans », *Les Echos (site web)*, déc. 31, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://nouveau.europresse.com/Link/PSLT_1/news-20201231-ECF-0610161041606

Q. Bender, « Some good news about ocean microplastic pollution », *The northern view*, p. 1, févr. 11, 2021.

F. Septianto et M. S. W. Lee, « Emotional responses to plastic waste: Matching image and message framing in encouraging consumers to reduce plastic consumption », *Australasian marketing journal*, vol. 28, n° 1, p. 18-29, 2020.

La rédaction d'Allodocteurs.fr, « Interdiction des sacs plastiques : quel bilan après deux ans ? », *Franceinfo*, déc. 28, 2018. https://www.francetvinfo.fr/sante/environnement-et-sante/interdiction-des-sacs-plastiques-quel-bilan-apres-deux-ans_3120337.html (consulté le janv. 10, 2022).

La rédaction de Vie-publique.fr, « Vers la fin du plastique jetable ? », *Vie publique.fr*, juill. 03, 2021. <https://www.vie-publique.fr/eclairage/274413-vers-la-fin-du-plastique-jetable> (consulté le janv. 10, 2022).

Conservation Nature, « La Pollution des Océans : Définition, Causes et Solutions | Floralia Nature », *Conservation Nature*. <https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-pollution-des-occeans/> (consulté le janv. 10, 2022).

No plastic in my sea. rédaction coordonnée par Muriel Papin, « Pollution plastique et microplastique - benchmark des solutions - No Plastic in my sea », *cycl-op.org*, sept. 2021. <https://www.cycl-op.org/library/h/pollution-plastique-et-microplastique-benchmark-des-solutions-no-plastic-in-my-sea-sept2020.html> (consulté le janv. 10, 2022).

Parlement Européen et Conseil de l'union Européenne, *Directive (UE) 2019/ du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement*, vol. 2019/904. 2019, p. 19.

Onet, « Onet limite sa production de déchets plastiques et son impact écologique », *Groupe Onet*, mars 11, 2020. <https://www.groupeonet.com/medias/actualites/onet-limite-sa-production-de-dechets-plastiques-et-son-impact-ecologique/> (consulté le janv. 10, 2022).

W. W. Y. Lau, Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, et J. Koskella, « Evaluating scenarios toward zero plastic pollution », *Science*, vol. 369, n° 6510, p. 1455-1461, 2020, doi: <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>.

P. Boucard et J.-M. Brignon, « Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Microplastiques », INERIS, DRC-18-158744-01541A, 2018. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>

J.-D. Renard, « Pollution plastique des océans: l'inexorable catastrophe », *Sud Ouest dimanche - Pays Basque / Béarn*, p. 2, sept. 12, 2021.

Committee for Risk Assessment (RAC) et Committee for Socio-economic Analysis (SEAC), « Background Document To RAC And SEAC Opinions On Intentionally Added Microplastics », ECHA, ECHA/RAC/RES-O-0000006790-71-01/F ECHA/SEAC/RES-O-0000006901-74-01/F, déc. 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://echa.europa.eu/documents/10162/b56c6c7e-02fb-68a4-da69-0bcbd504212b>