



© Adobe Stock

# Les impacts des plastiques sur la santé humaine

Compte rendu de l'audition publique  
du 17 octobre 2024 et de la présentation  
des conclusions du 14 novembre 2024

Philippe BOLO  
Député

Novembre 2024



ASSEMBLÉE  
NATIONALE



SÉNAT

LES RAPPORTS DE  
L'OPECST

Enregistré à la présidence de l'Assemblée nationale  
le 14 novembre 2024

SESSION ORDINAIRE 2024 - 2025

Enregistré à la présidence du Sénat  
le 14 novembre 2024

# RAPPORT

*au nom de*

**L'OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

*sur*

**Les impacts des plastiques sur la santé humaine**

***Compte rendu de l'audition publique du 17 octobre 2024  
et de la présentation des conclusions du 14 novembre 2024***

*par*

M. Philippe BOLO, député

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale  
par M. Pierre HENRIET,  
*Premier vice-président de l'Office*

Déposé sur le Bureau du Sénat  
par M. Stéphane PIEDNOIR,  
*Président de l'Office*

## Composition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

### Président

M. Stéphane PIEDNOIR, sénateur

### Premier vice-président

M. Pierre HENRIET, député

### Vice-présidents

M. Jean-Luc FUGIT, député  
M. Gérard LESEUL, député  
M. Alexandre SABATOU, député

Mme Florence LASSARADE, sénatrice  
Mme Anne-Catherine LOISIER, sénatrice  
M. David ROS, sénateur

### DÉPUTÉS

M. Alexandre ALLEGRET-PILOT  
M. Maxime AMBLARD  
M. Philippe BOLO  
M. Éric BOTHOREL  
M. Joël BRUNEAU  
M. François-Xavier CECCOLI  
M. Maxime LAISNEY  
M. Aurélien LOPEZ-LIGUORI  
Mme Mereana REID ARBELOT  
M. Arnaud SAINT-MARTIN  
M. Jean-Philippe TANGUY  
Mme Mélanie THOMIN  
M. Stéphane VOJETTA  
Mme Dominique VOYNET

### SÉNATEURS

M. Arnaud BAZIN  
Mme Martine BERTHET  
Mme Alexandra BORCHIO FONTIMP  
M. Patrick CHAIZE  
M. André GUIOL  
M. Ludovic HAYE  
M. Olivier HENNO  
Mme Sonia de LA PROVÔTÉ  
M. Pierre MÉDEVIELLE  
Mme Corinne NARASSIGUIN  
M. Pierre OUZOULIAS  
M. Daniel SALMON  
M. Bruno SIDO  
M. Michaël WEBER

## SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<b>CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024 SUR LES IMPACTS DES PLASTIQUES SUR LA SANTÉ HUMAINE.....</b>	<b>5</b>
<b><i>THE IMPACT OF PLASTICS ON HUMAN HEALTH (SYNTHÈSE EN ANGLAIS) .....</i></b>	<b>25</b>
<b>TRAVAUX DE L'OFFICE .....</b>	<b>41</b>
<b>I. COMPTE RENDU DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024.....</b>	<b>41</b>
<b>II. EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE LA RÉUNION DU 14 NOVEMBRE 2024 DE PRÉSENTATION DES CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024.....</b>	<b>77</b>
<b>ANNEXE - DOCUMENTS PROJETÉS PAR LES INTERVENANTS LORS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024 .....</b>	<b>91</b>



## CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024 SUR LES IMPACTS DES PLASTIQUES SUR LA SANTÉ HUMAINE

Les effets néfastes de la pollution plastique sur l'environnement sont démontrés scientifiquement et désormais bien connus du grand public. Les impacts des plastiques sur la santé humaine ont fait l'objet de moins de recherches, même si depuis quelques années un nombre croissant d'études scientifiques met en lumière les risques sanitaires qu'ils font courir à la population.

Du 25 novembre au 1<sup>er</sup> décembre 2024 se tiendra en Corée du Sud le dernier cycle des négociations sur le futur traité international visant à supprimer la pollution plastique. Parmi les sujets encore en discussion figurent les mesures à prendre pour réduire la toxicité des plastiques.

Afin de contribuer aux débats en cours et aux décisions à venir, l'Office, qui s'est déjà beaucoup investi sur le sujet des plastiques, a organisé le 17 octobre 2024 une audition publique, sous forme de deux tables rondes, pour dresser un état des lieux des connaissances scientifiques sur les impacts des plastiques sur la santé humaine.

La première table ronde a traité des voies d'exposition et des effets sur la santé du plastique particulaire. La seconde table ronde s'est intéressée aux effets sur l'être humain des substances chimiques associées aux plastiques.

Les intervenants étaient :

- **Fabienne Lagarde**, enseignante-chercheuse à Le Mans Université ;
- **Guillaume Duflos**, directeur de recherche à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) ;
- **Muriel Mercier-Bonin**, directrice de recherche à l'Inrae (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) dans l'UMR Toxalim (Centre de recherche en toxicologie alimentaire) ;
- **Sonja Boland**, ingénieure de recherche à l'Université Paris Cité ;
- **Martin Wagner**, chercheur à la Norwegian University of Science and Technology, Trondheim ;
- **Robert Barouki**, professeur, directeur de l'Institut thématique Santé publique de l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale) et membre du conseil scientifique de l'OPECST ;
- **Xavier Coumoul**, professeur de toxicologie et de biochimie à l'Université Paris Cité ;

- **Megan Deeney**, chercheuse à la London School of Hygiene and Tropical Medicine ;
- **Christos Symeonides**, directeur clinique et de recherche « plastiques et santé humaine » à la fondation Minderoo ;
- **Marie-France Dignac**, directrice de recherche à l'Inrae.

## **I. DEPUIS VINGT ANS, LA PRODUCTION DE PLASTIQUES A CRÛ DE FAÇON EXPONENTIELLE ET LES PLASTIQUES SONT DÉSORMAIS OMNIPRÉSENTS DANS L'ENVIRONNEMENT**

### **A. LA PRODUCTION EXPONENTIELLE DE PLASTIQUES S'ACCOMPAGNE D'UNE AUGMENTATION SIMULTANÉE DE LA QUANTITÉ DE DÉCHETS**

#### ➤ **Une production de plastiques en forte croissance**

Fabienne Lagarde a rappelé que la mise sur le marché du plastique est assez récente puisqu'elle remonte aux années 1950. Depuis cette date, **sa production n'a fait que s'accélérer : elle a doublé au cours des 20 dernières années et devrait dépasser 500 millions de tonnes pour l'année 2024.** Convertis en film alimentaire, ces 500 millions de tonnes permettraient d'emballer 50 fois la France !

Selon les projections de l'OCDE, la production de plastiques devrait atteindre 750 millions de tonnes en 2040 et dépasser un milliard de tonnes avant 2050.

Avec 32 % des plastiques utilisés pour des emballages (soit 139 millions de tonnes en 2020), ce secteur reste le premier débouché de la production plastique et cette part devrait rester stable pendant les trente prochaines années. **La production plastique reste donc largement influencée par les plastiques à usage unique.**

Les textiles représentent désormais 10 % de la production plastique (45,2 millions de tonnes en 2020) et leur part devrait légèrement augmenter d'ici à 2050 (11,2 %).

#### ➤ **La production de déchets suit la courbe de production des plastiques**

Fabienne Lagarde a expliqué que la courbe de production des déchets suivait celle de la production de plastiques. Ainsi, **les déchets plastiques produits devraient passer de 360 millions de tonnes en 2020 à 617 millions de tonnes en 2040.**

Elle a également insisté sur le fait que ce que l'on appelle « cycle de vie des plastiques » est en fait marqué par une **absence de circularité, et ce, même dans les pays les plus avancés en termes de collecte, de tri et de traitement des déchets**. En 2018, sur les 3,6 millions de tonnes de déchets plastiques produits en France, seul 0,6 million de tonnes a été réellement recyclé (soit 17 %) !

**Au niveau mondial, moins de 10 % des déchets plastiques sont recyclés** et malgré les progrès attendus en matière de collecte, de tri et de traitement des déchets, à politiques inchangées, ce taux ne devrait pas dépasser 14 % en 2040, contre 50 % pour les mises en décharge et 17 % pour l'incinération.

En 2020, les déchets plastiques mal gérés – à savoir les déchets qui finissent dans l'environnement – s'élèvent à 81 millions de tonnes, soit 22 % du total. En 2040, ils devraient représenter 119 millions de tonnes (soit 19 %).

## **B. LES PLASTIQUES SONT DÉSORMAIS OMNIPRÉSENTS DANS L'ENVIRONNEMENT**

### ➤ **La pollution plastique est amplifiée par la présence de microplastiques**

Comme l'a fait remarquer Fabienne Lagarde, **les plastiques ne sont pas inertes**. Confrontés aux éléments naturels, notamment aux rayons ultraviolets, à l'eau et à l'oxygène, leur surface s'érode et **ils se fragmentent pour former des microplastiques et des nanoplastiques**.

**Les fuites de microplastiques dans l'environnement ont lieu tout au long du cycle de vie des plastiques** : au moment de leur production – à travers les pertes de granulés industriels ; au moment de leur utilisation – c'était le cas lorsque des microbilles de plastique étaient incorporées aux cosmétiques, pratique désormais interdite en Europe, mais cela reste le cas à travers l'usure des pneus et le lavage des textiles synthétiques ; au moment de leur fin de vie en raison de la dégradation des macroplastiques présents dans l'environnement.

### ➤ **Les plastiques ont envahi tous les compartiments de l'environnement**

**Les plastiques ont peu à peu envahi tous les compartiments physiques de l'environnement**. Fabienne Lagarde a rapporté que les plastiques sont décelables à 10 000 mètres au fond des océans, mais aussi dans les glaciers de l'Himalaya et même dans les nuages, sous forme de microplastiques.



La présence de microplastiques loin de leurs sources d'émission est liée à la forte augmentation des déchets plastiques mal gérés, mais également à leur faible taille, leur légèreté et leur persistance. Sonja Boland a évoqué des résultats de recherches sur le transport troposphérique des microplastiques qui montrent le passage dans l'air de particules contenues dans les embruns et leur transport sur de longues distances.

**Désormais, le plastique est devenu partie intégrante de l'environnement.** Guillaume Duflos a évoqué la découverte d'une nouvelle formation rocheuse, dite plasticomérat, dont l'un des principaux éléments est le plastique.

## **II. EN DÉPIT DES DIFFICULTÉS MÉTHODOLOGIQUES POUR DÉTECTER ET CARACTÉRISER LES PLASTIQUES ET LES RISQUES QU'ILS FONT COURIR EN MATIÈRE DE SANTÉ HUMAINE, LES SIGNAUX D'ALARME SE MULTIPLIENT**

### **A. L'ANALYSE DES PLASTIQUES PARTICULAIRES ET DES RISQUES SANITAIRES QUI Y SONT LIÉS SE HEURTE À DES DIFFICULTÉS MÉTHODOLOGIQUES**

#### **➤ Les difficultés méthodologiques liées à la caractérisation et à la quantification des plastiques particuliers**

Guillaume Duflos a insisté sur la complexité de **la quantification des plastiques dans l'environnement en raison de leur grande variété de composition, de taille et de forme.**

Ainsi, les analyses sur les eaux minérales et l'eau du robinet aboutissent à des résultats variant sensiblement d'une étude à l'autre. Des travaux de normalisation menés par l'Afnor ont toutefois établi une norme de caractérisation des microplastiques dans l'eau facilitant la comparaison des résultats et servant de référence au niveau international.

Muriel Mercier-Bonin a évoqué des problématiques similaires pour la détection et la quantification du plastique particulaire dans les échantillons humains. Elle a rappelé qu'une étude<sup>1</sup> sur la quantité de microplastiques ingérés par les hommes avait fait grand bruit en 2019, évaluant l'absorption de plastiques à 5 grammes par semaine, soit l'équivalent d'une carte de crédit.

---

<sup>1</sup> En 2019, le WWF avait alerté sur la quantité de plastiques ingérée par l'Homme, évaluée alors à 5 grammes par semaine, soit l'équivalent d'une carte de crédit. En 2021, ces résultats avaient été confirmés par une étude de Kala Senathirajah et al. : « Estimation of the mass of microplastics ingested. A pivotal first step toward human health risk assessment. », Journal of hazardous Materials, volume 404, Part B, 15 February 2021.

Depuis, plusieurs études ont considérablement revu à la baisse cette quantité de microplastiques ingérés hebdomadairement, sans pour autant parvenir à un consensus. En 2022, une étude scientifique<sup>1</sup> a estimé qu'il faudrait 23 000 ans pour ingérer l'équivalent d'une carte de crédit. Une autre étude<sup>2</sup> a évalué à 4 microgrammes par semaine l'ingestion de plastique, soit un million de fois moins. Une étude très récente<sup>3</sup>, réalisée à l'échelle de 109 pays à la fois industrialisés et en développement, a montré une forte exposition, évaluée à 500 milligrammes par jour dans les pays d'Asie du Sud-Est, en raison essentiellement de la consommation de fruits de mer.

Plusieurs intervenants ont donc insisté sur la nécessité d'améliorer les méthodes et processus analytiques. Guillaume Duflos a soulevé le problème de la contamination des échantillons analysés, compte tenu de l'utilisation massive d'objets en plastique dans les laboratoires. Il a également regretté la multiplication des formulations des matériaux plastiques qui amplifie les difficultés des travaux analytiques.

Fabienne Lagarde a constaté que les difficultés rencontrées pour appréhender les plastiques conduisaient à leur sous-évaluation, qu'il s'agisse des microplastiques ou, plus encore, des nanoplastiques.

#### ➤ **Une détection des nanoplastiques balbutiante**

Guillaume Duflos a fait observer que la présence de nanoplastiques dans certains aliments comme le thé ou le riz avait été mise en évidence.

Xavier Coumoul a cité une étude<sup>4</sup> – à confirmer – indiquant que les bouteilles d'eau en plastique contiennent 250 000 particules par litre, dont 90 % de nanoplastiques.

Toutefois, plusieurs intervenants ont concédé que la petite taille de ces particules et la diversité des environnements dans lesquels elles se trouvent posent un réel défi méthodologique pour leur détection et leur quantification. Sonja Boland a reconnu qu'on ne savait pas encore détecter les nanoparticules dans le poumon. Les nanoplastiques intéressent néanmoins les chercheurs dans la mesure où ils sont susceptibles de traverser la barrière intestinale ou encore l'épithélium et d'entrer dans la circulation sanguine pour atteindre des organes secondaires.

---

<sup>1</sup> Martin Pletz, « *Ingested microplastics: Do humans eat one credit card per week ?* », *Journal of Hazardous Material Letters*, Volume 3, November 2022.

<sup>2</sup> Nur Hazimah Mohamed Nor et al., « *Lifetime Accumulation of Microplastic in Children and Adults* », *Environmental Science and Technology*, 2021, 55, 8.

<sup>3</sup> Xiang Zhao, Fengqi You, « *Microplastic Human Diatery Uptake from 1990 to 2018 Grew across 109 Major Developing and Industrialized Countries but can Be Halved by Plastic Debris Removal* », *Environmental Science and Technology*, 2024, 58, 20.

<sup>4</sup> Naixin Qian et al., « *Rapid single-particle chemical of nanoplastics by SRS microscopy* », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 16 January 2024.

➤ **Les limites des modèles utilisés dans les laboratoires**

Plusieurs intervenants ont souligné les limites des modèles utilisés dans les laboratoires. Muriel Mercier-Bonin a regretté que dans la littérature scientifique, l'essentiel des travaux sont menés sur des particules commerciales, sphériques et essentiellement en polystyrène, ce qui ne correspond pas à ce qu'on trouve réellement dans l'environnement.

Or, comme l'a fait remarquer Sonja Boland, la toxicité des particules plastiques dépend de leurs caractéristiques physico-chimiques et de leur forme. Les fibres d'une certaine longueur peuvent induire une phagocytose frustrée : les macrophages n'arrivent pas totalement à ingérer les fibres trop grandes. Ceci peut provoquer une inflammation persistante.

**Les doses utilisées en laboratoire sont souvent très élevées et les effets à long terme peu étudiés** faute notamment de cohortes. Muriel Mercier-Bonin a ajouté que les études sont souvent réalisées sur des populations saines, alors qu'il faudrait les étendre aux populations à risque. Elle a ainsi expliqué que les patients atteints de maladies inflammatoires chroniques de l'intestin - maladie de Crohn ou rectocolite hémorragique - présentaient davantage de microplastiques dans leurs selles que les volontaires sains.

**Au-delà de ces limites méthodologiques, les signaux d'alarme concernant les risques que font peser les plastiques particuliers sur la santé humaine se multiplient.**

***B. LES SIGNAUX D'ALARME CONCERNANT LES RISQUES QUE FONT PESER LES PLASTIQUES PARTICULAIRES SUR LA SANTÉ HUMAINE SE MULTIPLIENT***

➤ **Les microplastiques sont présents dans tous les organes humains et s'y accumulent**

Xavier Coumoul a rappelé **qu'il existait trois voies d'exposition de l'homme aux plastiques : par l'alimentation, la respiration et le contact cutané.** L'exposition peut être directe, à travers l'utilisation de produits du quotidien, mais également à travers l'inhalation. Sonja Boland a fait remarquer qu'en région parisienne, 3 à 10 tonnes de plastiques présents dans l'air étaient déposées par an, majoritairement des fibres, et que nous inhalons jusqu'à 30 millions de particules plastiques par an. L'inhalation de microplastiques est au moins aussi importante que l'ingestion.

L'exposition peut également être indirecte : les micro et nanoplastiques sont présents dans tous les écosystèmes et affectent les espèces animales et végétales que nous consommons. Guillaume Duflos a dressé une liste non exhaustive des produits alimentaires dans lesquels des microplastiques ont été retrouvés : le sel, la bière, les fruits et légumes, le thé, les œufs, la viande, etc.

Muriel Mercier-Bonin a fait un lien entre le taux relativement élevé de microplastiques chez les populations d'Asie et leur consommation de fruits de mer.

Les organes d'absorption sont multiples : les poumons, le côlon, la peau. Il a été démontré que **les plastiques pouvaient être transportés par le sang, mais également par les nerfs, et atteindre ainsi des organes qu'on qualifie de lointains**, tels que les testicules, le placenta, les reins ou encore le cerveau. Xavier Coumoul a cité une étude<sup>1</sup> selon laquelle la concentration de plastique dans cet organe s'élèverait à 5 milligrammes par gramme : cela signifierait que **0,5 % de la masse du cerveau serait constituée de plastique**.

Il est par ailleurs observé que les microplastiques s'accumulent dans les organes. Ainsi, Sonja Boland a signalé que la quantité de plastique dans le poumon augmente avec l'âge, ce qui suggère que des particules peuvent persister dans l'organisme sans être éliminées.

Plusieurs intervenants se sont inquiétés de l'accumulation des plastiques dans l'environnement à la fois physique et vivant et de ses conséquences sur la santé humaine en faisant référence au principe *One health* (« une seule santé »), qui identifie les liens entre la santé animale, la santé humaine et la qualité de l'environnement.

➤ **Des corrélations inquiétantes entre la présence de plastiques et l'altération de certains organes et de leurs fonctions, voire l'apparition de pathologies**

- *Les plastiques ont un impact sur la sphère digestive*

Muriel Mercier-Bonin a présenté les premiers résultats issus des recherches de son laboratoire sur l'impact des plastiques sur la sphère digestive. L'exposition aux plastiques semble entraîner des modifications dans la composition du microbiote intestinal. Des bactéries apparaissent à la fois chez l'adulte et l'enfant, telles que les pathobiontes, qui peuvent contribuer à une dysbiose du microbiote intestinal. Par ailleurs, une diminution du butyrate, un acide gras à chaîne courte (AGCC) très bénéfique, a été observée chez l'enfant.

Des travaux non encore publiés sur des souris ont montré que l'administration de microplastiques dans leur alimentation entraîne une perte de bactéries bénéfiques et une augmentation des bactéries délétères pour le microbiote intestinal lorsque les rongeurs sont soumis à un régime occidental, riche en gras et en sucre.

---

<sup>1</sup> Matthew Campen et al., « Bioaccumulation of Microplastics in Decedent Human Brains Assessed by Pyrolysis Gas Chromatography-Mass Spectrometry », Research Square (Preprint), May 2024.

Elle n'a pas exclu des phénomènes abrasifs liés au transit de microplastiques de taille importante, notamment sur les zones non couvertes par le mucus. Cette abrasion pourrait provoquer des inflammations.

- *Les plastiques inhalés ont un impact sur la santé*

Comme l'a expliqué Sonja Boland, en fonction de leur taille, les particules plastiques peuvent pénétrer plus ou moins profondément l'appareil respiratoire. Globalement, on trouve plus de fibres que de fragments, mais ce déséquilibre peut être lié à l'impossibilité, avec les techniques d'analyse actuelles, de détecter les nanoparticules.

Les particules les plus grosses, supérieures à 300 micromètres de diamètre, ne peuvent pas dépasser le naso-pharynx. Celles qui sont comprises entre 2,5 et 10 micromètres peuvent descendre jusqu'aux bronches. Toutefois, seules les particules respirables les plus fines, c'est-à-dire inférieures à 2,5 micromètres de diamètre, peuvent entrer dans les bronches et atteindre les alvéoles.

Sonja Boland a précisé que l'appareil respiratoire est pourvu de mécanismes d'élimination. La clairance mucociliaire permet d'éliminer les particules déposées sur du mucus qui vont être transportées, grâce au battement coordonné des cellules ciliées, vers la bouche pour être expectorées ou avalées. Au niveau alvéolaire, les macrophages vont ingérer les particules de plastique. Néanmoins, ces dernières peuvent entrer dans l'organisme puisque les macrophages vont migrer vers les ganglions et la circulation lymphatique, ou bien remonter par l'escalator mucociliaire pour être déglutis et atteindre l'appareil gastro-intestinal. **Les nanoparticules peuvent déjouer les mécanismes de clairance, traverser l'épithélium et entrer dans la circulation sanguine pour atteindre les organes secondaires.** Certaines nanoparticules peuvent remonter les nerfs, par exemple les nerfs olfactifs, et atteindre le cerveau.

**La toxicité des particules plastiques inhalées a été démontrée dès les années 1970 auprès de travailleurs de l'industrie du flochage.** Certains d'entre eux ont développé des altérations de la fonction pulmonaire, un essoufflement, de l'inflammation, de la fibrose et même des cancers du poumon. Les mêmes symptômes ont été observés auprès de travailleurs dans l'industrie du textile et du PVC.

Sonja Boland a cependant fait remarquer que si les particules de plastique étaient impliquées dans les effets sur la santé décrits précédemment, le rôle des additifs, des contaminants et des monomères ne pouvait pas être exclu. Dans l'industrie du polystyrène par exemple, ce sont surtout les monomères (les styrènes), reconnus pour leur toxicité et leur caractère cancérigène, qui induisent ces pathologies.

**Une augmentation du cancer de l'estomac pourrait être également due à la déglutition des particules inhalées.**

Sonja Boland a évoqué une **corrélation possible entre des pathologies respiratoires et la présence de plastiques dans le poumon**. Il y a plus de particules et de fibres présentes dans les tumeurs que dans les tissus normaux.

Il y a également un **lien entre la présence de microplastiques et une altération de la fonction pulmonaire**. On constate plus de plastiques dans le corps des personnes ayant des rhinites allergiques. Les paramètres sanguins sont également modifiés lorsque des plastiques sont détectés dans le poumon.

- *La présence de microplastiques dans la plaque carotidienne est corrélée à l'augmentation du risque d'infarctus du myocarde*

Xavier Coumoul a cité une étude<sup>1</sup> qui a mesuré la quantité de microplastiques prélevés au niveau de la plaque carotidienne sur plus de 300 patients ayant subi une chirurgie carotidienne. Cette étude a montré qu'il existait un **risque d'infarctus du myocarde 4,53 fois plus élevé, et potentiellement d'accident vasculaire cérébral, voire de mort, chez les personnes qui présentaient les plus forts taux de micro et nanoplastiques**.

### III. LA DANGÉROSITÉ DES PLASTIQUES EST ÉGALEMENT LIÉE AUX SUBSTANCES CHIMIQUES QU'ILS CONTIENNENT ET QUI ENTRAÎNENT DES COÛTS EXORBITANTS POUR LA SOCIÉTÉ

#### A. LES PLASTIQUES SONT DES SOURCES ET DES VECTEURS DE SUBSTANCES CHIMIQUES PRÉOCCUPANTES

##### ➤ Les plastiques sont des sources de substances chimiques

Plusieurs intervenants ont insisté sur le fait que la production de plastiques fait intervenir de très nombreux produits chimiques à différentes étapes de la fabrication.

Martin Wagner a mentionné **quatre groupes de produits chimiques liés aux plastiques : les substances de départ**, à savoir les monomères et les catalyseurs ; **les additifs** ajoutés à ces produits pour qu'ils soient fonctionnels (plastifiants, anti-oxydants, retardateurs de flammes, colorants, etc.) ; **les auxiliaires de fabrication** qui facilitent la production des matériaux et des produits plastiques ; **les substances chimiques ajoutées non intentionnellement** (NIAS – *Non-Intentionally Added Substances*) qui sont soit des impuretés issues des autres substances chimiques, soit des produits dérivés qui se forment pendant la fabrication des plastiques, soit des produits de dégradation qui apparaissent au cours de leur utilisation ou au moment de leur fin de vie.

---

<sup>1</sup> Raffaele Marfella, « Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events », The New England Journal of Medicine, 6 March 2024, Vol 390 N° 10.

- *De très nombreuses substances chimiques dont un quart d'entre elles s'avèrent dangereuses*

Les informations sur les substances chimiques entrant dans la composition des plastiques sont fragmentées et éparpillées. Toutefois, Martin Wagner a expliqué que **plus de 16 000 produits chimiques ont été recensés** dans la base de données PlastChem.

**Quatre critères ont été retenus pour définir la dangerosité des substances chimiques : leur caractère persistant** pour identifier les substances chimiques qui ne se dégradent pas facilement dans l'environnement ; **leur capacité de bioaccumulation**, en référence aux substances chimiques qui s'accumulent dans le corps humain ou dans d'autres organismes ; **leur mobilité**, pour viser les substances chimiques qui se répandent facilement dans l'environnement ainsi que dans l'eau potable ; **leur toxicité**, pour évaluer leur nocivité pour la santé humaine.

**Plus de 4 000 produits chimiques sur les 16 000 recensés, soit un quart d'entre eux, peuvent être classés comme dangereux.** Leur caractère toxique sur l'environnement, en particulier aquatique, mais également pour la santé humaine, est scientifiquement bien documenté. De nombreuses études montrent la toxicité de ces substances chimiques pour certains organes, tels que le foie, ainsi que leur caractère cancérigène, mutagène ou reprotoxique. Certaines substances chimiques sont des perturbateurs endocriniens.

Christos Symeonides a présenté les résultats d'une revue générale<sup>1</sup> portant sur l'impact sur la santé de trois substances chimiques utilisées quasiment exclusivement dans les plastiques : les polybromodiphényléthers (PBDE), utilisés comme retardateurs de flamme dans les produits textiles ou électroniques et classés comme des polluants organiques persistants par la convention de Stockholm ; le bisphénol A (BPA), monomère entrant dans la fabrication du polycarbonate, mais également dans la composition des résines époxy utilisées pour le revêtement des boîtes de conserve et des canettes ; les phtalates et en particulier le DEHP - phtalate de bis(2-éthylhexyle) - utilisés notamment pour rendre le plastique plus souple.

Cette revue générale s'est appuyée sur les données de près de 1 000 méta-analyses issues de 52 revues systématiques, représentant l'équivalent de 1,5 million de données.

Elle a mis en évidence des preuves épidémiologiques solides établissant des **liens entre l'exposition du fœtus aux PBDE pendant la grossesse et un poids faible à la naissance, un retard ou une altération de développement cognitif chez l'enfant** ou encore une perte de quotient intellectuel (QI).

---

<sup>1</sup> Christos Symeonides et al., « An Umbrella Review of Meta-Analyses Evaluating Associations between Human Health and Exposure to Major Class of Plastic-Associated Chemicals », *Annals of Global Health*, 2024, Volume 90.

Des preuves statistiquement significatives de **perturbation endocrinienne** liée au fonctionnement du système hormonal thyroïdien chez l'adulte ont également été mises en évidence.

En ce qui concerne le BPA, la revue générale établit des **liens avec des malformations génitales chez les nouveau-nés filles exposées au BPA** dans l'utérus, **avec le diabète de type 2** chez les adultes et la résistance à l'insuline, ainsi qu'avec **le syndrome ovarien polykystique** chez les femmes. L'exposition au BPA augmente également le risque d'obésité et d'hypertension chez les enfants comme chez les adultes ainsi que le risque de maladies cardiovasculaires chez les adultes.

Enfin, la revue générale établit des **liens entre l'exposition au DEHP et des fausses couches, des malformations génitales chez les nouveau-nés garçons, un retard ou une altération du développement cognitif chez l'enfant**, la perte de QI, un retard du développement psychomoteur, une **puberté précoce chez les jeunes filles et de l'endométriose chez les jeunes femmes**. L'exposition au DEHP a également **de multiples effets sur la santé cardiométabolique**, notamment la résistance à l'insuline, l'obésité ou encore l'augmentation de la pression artérielle.

- *Les lacunes dans l'évaluation des substances chimiques conduisent à sous-évaluer leur dangerosité*

Plusieurs intervenants ont insisté sur les **lacunes dans l'évaluation des substances chimiques**. Martin Wagner a précisé que (seuls) 161 produits chimiques ont été jugés non dangereux par des réglementations nationales, mais ces évaluations manquent de rigueur scientifique dans la mesure où elles portent soit sur des informations incomplètes, soit sur une partie seulement des critères de dangerosité.

**Pour 10 000 produits chimiques utilisés ou présents dans les plastiques, il n'existe aucune donnée sur leur dangerosité.**

**Au niveau international, seulement 6 % des substances chimiques font l'objet d'une réglementation** dans le cadre de la convention de Bâle, de la convention de Stockholm et du protocole de Montréal.

Par ailleurs, si la toxicité des produits chimiques commence à être bien documentée, les informations concernant leur persistance, leur bioaccumulation ou leur mobilité sont plus difficiles à trouver, dans la mesure où ces critères ne sont pas toujours retenus dans les évaluations gouvernementales.

Enfin, **la détermination des plafonds réglementaires en deçà desquels la migration des substances chimiques ou leur absorption reste tolérable dépend de données scientifiques qui peuvent connaître des évolutions importantes.**



Megan Deeney et Robert Barouki ont cité l'exemple du bisphénol A : jusqu'en 2023, la valeur seuil dans le sang du bisphénol A jugée tolérable était de 233 microgrammes par litre, définie à partir d'une cible correspondant à la toxicité rénale. Puis un nouveau test est apparu, fondé sur la quantité de certaines cellules immunitaires dans la rate. L'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) a alors révisé les doses journalières tolérables de bisphénol A, qui sont désormais 20 000 fois plus faibles qu'auparavant, à 0,011 microgramme par litre.

- *La population est largement contaminée par les substances chimiques liées aux plastiques*

Les substances chimiques sont rejetées tout au long du cycle de vie des plastiques dans l'environnement et le contaminent. Cette pollution affecte à son tour les êtres humains, notamment à travers les aliments, l'eau et l'air.

Selon Megan Deeney, une étude récente<sup>1</sup> montre que **25 % des 14 000 produits chimiques contenus dans les matériaux en contact avec les aliments ont été identifiés dans le corps humain**. Une autre publication rassemblant les résultats d'études publiées entre 2020 et 2022<sup>2</sup> conclut à la migration dans les aliments de 61 substances contenues dans des matériaux plastiques en contact avec les aliments potentiellement cancérigènes pour la glande mammaire.

Robert Barouki a indiqué que **pour les quatre composés perfluorés** les plus importants et dont la toxicité est clairement reconnue, la valeur seuil tolérable pour l'absorption, traduite par une valeur seuil du dosage dans le sang, a été fixée à 6,8 microgrammes par litre de sang. Un grand programme européen a évalué l'ensemble de l'imprégnation des populations européennes et a constaté que **15 % de la population européenne était au-dessus de cette valeur seuil**. Il a précisé que cela ne signifiait pas qu'il y ait immédiatement un danger dans la mesure où la valeur seuil est assez protectrice. Mais c'est une alerte.

**En ce qui concerne la présence de BPA dans nos organismes, pratiquement toute la population est au-dessus du seuil tolérable depuis l'abaissement drastique de la valeur seuil en 2023.**

---

<sup>1</sup> Birgit Geueke et al., « Evidence for widespread human exposure to food contact chemicals », Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2024.

<sup>2</sup> Parkinson et al., « Potential mammary carcinogens used in food contact articles: Implications for policy, enforcement, and prevention », Frontiers in Toxicology, 2024.

➤ **Les plastiques sont également des vecteurs de substances chimiques**

Plusieurs intervenants ont souligné le rôle des plastiques comme **vecteurs de substances chimiques** : les plastiques hydrophobes vont adsorber les polluants chimiques également hydrophobes présents dans l'environnement et vont leur permettre non seulement de se disperser mais également de passer des barrières qu'ils ne pourraient normalement pas franchir.

Selon Christos Symeonides, **cet effet « cheval de Troie » est renforcé par la persistance des plastiques dans l'environnement ainsi que par leur lente dégradation en micro et nanoplastiques qui favorisent l'accumulation des substances chimiques dans l'environnement physique et dans les organismes.**

Sonja Boland a cité l'exemple des interactions observées en laboratoire entre des particules plastiques et le benzopyrène, un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP) très toxique et un polluant majeur de l'air. L'exposition de cellules à des particules de plastique contaminées par le benzopyrène se traduit par une pénétration du benzopyrène dans les cellules. En outre, on observe une réponse pro-inflammatoire de la part des cellules exposées à des particules recouvertes de ce polluant, alors que le benzopyrène seul et les plastiques seuls n'induisent pas cet effet. Il semblerait donc qu'il y ait un effet très spécifique des particules de benzopyrène en combinaison avec des plastiques dont il reste encore à analyser les mécanismes.

***B. LES COÛTS SANITAIRES DES SUBSTANCES CHIMIQUES DANS LES PLASTIQUES SONT EXORBITANTS POUR LA SOCIÉTÉ***

➤ **Les résultats des premières études sur les coûts sanitaires liés à l'usage des plastiques sont particulièrement inquiétants**

Christos Symeonides a présenté une étude de 2024<sup>1</sup> sur les plastiques et la santé humaine. **Cette étude a quantifié les effets sur la santé de trois substances chimiques clés associées aux plastiques, à savoir les PBDE, le BPA et le DEHP, puis les a traduits en coûts économiques.**

Les résultats concernent uniquement les États-Unis car à l'époque, c'était le seul pays pour lequel il existait des données de biosurveillance de l'exposition de la population aux substances chimiques liées aux plastiques. Seuls un ou deux effets sur la santé par substance chimique ont été retenus.

---

<sup>1</sup> Christos Symeonides et al., « An Umbrella Review of Meta-Analyses evaluating Associations between Human Health and Exposure to major Classes of Plastic-associated Chemicals », *Annals of Global Health*, 2024; 90 (1).

**Pour les coûts liés à l'exposition aux PBDE**, l'étude prend en compte les coûts économiques résultant d'une baisse des performances cognitives, du quotient intellectuel et du capital humain à la suite d'une exposition aux PBDE dans l'utérus. **Ils sont évalués à 202 milliards de dollars pour 2010.**

**Pour les coûts liés à l'exposition au BPA**, l'étude se concentre sur le coût de l'augmentation des maladies cardiaques, évalué à **166 milliards de dollars**, ainsi que le coût des accidents vasculaires cérébraux, estimé à **62,4 milliards de dollars** résultant d'une perte de la productivité.

**Pour les coûts liés à l'exposition au DEHP**, l'étude tient compte de l'augmentation de la mortalité à l'âge adulte entre 55 et 64 ans sur la base de la valeur de la vie statistique<sup>1</sup>. Elle conclut à plus de 40 000 décès annuels supplémentaires qui peuvent être attribués à la seule exposition au DEHP de la population américaine, ce qui correspond à **un coût de 245 milliards de dollars**.

**Au total, les coûts s'élèveraient à 675 milliards de dollars par an pour ces trois substances chimiques et pour les États-Unis seulement.**

Selon Christos Symeonides, au-delà du caractère inacceptable de ces 40 000 décès, la quantification des externalités négatives du plastique remet en cause l'idée répandue selon laquelle le plastique ne coûte pas cher. Martin Wagner a relevé que c'est bien la population qui subit les effets et les coûts liés à ces substances chimiques et non leurs producteurs.

➤ **Les coûts indirects, liés à la production de plastiques, sont également très élevés**

Plusieurs intervenants ont insisté sur le fait que les produits chimiques ont des conséquences en termes de pollution et de santé humaine tout au long du cycle de vie des plastiques.

Selon Megan Deeney, **la production primaire de plastiques est ainsi responsable de quatre fois plus d'émissions de gaz à effet de serre que le secteur de l'aviation**. 75 % de ces émissions auraient lieu pendant les phases d'extraction des matières premières puis jusqu'à la production des monomères et des autres produits chimiques.

Elle a ajouté que les travailleurs sont particulièrement exposés aux pollutions induites par les plastiques et que des niveaux élevés de produits toxiques sont observés dans l'air, les sols et les aquifères autour des sites de production. Le benzène, par exemple, est associé à un risque accru de cancer au sein des populations locales, comme dans la « vallée du cancer » de Louisiane aux États-Unis.

---

<sup>1</sup> Le concept de « valeur de la vie statistique » est utilisé par les économistes lorsqu'ils désirent déterminer la somme d'argent que la société est disposée à déboursier pour sauver un citoyen, ou réduire l'exposition au risque de chacun de ses membres.

À l’instar de Megan Deeney, Christos Symeonides a cité les coûts sanitaires liés à l’exposition aux particules et aux gaz des travailleurs et des populations vivant près des sites de production. Il a rappelé que l’élimination des déchets par incinération provoque également l’émission de particules fines très dommageables pour la santé. Il a reconnu que les évaluations chiffrées<sup>1</sup> des coûts liés à la production de plastiques, qui pourraient s’élever à plusieurs centaines de milliards de dollars, devraient être encore affinées et confirmées. Il a néanmoins estimé qu’elles permettraient de faire prendre conscience des coûts en matière de santé et de dépenses publiques engendrés par l’industrie du plastique.

#### IV. LES NEUF RECOMMANDATIONS DE L’OFFICE

##### *A. LES RECOMMANDATIONS DE L’OFFICE S’APPUIENT SUR LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES MISES EN AVANT PAR LA « COALITION DES SCIENTIFIQUES POUR UN TRAITÉ EFFICACE SUR LES PLASTIQUES »*

Marie-France Dignac a expliqué que **les plastiques tout au long de leur vie sont au centre de trois crises qui secouent aujourd’hui notre planète : la pollution des milieux (tout au long du cycle de vie des plastiques), le changement climatique, la perte de biodiversité.** Ces trois crises sont interconnectées et c’est pour les traiter dans leur globalité que l’Assemblée des Nations Unies pour l’environnement a adopté en mars 2022 la résolution 5/14 visant à négocier un traité mondial pour mettre fin à la pollution plastique.

Selon Marie-France Dignac, ce traité ne sera efficace que s’il s’appuie sur les connaissances scientifiques indépendantes disponibles aujourd’hui. C’est la raison pour laquelle une « Coalition des scientifiques pour un traité efficace sur les plastiques » s’est **constituée en novembre 2022.** Elle compte aujourd’hui plus de **400 membres de 64 nationalités différentes** auxquels s’applique une politique très stricte en matière de conflits d’intérêts, notamment vis-à-vis des industries chimiques et pétrolières.

Plusieurs intervenants, également membres de cette coalition, ont présenté les principales recommandations de la coalition des scientifiques. L’Office en a retenu neuf qu’il compte mettre en avant auprès des négociateurs du traité.

---

<sup>1</sup> Philip J Landrigan et al., « The Minderoo-Monaco Commission on Plastics and Human Health », *Annals of Global Health*, 2023, March 21. Erratum in *Annals of Global Health*, 2023 October 11.

## **B. LES NEUF RECOMMANDATIONS DE L'OFFICE**

### **1°. Conclure un traité ambitieux et juridiquement contraignant**

À l'instar des conclusions du dernier rapport de l'OCDE cité par Fabienne Lagarde et Marie-France Dignac, seul un traité ambitieux, qui ne se limite pas à améliorer la gestion des déchets mais impose des mesures sur l'ensemble du cycle de vie des plastiques aux pays du monde entier, permettra de réduire significativement la pollution plastique.

### **2°. Prévoir une diminution significative de la production et de la demande de plastiques vierges**

Tout au long de l'audition publique, les intervenants ont insisté sur les **corrélations entre l'augmentation de la production de plastiques vierges, l'augmentation des déchets et l'accumulation des micro et nanoplastiques dans les organismes vivants, en particulier le corps humain**. Par conséquent, seules des politiques contraignantes limitant la production et la demande de plastiques vierges permettront de lutter efficacement contre la pollution plastique.

### **3°. Renforcer les capacités des gouvernements et des scientifiques**

Il manque des expertises institutionnelles et des capacités techniques aussi bien publiques que privées pour analyser les substances chimiques et les polymères, ce qui amoindrit la capacité des autorités à réglementer efficacement les substances chimiques préoccupantes. Il convient donc de favoriser les échanges de connaissances au niveau mondial, d'assurer l'égalité d'accès aux capacités techniques à tous les États et aux acteurs privés ainsi que de renforcer les ressources institutionnelles afin d'assurer une gestion plus efficace des produits chimiques.

La **promotion d'une expertise et d'une science indépendantes**, notamment à travers des financements pérennes, est également indispensable. Le mode de financement par projet sur quelques années handicape le financement de la recherche sur le long terme, par exemple pour la mise en place et le suivi de cohortes. Il peut entraîner une perte des compétences et de connaissances lorsque le projet se termine et réduit l'efficacité de la recherche publique.

### **4°. Imposer aux industriels une plus grande transparence sur les substances chimiques en s'appuyant sur le principe « pas de données, pas de marché »**

**Pour deux tiers des substances chimiques, il n'existe aucune information sur leur dangerosité potentielle et pour 60 % d'entre elles, il n'y a pas d'information sur leur utilisation ou leur présence dans les matériaux et produits plastiques**. Beaucoup de substances inconnues se retrouvent dans les plastiques, notamment les substances ajoutées non intentionnellement.

Des informations essentielles existent peut-être, notamment auprès des industriels, mais elles ne sont pas disponibles pour le grand public et les autorités.

Faute de transparence sur la composition des plastiques et la présence de substances chimiques, les consommateurs ne peuvent disposer des informations nécessaires sur le contenu en substances chimiques des plastiques qu'ils utilisent. Ainsi, une grande partie de la population ignore la présence de bisphénol A dans les boîtes de conserve ou les canettes.

L'absence de transparence sur la composition chimique des plastiques rend le recyclage difficile et possiblement dangereux. Ainsi, des produits nocifs sont retrouvés dans les jouets fabriqués à partir des plastiques recyclés et dans les emballages alimentaires recyclés.

Pour imposer une plus grande transparence sur la composition des matériaux et des produits plastiques, **les États doivent privilégier une approche commune à travers l'édiction de normes claires sur le type d'informations à récupérer auprès des parties prenantes tout au long de la chaîne de valeur.** Une approche « pas de données, pas de marché » doit faciliter la diffusion d'informations essentielles pour le public.

#### **5°. Réduire le nombre de substances chimiques utilisées dans les formulations de polymères**

Pour être opérationnelle, une plus grande transparence sur les substances chimiques implique d'imposer une réduction du nombre des formulations et la simplification des produits chimiques entrant dans leur composition. Une telle mesure facilitera également le contrôle par les administrations du respect de la réglementation sur les substances chimiques en limitant le nombre d'analyses à réaliser.

#### **6°. Améliorer l'efficacité de la réglementation des substances chimiques à travers une approche par groupes de substances chimiques et basée sur leur dangerosité**

L'analyse des 16 000 substances chimiques utilisées pour la fabrication des matériaux et des produits plastiques est particulièrement coûteuse et chronophage et exige de disposer de données précises à la fois sur la dangerosité de chaque plastique et de chaque substance chimique qui y est liée, mais également sur l'exposition auxdits plastiques. En réalité, compte tenu de la multiplicité des substances, générer et évaluer ces données n'est pas envisageable.

De plus, les êtres humains étant exposés à de nombreuses substances chimiques liées aux plastiques, l'évaluation de l'exposition pour tous les scénarios afin de déterminer le risque couru introduirait une complexité insurmontable et risquerait de créer des incertitudes au niveau scientifique.

**C'est la raison pour laquelle l'Office propose une approche basée sur la dangerosité et non sur le risque afin d'identifier plus rapidement et efficacement les substances préoccupantes qui exigent la prise de mesures.**

**Il conviendrait d'établir des critères de dangerosité pour identifier les substances chimiques préoccupantes** en adoptant les quatre critères retenus pour l'élaboration de la base de données PlastChem, à savoir la persistance, la bioaccumulation, la mobilité et la toxicité.

**Les 10 000 produits chimiques pour lesquels il n'existe pas de données doivent être évalués et réglementés en priorité.**

Afin de faciliter la tâche des experts et des décideurs politiques, l'Office soutient une **approche par groupes de substances chimiques** en partant du principe que les produits chimiques ayant des structures chimiques similaires causent des effets identiques. **15 groupes prioritaires de substances chimiques ont ainsi été identifiés** comprenant les bisphénols, les phtalates, les PFAS, etc.

#### **7°. Développer des analyses de cycle de vie plus complètes pour mieux évaluer les externalités négatives liées à la production et à l'usage des plastiques**

Les matières plastiques sont aujourd'hui omniprésentes non seulement parce qu'elles offrent une polyvalence et une flexibilité difficiles à égaler, mais également parce qu'elles constituent une matière première très bon marché.

Néanmoins, le prix du plastique ne tient pas compte du coût lié à l'impact de sa production et de son usage sur l'environnement et sur la santé humaine, qui est externalisé vers la population et les pouvoirs publics. L'Office encourage le **développement d'analyses de cycle de vie plus complètes permettant de tenir compte des externalités négatives liées à la production et à l'usage des plastiques pour définir leur prix réel.**

#### **8°. Définir des critères pour faciliter l'élimination des plastiques non essentiels**

Le traité doit définir d'une part, un certain nombre de critères pour aider à l'élimination des plastiques non essentiels, d'autre part, un principe d'utilisation essentielle pour autoriser pendant une durée limitée des plastiques qui peuvent être jugés dangereux, non soutenables ou non durables, mais à l'heure actuelle essentiels pour la société ou la santé.

#### **9°. Limiter les pertes de plastiques dans l'environnement**

L'amélioration de la gestion des déchets dans tous les pays, notamment dans les pays en développement, ne pourra pas à elle seule mettre fin à la pollution plastique. D'une part, la proportion des déchets mal gérés ne pourra jamais être réduite à zéro, même dans les économies les plus avancées.

D'autre part, le relargage des plastiques dans l'environnement physique et vivant a lieu tout au long de leur cycle de vie et ne concerne pas uniquement leur fin de vie, comme l'illustrent les pertes de granulés industriels lors de leurs production, transport et utilisation.

**Néanmoins, l'amélioration de la gestion des déchets au niveau mondial est indispensable pour limiter les pertes de plastiques dans l'environnement.**

En 2019, 22 % des déchets plastiques (soit 79 millions de tonnes) étaient mal gérés, c'est-à-dire ni recyclés, ni mis en décharge, ni incinérés. Selon une étude de l'OCDE, si les pratiques actuelles en matière de gestion des déchets ne s'améliorent pas, la quantité de déchets plastiques mal gérés devrait atteindre près de 270 millions de tonnes à l'horizon 2060, les déchets augmentant davantage dans les pays ayant des systèmes de gestion des déchets moins développés. Cela met en évidence la **nécessité de partager les bonnes pratiques et les technologies existantes afin d'aider techniquement et financièrement les pays en développement à améliorer leurs systèmes de gestion des déchets pour pouvoir faire face à leur augmentation.**





## ***THE IMPACT OF PLASTICS ON HUMAN HEALTH*** **(synthèse en anglais)**

The harmful effects of plastic pollution on the environment have been scientifically demonstrated and are now well known to the general public. Less research has been carried out into the impact of plastics on human health, although in recent years a growing number of scientific studies have highlighted the health risks they pose to the general public.

From 25 November to 1 December 2024, the final round of negotiations on the future international treaty to eliminate plastic pollution will be held in South Korea. Measures to reduce the toxicity of plastics are one of the issues still under discussion.

To contribute to the current debates and future decisions, the Office, which has already invested a lot in the subject of plastics, organised a public hearing in the form of two round tables to take stock of scientific knowledge on the impact of plastics on human health and issue recommendations to the negotiators.

### **I. PLASTIC PRODUCTION HAS GROWN EXPONENTIALLY OVER THE LAST TWENTY YEARS, AND PLASTICS ARE NOW EVERYWHERE IN THE ENVIRONMENT**

#### ***A. AS PLASTICS PRODUCTION HAS INCREASED EXPONENTIALLY, SO TOO HAS THE AMOUNT OF WASTE***

##### **➤ Sharp growth in plastics production**

Plastics have only been on the market for a relatively short time, since the 1950s. Since then, **production has accelerated constantly: it has doubled over the last 20 years and is set to exceed 500 million tonnes by 2024**. If these 500 million tonnes were converted into plastic wrap, it would be enough to wrap the whole of France 50 times over!

According to OECD projections, plastics production is set to reach 750 million tonnes by 2040 and exceed one billion tonnes by 2050.

The packaging sector accounts for 32% of the plastics used (i.e. 139 million tonnes in 2020), making it the leading outlet for plastics production, and this share is set to remain stable over the next thirty years. **Plastic production is still largely influenced by single-use plastics.**

Textiles now account for 10% of plastic production (45.2 million tonnes in 2020), and their share is set to increase slightly by 2050 (11.2%).

➤ **Waste production is following the plastics production curve**

The **output of plastic waste is expected to rise from 360 million tonnes in 2020 to 617 million tonnes in 2040.**

Despite the rethoric about the circularity of the plastics life cycle, it remains linear, even in the most advanced countries in terms of waste collection, sorting and processing. In 2018, of the 3.6 million tonnes of plastic waste produced in France, only 0.6 million tonnes was actually recycled (i.e. 17%)!

**Worldwide, less than 10% of plastic waste is recycled** and, despite expected progress in waste collection, sorting and processing, on a business-as-usual basis, this rate is unlikely to exceed 14% in 2040, compared with 50% going into landfill and 17% for incineration.

In 2020, poorly managed plastic waste – i.e. waste that ends up in the environment – amounted to 81 million tonnes (22% of the total). By 2040, it is likely to account for 119 million tonnes (or 19%).

## ***B. PLASTICS ARE NOW EVERYWHERE IN THE ENVIRONMENT***

➤ **Plastic pollution is amplified by microplastics**

**Plastics are not inert.** When exposed to environmental elements such as ultraviolet rays, water and oxygen, their surface erodes and **they break down to form microplastics and nanoplastics.**

**Microplastics leak into the environment throughout the plastics life cycle:** when they are produced, through losses of industrial granules, when they are used, such as when plastic microbeads were used in cosmetics (a practice now banned in Europe), and this still occurs through tyre wear and the washing of synthetic fabrics, and when they reach the end of their life, through the breakdown of macroplastics present in the environment.

➤ **Plastics have invaded the whole of the environment**

They can be found 10,000 metres deep in the ocean, in the glaciers of the Himalayas, and even in the clouds, in the form of microplastics.

The presence of microplastics far from their source of emission is linked to the strong increase in mismanaged plastic waste, as well as their small size, light weight and persistence. The results of research into the tropospheric dispersion of microplastics show that **particles contained in sea spray pass through the air and are carried over long distances.**

Plastics have become an integral part of the environment. For example, a new rock formation, known as plasticomerate, has been discovered, with plastics forming one of its main components.

## II. DESPITE THE METHODOLOGICAL CHALLENGES IN DETECTING AND CHARACTERISING PLASTICS AND THE RISKS THEY POSE TO HUMAN HEALTH, THE WARNING SIGNS ARE MULTIPLYING

### A. ANALYSING PARTICULATE PLASTICS AND THE ASSOCIATED HEALTH RISKS IS FRAUGHT WITH METHODOLOGICAL DIFFICULTIES

#### ➤ **The methodological challenges involved in characterising and quantifying particulate plastics**

**These are related to the wide variety of compositions, sizes and shapes of plastics.**

Analyses of mineral water and tap water produce results that vary considerably from one study to another. However, work carried out by the French standardisation organization Afnor has produced a standard for characterising microplastics in water, setting an international benchmark that makes it easier to compare results.

**Detecting and quantifying particulate plastic in human samples is fraught with similar problems.** A study on the amount of microplastics ingested by humans caused a stir in 2019<sup>1</sup>, estimating it at 5 grams per week, the equivalent of a credit card. Since then, several studies have shown considerably lower amounts, without reaching a consensus. In 2022, a scientific study<sup>2</sup> estimated that it would take 23,000 years to ingest the equivalent of a credit card. Another study<sup>3</sup> estimated plastic ingestion at 4 micrograms per week, a million times less. A very recent study<sup>4</sup> conducted in 109 countries, both industrialised and developing, showed high exposure of 500 milligrams per day in South-East Asian countries, mainly as a result of seafood consumption.

Analytical methods and processes need to be improved to avoid contaminating the samples being analysed, for example by the widespread use of plastic objects in laboratories. The proliferation of formulations for plastic materials also exacerbates the challenges of analytical work.

---

<sup>1</sup> In 2019, the WWF warned of the quantity of plastic ingested by humans, estimated at 5 grams per week – the equivalent of a credit card. In 2021, these results were confirmed in a study by Kala Senathirajah et al. « Estimation of the mass of microplastics ingested. A pivotal first step toward human health risk assessment. », *Journal of hazardous Materials, volume 404, Part B, 15 February 2021.*

<sup>2</sup> Martin Pletz, « Ingested microplastics: Do humans eat one credit card per week? », *Journal of Hazardous Material Letters, Volume 3, November 2022.*

<sup>3</sup> Nur Hazimah Mohamed Nor et al., « Lifetime accumulation of microplastic in children and adults », *Environmental Science and Technology, 2021, 55, 8.*

<sup>4</sup> Xiang Zhao, Fengqi You, « Microplastic human dietary uptake from 1990 to 2018 grew across 109 major developing and industrialized countries but can be halved by plastic debris removal », *Environmental Science and Technology, 2024, 58, 20.*

Given the difficulties involved in understanding plastics, **the quantity of microplastics and, especially, nanoplastics in the environment is certainly underestimated.**

➤ **Nanoplastics detection remains in the early stages**

A literature review in 2023 highlighted the presence of nanoplastics in certain foods, such as tea<sup>1</sup> and rice<sup>2</sup>.

Similarly, a study<sup>3</sup> – yet to be confirmed – has concluded that plastic water bottles contain 250,000 particles per litre, 90% of which are nanoplastics.

However, these particles' small size and the diversity of the environments in which they are found pose a real methodological challenge in detecting and quantifying them. For example, there is currently no technique for detecting nanoparticles in the lungs. However, researchers are interested in nanoplastics because **they are likely to cross the intestinal barrier or the epithelium and enter the bloodstream to reach secondary organs.**

➤ **The limits to laboratory models**

Most studies are carried out on commercial particles, which are spherical and essentially made of polystyrene, which does not reflect what is actually found in the environment.

And yet plastic particles' toxicity depends on their physico-chemical characteristics and shape. Fibres of a certain length can disrupt phagocytosis, since macrophages are unable to ingest them fully when they are too long. This can cause persistent inflammation.

**The doses used in the laboratory are often very high, and the long-term effects have been relatively under-researched,** in particular because cohorts have not been established. Furthermore, studies are often carried out on healthy people, when they should be extended to those at risk. For example, patients suffering from chronic inflammatory bowel disease – Crohn's disease or ulcerative colitis – were found to have more microplastics in their faeces than healthy volunteers.

**Beyond these methodological limitations, the warning signs of the risks that particulate plastics pose to human health are multiplying.**

---

<sup>1</sup> Laura M. Hernandez, Elvis Genbo Xu, Hans C. E. Larsson, Rui Tahara, Vimal B. Maisuria, and Nathalie Tufenkji, « Plastic teabags release billions of microparticles and nanoparticles into tea », *Environmental Science & Technology*, 25 September 2019, Vol 53 (21), 12300-12310.

<sup>2</sup> Pinal S. Bhavsar, Mandeep B. Solanki, Yasuhito Shimada, Sumit B. Kamble, Shashikant P. Patole, Govind B Kolekar, Anil H. Gore, « Microplastic contamination in indian rice: A comprehensive characterization and health risk assessment », *Journal of Hazardous Materials*, Volume 480, 5 December 2024, 136208.

<sup>3</sup> Naixin Qian et al., « Rapid single-particle chemical of nanoplastics by SRS microscopy », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 16 January 2024.

## **B. THE WARNING SIGNS OF THE RISKS THAT PARTICULATE PLASTICS POSE TO HUMAN HEALTH ARE MULTIPLYING**

### ➤ **Microplastics are present - and accumulating - in all human organs**

**People are exposed to plastics in three ways: through food, breathing and the skin.** Exposure can be direct, through the use of everyday products, but also through inhalation. In the Paris region, 3 to 10 tonnes of airborne plastics are deposited every year, mostly fibres, and we inhale up to 30 million plastic particles a year. As many microplastics are inhaled as ingested.

Exposure can also be indirect: micro- and nanoplastics are present in all ecosystems and affect the animal and plant species we consume - salt, beer, fruit and vegetables, tea, eggs, meat, etc.

The organs that absorb them are numerous - the lungs, the colon, the skin. It has been shown that **plastics can be transported by the blood and by the nerves and reach distant organs** such as the testicles, placenta, kidneys and brain. One study<sup>1</sup> estimated the concentration of plastic in the brain at 5 milligrams per gram: this would mean that **0.5% of the brain's mass is made up of plastic.**

Microplastics also accumulate in the organs. The quantity of plastics in the lungs increases with age, which suggests that these particles can persist in the body without being eliminated.

**The accumulation of plastics in both the physical and living environments and their consequences for human health therefore raise legitimate concerns** under the One Health principle, which identifies the links between animal health, human health and the quality of the environment.

### ➤ **Worrying correlations between the presence of plastics and the alteration of certain organs and their functions, and even the appearance of pathologies**

- *Plastics have an impact on the digestive system*

Exposure to plastics appears to change the composition of the intestinal microbiota. Bacteria appear in both adults and children, such as pathobionts, which can contribute to dysbiosis of the intestinal microbiota. In addition, a reduction in butyrate, a highly beneficial short-chain fatty acid (SCFA), has been observed in children.

---

<sup>1</sup> Matthew Campen et al., « Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains assessed by pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry », Research Square (Preprint), May 2024.

Currently unpublished work on mice has shown that adding microplastics to their diet leads to a loss of beneficial bacteria and an increase in bacteria that are harmful to the intestinal microbiota when the rodents are fed a Western-style diet rich in fat and sugar.

**Abrasive phenomena linked to the transit of large microplastics cannot be ruled out**, particularly in areas not covered by mucus. This abrasion could lead to inflammation.

- *Inhaled plastics have an impact on health*

Depending on their size, plastic particles can penetrate deeply into the respiratory tract.

The largest particles, over 300 micrometres in diameter, cannot pass through the nasopharynx. Those between 2.5 and 10 micrometres can travel down into the bronchi. Only the finest inhalable particles, less than 2.5 micrometres in diameter, can enter the bronchi and reach the alveoli.

The respiratory system is equipped with elimination mechanisms such as mucociliary clearance and alveolar macrophages. **However, nanoparticles can bypass clearance mechanisms, cross the epithelium and enter the bloodstream to reach secondary organs.** Some nanoparticles can travel up nerves, such as the olfactory nerves, and reach the brain.

**The toxicity of inhaled plastic particles was demonstrated in the 1970s in workers in the flocking industry.** Some of them developed impaired lung function, breathlessness, inflammation, fibrosis and even lung cancer. The same symptoms have been observed in workers in the textile and PVC industries.

In addition to particulate plastics, additives, contaminants and monomers can also have an impact on health. In the polystyrene industry, for example, it is mainly the monomers (styrenes), which are known to be toxic and carcinogenic, that cause these diseases.

**An increase in stomach cancer could also be due to swallowing inhaled particles.**

Other studies have shown a **correlation between respiratory diseases and the presence of plastics in the lungs.** There are more particles and fibres present in tumours than in normal tissue.

There is also a **link between the presence of microplastics and impaired lung function.** There are more plastics in the bodies of people with allergic rhinitis. Blood parameters are also altered when plastics are detected in the lung.

- *The presence of microplastics in carotid artery plaque is correlated with an increased risk of myocardial infarction*

A recent study published in the New England Journal of Medicine<sup>1</sup> measured the quantity of microplastics removed from such plaque in over 300 patients who underwent surgery on their carotid artery. This study showed that **there was a 4.53 times greater risk of myocardial infarction, and potentially of stroke and even death, in people with the highest levels of micro and nanoplastics.**

### III. PLASTICS ARE ALSO DANGEROUS BECAUSE OF THE CHEMICALS THEY CONTAIN, WHICH IMPOSE EXORBITANT COSTS ON SOCIETY

#### A. PLASTICS ARE SOURCES AND VECTORS OF WORRYING CHEMICALS

##### ➤ **Plastics are sources of chemicals**

Plastics production involves many chemicals at different stages in the manufacturing process. They can be **categorised into four groups**: starting substances, i.e. monomers and catalysts; **additives** added to these products to make them functional (plasticisers, anti-oxidants, flame retardants, colourants, etc.); **manufacturing aids** used to facilitate the production of plastic materials and products; **non-intentionally added substances (NIAS)**, which are either impurities from other chemicals, byproducts formed during the manufacture of plastics, or byproducts of degradation that appear during their use or at the end of their life.

- *A very large number of chemicals, a quarter of which are dangerous*

**More than 16,000 chemicals are listed** in the PlastChem database<sup>2</sup>.

**Four criteria have been adopted to determine chemicals' hazard:** their **persistence**, in order to identify chemicals that do not break down easily in the environment; their capacity for **bioaccumulation**, referring to chemicals that accumulate in the human body or in other organisms; their **mobility**, which targets chemicals that spread easily in the environment and in drinking water; and their **toxicity**, to assess their danger to human health.

---

<sup>1</sup> Raffaele Marfella, « Microplastics and nanoplastics in atheromas and cardiovascular events », The New England Journal of Medicine, 6 March 2024, Vol 390 N° 10.

<sup>2</sup> Martin Wagner et al., State of the science on plastic chemicals - identifying and addressing chemicals and polymers of concern, 2024.



**More than 4,000 of the 16,000 chemicals listed, i.e. a quarter of them, can be classified as hazardous.** Their toxicity to the environment, particularly the aquatic environment, as well as to human health, has been well documented scientifically. Numerous studies have shown that these chemicals are toxic to certain organs, such as the liver, and that they are carcinogenic, mutagenic or reprotoxic. Some chemicals are endocrine disruptors.

A general scientific review<sup>1</sup> has looked at the impact on health of three chemicals used almost exclusively in plastics: polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), used as flame retardants in fabrics and electronic products and classified as persistent organic pollutants by the Stockholm Convention; bisphenol A (BPA), a monomer used in the manufacture of polycarbonate as well as in the composition of epoxy resins used to coat food tins and cans; and phthalates, especially DEHP - bis(2-ethylhexyl) phthalate used to make plastics more flexible.

This general review was based on data from nearly 1,000 meta-analyses from 52 systematic reviews, representing the equivalent of 1.5 million data points.

It found solid epidemiological evidence **linking foetal exposure to PBDEs during pregnancy to low birth weight, delayed or impaired cognitive development in children** and loss of intelligence quotient (IQ). Statistically significant evidence of endocrine disruption linked to the functioning of the thyroid hormone system in adults has also been found.

As for BPA, the general review establishes **connections with genital malformations in newborn girls exposed to BPA in the uterus, type 2 diabetes** in adults and insulin resistance, as well as **polycystic ovarian syndrome** in women. Exposure to BPA also increases the risk of obesity and hypertension in both children and adults, as well as the risk of cardiovascular disease in adults.

Finally, the general review establishes **links between exposure to DEHP and miscarriages, genital malformations in newborn boys, delayed or impaired cognitive development in children**, loss of IQ, delayed psychomotor development, **early puberty in young girls and endometriosis in young women**. Exposure to DEHP also has **multiple effects on cardiometabolic health**, including insulin resistance, obesity and increased blood pressure.

---

<sup>1</sup> Christos Symeonides et al., « An umbrella review of meta-analyses evaluating associations between human health and exposure to major class of plastic-associated chemicals », *Annals of Global Health*, 2024, Volume 90.

- *Shortcomings in the assessment of chemicals lead to their danger being underestimated*

**Only 161 plastic chemicals have been deemed non-hazardous** by national regulations, **but these assessments lack scientific rigour** insofar as they are based either on incomplete information or on only a portion of the hazard criteria.

There is no data on the danger posed by 10,000 chemicals used or present in plastics.

Internationally, only 6% of chemicals are regulated under the Basel Convention, the Stockholm Convention and the Montreal Protocol.

Additionally, while chemicals' toxicity is beginning to be well documented, information on their persistence, bioaccumulation or mobility is more difficult to find, as these criteria are not always included in government assessments.

Finally, **the determination of the thresholds below which the migration of chemicals or their absorption remains tolerable depends on scientific data that is subject to significant change**. For example, until 2023 the threshold value considered tolerable for bisphenol A in the blood was 233 micrograms per litre, defined according to a target corresponding to renal toxicity. Then a new test appeared, based on the quantity of certain immune cells in the spleen. As a result, the European Food Safety Authority (EFSA) revised its tolerable daily intake for bisphenol A to 0.011 micrograms per litre, which is 20,000 times less than before.

- *The population is widely contaminated by plastic chemicals*

Chemicals enter the environment and contaminate it throughout the plastics life cycle. This pollution in turn affects humans, particularly through food, water and air.

A recent study<sup>1</sup> showed that **25% of the 14,000 chemicals contained in plastic materials in contact with food have been found in the human body**. Another publication<sup>2</sup> bringing together the results of studies published between 2020 and 2022 concludes that 61 substances contained in plastic materials in contact with food are potentially carcinogenic to the mammary gland.

---

<sup>1</sup> Birgit Geueke et al., « Evidence for widespread human exposure to food contact chemicals », Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2024.

<sup>2</sup> Parkinson et al., « Potential mammary carcinogens used in food contact articles: Implications for policy, enforcement, and prevention », Frontiers in Toxicology, 2024.

**For the four most common perfluorinated compounds**, which are widely acknowledged to be toxic, the tolerable threshold value for absorption, translated into a threshold value for the blood, has been set at 6.8 micrograms per litre. A major European programme assessed the overall level of contamination in European populations and found that **15% of the European population exceeded this threshold value**. This does not mean that there is an immediate danger, as the threshold value is quite protective, but it does serve as a warning.

**As far as the presence of BPA in our bodies is concerned, practically the entire population is above the tolerable threshold since the threshold value was drastically lowered in 2023.**

➤ **Plastics are also vectors for chemicals**

Hydrophobic plastics will adsorb hydrophobic chemical pollutants present in the environment, not only allowing them to disperse but to pass through barriers that they would not normally be able to cross.

**This ‘Trojan horse’ effect is exacerbated by plastics’ persistence in the environment and their slow decomposition into micro and nanoplastics, which encourages the accumulation of chemicals in the physical environment and in organisms.**

Examples include the interactions observed in the laboratory between plastic particles and benzopyrene, a highly toxic polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) and a major air pollutant. Exposure of cells to benzopyrene-contaminated plastic particles allows benzopyrene to penetrate into the cells. In addition, a pro-inflammatory response was observed in cells exposed to particles coated with this pollutant, whereas benzopyrene alone and plastics alone did not induce this effect.

It therefore seems that there is a very specific effect of benzopyrene particles in combination with plastics, the mechanisms of which have yet to be analysed.

**B. THE EXORBITANT COSTS TO SOCIETY'S HEALTH OF CHEMICALS IN PLASTICS**

➤ **The results of the first studies into the health costs associated with the use of plastics are particularly worrying**

A 2024 study<sup>1</sup> quantified the health effects of three key chemicals associated with plastics – PBDEs, BPA and DEHP – and translated them into economic costs.

---

<sup>1</sup> Christos Symeonides et al., « An umbrella review of meta-analyses evaluating associations between human health and exposure to major classes of plastic-associated chemicals », *Annals of Global Health*, 2024; 90 (1).

The results pertain only to the United States, which at the time was the only country for which biomonitoring data existed on the population's exposure to plastic chemicals. Only one or two health effects per chemical were selected.

**For costs related to exposure to PBDEs**, the study considers the economic costs resulting from a decline in cognitive performance, intelligence quotient and human capital following exposure to PBDEs in the uterus. **They are estimated at \$202 billion for 2010.**

**For the costs associated with exposure to BPA**, the study focuses on the cost of increased heart disease, estimated at **\$166 billion**, and the cost of strokes, estimated at **\$62.4 billion** because of lost productivity.

**For the costs associated with exposure to DEHP**, the study considers the increased mortality in adulthood between the ages of 55 and 64, based on the value of statistical life. It concluded that more than 40,000 additional deaths a year could be attributed to DEHP exposure in the US population alone, at a **cost of \$245 billion.**

**In total, the costs would amount to \$675 billion a year for these three chemicals and for the United States alone.**

Beyond the fact that these 40,000 deaths are unacceptable, quantifying the negative externalities of plastic challenges the widespread idea that plastic is cheap. It is the public who bears the effects and costs of these chemicals, not their producers.

➤ **Indirect costs linked to the production of plastics are also very high**

Chemicals have consequences in terms of pollution and human health throughout the plastics life cycle.

**The primary production of plastics is responsible for four times more greenhouse gas emissions than the aviation sector.**

Seventy-five percent of these emissions are thought to occur during the extraction of raw materials and the production of monomers and other chemicals.

The workers are particularly exposed to pollution caused by plastics, and high levels of toxic products are found in the air, soil and aquifers around production sites. Benzene, for example, is associated with an increased risk of cancer in local populations, as in Louisiana's 'cancer valley' in the United States.

The Minderoo-Monaco Commission<sup>1</sup> also quantified plastics' impact on pollution and human health, estimating it at several hundred billion dollars a year. These figures still need to be refined and confirmed, but they do raise awareness of the health and public spending costs generated by the plastics industry.

---

<sup>1</sup> Philip J Landrigan et al., « The Minderoo-Monaco Commission on plastics and human health », *Annals of Global Health*, 2023, March 21. Erratum in *Annals of Global Health*, 2023 October 11.

#### IV. THE OPECST NINE RECOMMENDATIONS

In March 2022, the United Nations Environment Assembly adopted Resolution 5/14 aimed at negotiating a global treaty to put an end to plastic pollution.

In November 2022, a 'coalition of scientists for an effective treaty on plastics' was formed. With 400 members from 64 different countries, it has made several recommendations based on proven scientific knowledge.

In turn, the Office sets out nine recommendations to the treaty negotiators.

##### **1°. Conclude an ambitious and legally binding treaty**

Only an ambitious treaty that improves waste management while imposing measures covering the entire plastics life cycle on countries around the world will bring about a significant reduction in plastic pollution.

##### **2°. Plan for a significant reduction in the production of and demand for new virgin plastics**

**There is a direct link between an increase in the production of virgin plastics, an increase in waste and the accumulation of micro and nanoplastics in living organisms, including the human body.** Consequently, only binding policies limiting the production of and demand for virgin plastics will help to combat plastic pollution effectively.

##### **3°. Boost the capabilities of governments and scientists**

The lack of institutional expertise and technical capacity, both public and private, to analyse chemicals and polymers, undermines authorities' ability to effectively regulate chemicals of concern. We must therefore promote the exchange of knowledge at a global level, ensure equal access to technical capabilities for all governments and private players, and strengthen institutional resources to ensure a more effective management of chemicals.

It is also essential to **promote independent expertise and science**, particularly through long-term funding. Project-based funding that only covers a few years prevents long-term research funding, for example for setting up and monitoring cohorts. This can lead to a loss of skills and knowledge when the project ends and reduces the effectiveness of public research.

**4°. Require greater transparency from manufacturers on plastic chemicals, based on the principle of 'no data, no market'**

For two thirds of chemicals, there is no information on their potential dangers, and for 60% of them, there is no information on their use or presence in plastic materials and products. Many unknown substances are found in plastics, including substances added unintentionally. Essential information may exist, particularly from manufacturers, but it is not available to the general public or the authorities.

Without transparency on the composition of plastics and the presence of chemicals, consumers cannot obtain necessary information on the chemical content of the plastics they use. Most of the population is unaware of the presence of bisphenol A in cans.

The lack of transparency about the chemical composition of plastics makes recycling difficult and potentially dangerous. Harmful products are found in toys made from recycled plastics and in recycled food packaging.

To impose greater transparency on the composition of plastic materials, **governments must adopt a common approach that sets clear standards for the type of information to be collected from stakeholders throughout the value chain.** A 'no data, no market' approach would help to disseminate essential information to the public.

**5°. Reduce the number of chemicals used in polymer formulations**

To be operational, greater transparency on chemicals means imposing a reduction in the number of formulations and simplifying the chemicals used in their composition. Such a measure will also make it easier for administrations to check compliance with regulations on chemicals by limiting the number of analyses required.

**6°. Improve the effectiveness of the regulation of chemicals using an hazard-and-group based approach**

Current regulations are based on an assessment of the risks associated with micro and nanoplastics. Analysing the 16,000 plastic chemicals is particularly costly and time-consuming, and requires precise data both on the hazard of each plastic chemical and on exposure to these plastics. In fact, given the large number of chemicals involved, generating and assessing such data is not feasible.

Furthermore, since humans are exposed to many plastic chemicals, assessing exposure for all scenarios to determine the risk involved would introduce insurmountable complexity and risk creating scientific uncertainty.

**This is why the Office is proposing an approach based on hazard rather than risk to identify substances of concern that require action more quickly and effectively.**

**Hazard criteria should be set to identify chemicals of concern,** adopting the four criteria used for the PlastChem database: persistence, bioaccumulation, mobility and toxicity.

**The 10,000 chemicals for which there is no data must be assessed and regulated as a priority.**

To make it easier for experts and political decision-makers, the Office is proposing a group-based **approach**, on the principle that chemicals with similar chemical structures cause identical effects. **Fifteen priority groups of plastic chemicals have been identified**, including bisphenols, phthalates, and PFAS.

**7°. Develop more comprehensive life cycle analyses to better assess the negative externalities associated with the production and use of plastics**

Plastics are ubiquitous today, not only because they offer versatility and flexibility that are hard to match, but also because they are a very cheap raw material.

However, the price of plastic does not account for the impact of its production and use on the environment and human health, which is passed on to the general public and public authorities. The Office encourages developing more comprehensive life cycle analyses that account for the negative externalities linked to the production and use of plastics to determine their real price.

**8°. Set criteria to help eliminate non-essential plastics**

The treaty must set out, on the one hand, several criteria to help eliminate non-essential plastics, and on the other, a principle of essential use to authorise, for a limited period, plastics that may be deemed dangerous, non-durable or unsustainable, but which are currently essential for society or health.

**9°. Limit losses in the environment**

Improving waste management in all countries, particularly developing countries, will not by itself put an end to plastics pollution. On the one hand, poorly managed waste can never be reduced to zero, even in the most advanced economies. On the other hand, plastics are released into the physical and living environment throughout their life cycle, and not just at the end of their life, as illustrated by the losses of industrial granules during production, transport and use.

**Improving waste management worldwide is nevertheless essential to limit the losses of plastics to the environment.**

In 2019, 22% of plastic waste (79 million tonnes) was poorly managed, i.e. not recycled, landfilled or incinerated. According to an OECD study, if current waste management practices do not improve, poorly managed plastic waste is expected to reach almost 270 million tonnes by 2060, with waste increasing most in countries with less developed waste management systems. This highlights the **need to share best practice and existing technologies to provide technical and financial assistance to developing countries to improve their waste management systems to cope with the increase in waste.**

**The OPECST Nine Recommendations**

- ⊗ Conclude an ambitious and legally binding treaty
- ⊗ Plan for a significant reduction in the production of and demand for new 'virgin' plastics
- ⊗ Boost the capabilities of governments and scientists
- ⊗ Require greater transparency from manufacturers on plastic chemicals, based on the principle of 'no data, no market'
- ⊗ Reduce the number of chemicals used in polymer formulations
- ⊗ Improve the effectiveness of the regulation of plastic chemicals using an hazard-and-group based approach
- ⊗ Develop more comprehensive life cycle analyses to better assess the negative externalities associated with the production and use of plastics
- ⊗ Set criteria to help eliminate non-essential plastics
- ⊗ Limit losses in the environment





## TRAVAUX DE L'OFFICE

### I. COMPTE RENDU DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office.** – Bienvenue à tous. La réunion de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) de ce matin est consacrée à une audition publique sur les impacts des plastiques sur la santé humaine. C'est la première réunion de travail de l'Office depuis sa reconstitution à l'issue des élections législatives organisées à la suite de la dissolution de l'Assemblée nationale en juin dernier.

Grâce à l'implication constante de notre ancienne collègue sénatrice Angèle Prévile et de notre collègue député Philippe Bolo, l'Office a réalisé plusieurs travaux sur les plastiques. En décembre 2020, un rapport très complet sur la pollution plastique *Pollution plastique : une bombe à retardement ?* a été rendu public. Selon plusieurs scientifiques, ce rapport reste une référence sur cette question complexe. En juin 2023, l'Office a également publié une note scientifique sur le recyclage des plastiques.

Par ailleurs, depuis le lancement, en novembre 2022, des négociations sur le futur traité international visant à mettre fin à la pollution plastique, l'Office s'est attaché à expliquer les enjeux de ce traité et à faire des recommandations. C'est dans ce cadre que l'Office avait organisé, en mai 2023, une audition publique sur les enjeux scientifiques du futur traité international.

Du 25 novembre au 1<sup>er</sup> décembre 2024 se tiendra en Corée du Sud le dernier cycle de négociations sur le futur traité international visant à supprimer la pollution plastique. Les parties restent très divisées et les informations obtenues par l'Office prêtent peu à l'optimisme quant aux ambitions du traité. Pourtant, comme le rappelle le document publié ce mois-ci par l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économique), le *statu quo* est intenable car si rien n'est fait, les flux de plastiques et leurs impacts environnementaux continueront de croître rapidement. Nous avons tous en tête les images d'océans saturés par la pollution plastique.

Afin de convaincre les négociateurs, notamment le gouvernement français, de défendre des objectifs ambitieux de réduction de la production de plastiques et de baisse de leur toxicité, l'Office a souhaité organiser une audition consacrée aux impacts des plastiques sur la santé humaine.

En effet, si les effets néfastes de la pollution plastique sur l'environnement sont démontrés scientifiquement et désormais bien connus du grand public, les impacts des plastiques sur la santé humaine ont fait l'objet de moins de recherches, même si depuis quelques années, un nombre croissant d'études scientifiques met en lumière les risques sanitaires qu'ils font courir à la population.

Les deux tables rondes de cette matinée ont pour objectif de faire un point approfondi sur les risques que font courir les plastiques sur la santé humaine et de mesurer les coûts de cette pollution pour les finances publiques et les systèmes de santé.

L'audition est diffusée en direct sur le site du Sénat et pourra être revue sur les pages de l'Office des sites de l'Assemblée nationale et du Sénat.

Je laisse maintenant la parole à Philippe Bolo, que je remercie pour son engagement constant sur le sujet.

**M. Philippe Bolo, député.** – Merci à l'Office d'avoir accepté d'organiser cette audition publique. Il ne s'agit pas de dire que les plastiques sont inutiles, les plastiques sont utiles, y compris dans le domaine de la santé. Aussi paradoxal que cela puisse paraître, ils sont utilisés pour soigner. Mais ils sont aussi à l'origine de problèmes de santé publique.

Comme vous l'avez indiqué, monsieur le président, cette audition s'inscrit dans le cadre des négociations du traité international visant à mettre fin à la pollution plastique dont le cinquième et dernier cycle de négociation se tiendra à la fin de l'année. Ces négociations prennent en compte la pollution durant tout le cycle de vie du plastique et dans tous les milieux.

Avant de laisser la parole à nos intervenants, permettez-moi de rendre hommage au chercheur Juan Baztan, qui nous a quittés trop tôt et qui a activement contribué aux travaux menés par l'Office sur la pollution plastique.

**Mme Fabienne Lagarde, enseignante-chercheuse à Le Mans Université.** – Je souhaite d'abord remercier M. le député Philippe Bolo pour son engagement sur le sujet de la pollution plastique et M. le président de l'Office pour l'organisation de cette audition publique.

Un plastique est un composé chimique constitué de toutes petites molécules accrochées les unes aux autres, les monomères – le procédé chimique permettant d'attacher solidement les monomères entre eux a été découvert il y a une centaine d'années. L'assemblage de ces molécules forme les polymères qui constituent les plastiques. En fonction du monomère utilisé, on obtiendra un polymère particulier. Ainsi, à partir de l'éthylène qui ne contient que du carbone et de l'hydrogène, on va fabriquer du polyéthylène. D'autres atomes sont parfois ajoutés en petites quantités, comme l'oxygène dans le PET (polyéthylène téréphtalate) de nos bouteilles en plastique, ou le chlore dans le PVC (polychlorure de vinyle) que l'on trouve dans toutes les conduites et canalisations d'eau.

La grande variété de polymères existants doit nous conduire à parler non pas du plastique, mais des plastiques. Les polymères, qui sont essentiellement constitués de carbone, ne seraient pas utilisables seuls.

Pour faire du plastique, il faut y ajouter des charges et une grande variété de substances chimiques. Aujourd'hui, plus de 16 000 molécules entrent dans la composition des plastiques - additifs, anti-oxydants, anti-feu, colorants, etc. Si la plupart sont ajoutées intentionnellement, ce n'est pas le cas de toutes. Les formules varient selon les usages.

On estime aujourd'hui qu'il y a environ 4 000 plastiques différents sur le marché, même s'il est difficile d'avoir leur nombre exact. Le plastique est désormais massivement utilisé. Depuis sa mise sur le marché dans les années 1950, sa production n'a fait qu'augmenter de manière vertigineuse, elle a notamment plus que doublé au cours des vingt dernières années. En 2024, nous aurons probablement dépassé les 500 millions de tonnes produites dans le monde, et l'on s'attend à un doublement de la production dans les années à venir. Pour vous donner un ordre d'idée, avec 500 millions de tonnes de film alimentaire, on pourrait emballer 50 fois la France. Selon l'OCDE, la production de plastique, qui s'établissait autour de 430 millions de tonnes en 2020, devrait s'élever à 750 millions de tonnes en 2040 et devrait doubler avant 2050. Le secteur le plus consommateur est celui de l'emballage, qui utilise à lui seul plus de 30 % des plastiques produits.

Qui dit utilisation massive de plastiques dit production de déchets. Moins de 10 % des déchets plastiques sont recyclés dans le monde, l'immense majorité des déchets à l'heure actuelle est stockée en décharge ou répandue dans l'environnement, contaminant les environnements terrestres et aquatiques. Si l'on se concentre sur la France, voici un schéma de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) qui présente la production de plastiques, les déchets plastiques et le recyclage comme quelque chose de parfaitement circulaire, avec l'idée que tout ce qu'on consomme est recyclé. En réalité, il n'y a pas du tout de circularité : la boucle du recyclage est toute petite par rapport au flux de plastiques produits. En 2018, un tiers des plastiques sont incinérés et un tiers sont mis en décharge. Sur 3,6 millions de tonnes de déchets plastiques produits en France, 0,6 million de tonnes seulement ont été réellement recyclées.

Au-delà des déchets, le plastique a également un impact sur l'environnement tout au long de son cycle de vie. Les monomères sont issus de la pétrochimie. Leur extraction, leur affinage et leur production sont émetteurs de gaz à effet de serre. En 2015, la production de plastique représentait 4 % des émissions mondiales ; selon l'OCDE, cette proportion pourrait s'établir à 15 % en 2050.

Si les plastiques sont aussi utilisés, c'est en raison de leurs propriétés extraordinaires : ils sont très résistants, notamment à la chaleur, ils permettent de porter des masses importantes au regard de leur poids, etc. Mais ils ne sont pas inertes pour autant. Ils sont par exemple sensibles aux rayons ultraviolets. Au cours de leur usage, les plastiques, à l'instar des pelouses synthétiques qui sont laissées en plein soleil pendant des années, sont photodégradés, leur surface s'érode et se fragmente pour former des micro-, voire des nanoplastiques.

Toutes les substances chimiques qui sont ajoutées au plastique sont elles aussi peu à peu relarguées dans l'environnement, où elles s'accumulent.

Au-delà des microplastiques secondaires qui sont issus de la dégradation des plus gros déchets, on trouve aussi des microplastiques primaires qui ont déjà de très petites tailles avant d'entrer dans l'environnement, tels que les microbilles qui, pendant très longtemps, ont été ajoutées dans les cosmétiques. L'abrasion des pneus et le lavage des vêtements synthétiques, issus souvent du recyclage, produisent également des quantités extrêmement importantes de microplastiques et de microfibrilles synthétiques. Ce sont ces microplastiques primaires qu'on retrouve majoritairement dans l'environnement.

Du fait de la grande variété de composition, de taille et de forme de ces plastiques, leur quantification est très difficile. On estime toutefois qu'il y a probablement un « effet iceberg », c'est-à-dire que l'on ne sait sans doute doser qu'une petite partie de la pollution. Ces particules de toutes les tailles et de toutes les formes ont la capacité de se déplacer extrêmement facilement et peuvent, par le jeu de courants marins et de courants atmosphériques, voyager très loin de leur lieu d'émission pour contaminer tous les compartiments de l'environnement, qu'il s'agisse des sols, des sommets des montagnes et même des nuages.

**PREMIÈRE TABLE RONDE  
LES VOIES D'EXPOSITION ET LES EFFETS  
SUR LA SANTÉ DU PLASTIQUE PARTICULAIRE**

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Merci pour cette introduction. Je vais maintenant donner la parole à Guillaume Duflos, directeur de recherche à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

**M. Guillaume Duflos, directeur de recherche à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).** – Merci d'organiser cette audition. Les impacts de la pollution plastique apparaissent dans différents compartiments de l'environnement. Ainsi, il a été observé il y a quelque temps qu'une roche pouvait se former en englobant des particules de plastique. Le chercheur ayant mis ce phénomène en évidence a appelé cet agglomérat « plasticomérat ». Cela montre l'impact environnemental fort du plastique au-delà de ce qu'on a pu observer dans les mers. De même, une nouvelle maladie dont le plastique est responsable, nommée « plasticose », a été détectée chez les oiseaux marins. Le corps humain est exposé aux plastiques par l'inhalation, l'alimentation et le contact cutané.

Selon le principe *One health*, les impacts des plastiques sur l'environnement ont des conséquences sur la santé des animaux puis sur la santé humaine. Ces impacts cumulés ont *in fine* un effet démultiplié.

Je souhaiterais insister sur la diversité des microplastiques et la difficulté pour les chercheurs de les étudier en raison de leurs tailles et formes très différentes. La mesure des impacts des plastiques sur l'environnement étant un domaine d'étude nouveau, elle appelle la mise en place de méthodes et de processus analytiques nouveaux.

Le premier élément que nous avons étudié à l'Anses est l'eau. Cette matrice apparemment simple a nécessité une batterie d'analyses et des équipements complexes. Il nous a fallu repenser nos pratiques, car nous utilisons beaucoup de plastique dans nos laboratoires.

On trouve des particules de microplastiques et de nanoplastiques dans les eaux embouteillées, et, dans une moindre mesure, dans l'eau du robinet. Les résultats variant sensiblement d'une étude à l'autre, nous avons engagé des travaux de normalisation qui nous permettront de comparer les résultats, mais également de proposer une surveillance harmonisée aux parties prenantes.

Les travaux de normalisation menés par l'Afnor (Agence française de normalisation) ont abouti l'année dernière à l'élaboration d'une norme de caractérisation des microplastiques dans les eaux. Cette démarche française se diffuse au niveau international, puisque l'Organisation internationale de normalisation (ISO) prépare à son tour plusieurs normes de caractérisation des particules de plastique dans l'eau de consommation et dans l'eau de l'environnement.

D'autres aliments ont été étudiés tels que le sel, la bière, les fruits, les légumes, le thé, les œufs, la viande, etc. Les études n'étant pas toujours concordantes, il nous faudra lancer un processus de normalisation pour harmoniser nos pratiques.

Une revue bibliographique réalisée par Chloé Liebgott en 2023 a mis en évidence que certains aliments comme le thé ou le riz contenaient des nanoplastiques. La petite taille et les matrices de comportement de ces particules nous posent toutefois un nouveau défi méthodologique.

Il est trop tôt pour évaluer les risques pour la santé humaine. Nous devons pour cela harmoniser les méthodes afin de caractériser le danger lié aux polymères ou aux divers additifs qui peuvent être libérés. Pour évaluer la toxicité de ces composés plastiques, il faut développer des matériaux de référence, des méthodes analytiques dans des matrices complexes et harmoniser nos études et nos approches pour la toxicologie.

Chez l'homme, la présence de microplastiques a été mise en évidence dans les poumons, le foie, le système digestif, les selles, le système circulatoire (veine saphène, thrombus veineux), le placenta, le système urinaire, etc.

L'Anses est impliquée dans différents projets de recherche auxquels elle accorde une grande importance. Deux thèses sont actuellement engagées au sein de l'agence, et un groupe de travail interne sur les micro- et nanoplastiques a été mis en place afin de mener des études en laboratoire, d'évaluer les risques sanitaires et d'analyser l'impact sociétal des plastiques.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Merci. Je vais maintenant donner la parole à Muriel Mercier-Bonin, directrice de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae) dans l'UMR Toxalim.

**Mme Muriel Mercier-Bonin, directrice de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae) dans l'UMR Toxalim (Centre de recherche en toxicologie alimentaire).** – J'évoquerai pour ma part l'exposition orale aux plastiques particuliers et ses conséquences sur la santé digestive.

Les méthodes pour détecter et quantifier le plastique particulaire dans les échantillons humains sont encore au stade du développement car il y a des problématiques de contamination et d'interférences potentielles avec la matrice biologique. Nous sommes également confrontés à la difficulté, à ce stade de nos connaissances, de détection des nanoplastiques dans les tissus humains. Il y a d'ailleurs un décalage temporel entre les connaissances sur l'impact des microplastiques en santé digestive et celles portant sur les nanoplastiques, qui sont plus récentes. Ces études doivent être replacées dans le contexte politique, économique et sociétal de la pollution plastique caractérisé par des actions menées au niveau national, européen et mondial avec les négociations sur le futur traité. À ce sujet, je souhaite évoquer le travail mené par la coalition des scientifiques qui a produit plusieurs synthèses sur l'impact des microplastiques sur la santé humaine.

Lorsqu'on s'intéresse aux microplastiques particuliers, l'un des premiers verrous à lever est celui de la connaissance de leur impact sur la santé humaine à travers l'ingestion.

Dès 2020, la Commission européenne s'est emparée de la question en finançant 5 projets de recherche focalisés sur différentes fenêtres de vulnérabilité comme la période de l'enfance, les pathologies, notamment respiratoires, le développement de méthodes d'analyse et l'évaluation des impacts en termes de toxicité et d'immunotoxicité. Ces projets sont regroupés autour d'un *cluster* qui permet aux scientifiques de travailler ensemble pour lever les différents verrous, à commencer par les outils analytiques permettant de détecter, de quantifier et de caractériser les particules plastiques, la mesure de l'exposition interne, que ce soit dans les fluides ou les tissus biologiques, et les différents types de plastiques particuliers auxquels les humains sont exposés.

Les recherches portent également sur la capacité de certains plastiques particuliers à traverser les barrières biologiques, notamment la barrière intestinale, sur les interactions bidirectionnelles entre ce plastique particulier et les fluides digestifs lors d'un processus de digestion gastro-intestinal ainsi que sur l'absorption, la distribution dans l'organisme, l'éventuelle métabolisation et l'excrétion de ces plastiques.

D'autres questions sont posées en termes d'effets doses-dépendants et d'effets à long terme dans des conditions réelles d'exposition, à travers des études de cohorte. Avec les plastiques, des substances chimiques mais aussi des contaminants vont être absorbés, avec un effet « cheval de Troie ». Nous avons besoin de davantage de recherche sur ce sujet. Se pose également la question du rôle de la couronne biomoléculaire, ou *biocorona*, qui se constitue quand les plastiques particuliers entrent dans l'organisme. Cette couronne biomoléculaire peut avoir un impact sur l'absorption et la toxicité.

Lorsqu'on parle de risque, on parle de danger mais aussi d'exposition humaine, et nous manquons également de connaissances dans ce domaine. Une étude sur l'ingestion de l'équivalent d'une carte de crédit avait fait grand bruit en 2019, évaluant l'absorption de plastiques à 5 grammes par semaine. J'ai représenté sur une frise les études convergentes ou divergentes depuis cette date. En 2022, un collègue scientifique estimait qu'il faudrait 23 000 ans pour ingérer l'équivalent d'une carte de crédit. Une autre étude concluait à une exposition plus limitée, de 4 microgrammes par semaine, soit un million de fois moindre. Une étude très récente, réalisée à l'échelle de 109 pays, industrialisés et en développement, montre une exposition relativement limitée - en milligrammes par jour - dans la plupart des pays, mais une forte exposition dans les pays d'Asie du Sud-Est, de 500 milligrammes par jour, en raison essentiellement de la consommation de fruits de mer.

En l'état actuel des connaissances, des incertitudes persistent quant à l'exposition humaine, liées aux sources des données et aux méthodes d'estimation.

Lorsque nous sommes exposés, par notre alimentation, à ces plastiques particuliers, quelles sont les conséquences sur notre barrière intestinale ? Celle-ci est constituée de différents acteurs : l'épithélium intestinal qui maintient la protection intestinale de notre organisme, le mucus - gel qui tapisse notre intestin - et le microbiote. Est-ce que l'accumulation des plastiques particuliers génère une inflammation ? Les effets sont variables en fonction de la durée d'exposition et des doses avec lesquelles on va travailler sur des modèles *in vitro* ou *in vivo* chez le rongeur.

Dans la littérature scientifique, l'essentiel des travaux est mené sur des particules commerciales, sphériques et essentiellement en polystyrène, ce qui ne correspond pas à ce qu'on trouve réellement dans l'environnement. Les conditions expérimentales sont souvent peu réalistes, avec notamment des doses très élevées.



Les microplastiques issus de plastiques biodégradables sont-ils une solution ? Les études sont rares et très récentes. Il y en a une *in vitro* sur les microplastiques d'acide polylactique (PLA), une sur ceux en polycaprolactone (PCL), dans un modèle qui mime un écosystème digestif humain. Il peut y avoir ou non des modulations de microbiote intestinal en fonction des conditions d'exposition. Chez le rongeur, une seule étude préclinique a été menée sur des microplastiques de PLA, qui montre que les enzymes digestives réalisent une hydrolyse de ces microplastiques pour former de plus petites particules ; des nanoplastiques ou des oligomères peuvent donc s'accumuler et provoquer une inflammation aiguë.

Les études sont souvent réalisées sur des populations saines, mais il convient aussi de s'interroger sur les populations à risque. Les patients atteints de maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI) - maladie de Crohn ou rectocolite hémorragique - ont davantage de microplastiques dans leurs selles que les volontaires sains.

Il y a aussi plus de microplastiques PET (polyéthylène téréphtalate) dans les selles des enfants que dans les selles des adultes, mais aucune différence en ce qui concerne la teneur en polycarbonate, autre type de polymère.

Au sein de notre laboratoire, nous menons des travaux avec différents partenaires pour comprendre l'impact des plastiques sur la sphère digestive. Nous avons travaillé dans un continuum *in vitro-in vivo* sur deux fenêtres sensibles. D'abord, sur des enfants âgés de 6 mois à 3 ans : nous avons inoculé leurs selles dans des digesteurs mimant l'écosystème digestif humain. Ensuite, chez la souris, nous nous sommes intéressés au stress nutritionnel avec un régime occidental « western » - composé de gras et de sucre. Nous avons regardé l'effet sur le microbiote intestinal.

Le microbiote intestinal est l'ensemble des micro-organismes hébergés dans notre intestin : bactéries, champignons, virus, archées... Ce microbiote évolue tout au long de la vie. Parfois, il peut être modifié et atteint de dysbiose, qui peut entraîner une maladie. Ce microbiote a de nombreuses fonctions positives dans le tractus gastro-intestinal. Il aide à la fermentation de substrats pour produire des produits intéressants pour notre santé, synthétiser des vitamines, participer à la maturation de l'épithélium et du système immunitaire et constituer une barrière contre les pathogènes. Dans notre étude, on observe chez l'enfant une diminution du butyrate, un acide gras à chaîne courte (AGCC) très bénéfique. Il y a aussi des changements à la fois chez l'adulte et l'enfant avec l'émergence de certaines bactéries, des pathobiontes.

En cas de régime « western », on observe une diminution des AGCC chez la souris, ce qui peut être négatif pour notre santé. La teneur en propionate, un AGCC bénéfique, diminue également après exposition aux microplastiques. Avec un régime occidental, on observe une perte de bactéries bénéfiques et une augmentation de bactéries délétères. L'administration de microplastiques aux rongeurs produit des effets essentiellement sous un régime occidental.

Nos études permettent, au travers de ce continuum *in vitro-in vivo* de mieux appréhender les dangers de l'exposition orale aux microplastiques. Les signatures que nous explorons sur des populations saines peuvent évoluer sur des populations à risque.

Il est nécessaire d'avoir une interface entre la toxicologie et la chimie. En matière de toxicologie et de physiologie, nous essayons de construire des modèles *in vitro* qui miment mieux l'écosystème intestinal humain. Il faut également étudier les communications entre les organes, parce que l'intestin est à l'interface avec le foie et le cerveau.

Nous devons en particulier étudier l'enfance et le régime occidental. Nous sommes soumis à un exposome, qui va moduler l'impact potentiel des plastiques particuliers. Nous devons aussi mener des études épidémiologiques chez l'humain pour essayer de faire le pont entre la recherche préclinique et la recherche clinique. En chimie, il est nécessaire de disposer de méthodes analytiques fiables, avec des petites particules, et d'utiliser des plastiques représentatifs de l'exposition.

Lors du congrès Micro 2024 en septembre dernier ont été présentés des travaux canadiens menés par le Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable (CIRAIG) et Polytechnique Montréal. Ils visent à mesurer l'impact des plastiques particuliers, micro- et nanoplastiques, chez le rongeur, dans le cadre d'analyses de cycle de vie afin de prédire l'impact en durée de vie perdue chez l'humain.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Merci. Je vais maintenant donner la parole à Sonja Boland, ingénieure de recherche à l'Université Paris Cité.

**Mme Sonja Boland, ingénieure de recherche à l'Université Paris Cité.** – J'évoquerai l'effet des micro- et nanoplastiques inhalés sur la santé. De nombreuses études ont déjà montré que l'air que nous inhalons contient des microplastiques. Ils sont plus nombreux en milieu urbain que rural. En région parisienne, 3 à 10 tonnes de plastique seraient déposées par an, majoritairement des fibres, dont 30 % sont synthétiques. Dans l'air intérieur, on trouve encore plus de particules, majoritairement des fibres. Une étude a même montré que des écoliers seraient plus exposés à des fibres que des travailleurs de bureau.

Nous inhalons chacun jusqu'à 30 millions de particules de plastique par an. L'inhalation est au moins aussi importante que l'ingestion.

Les origines des microplastiques sont très diverses et dépendent beaucoup de la localisation. En plus des sources de proximité (bâches agricoles, épandage de boues de stations d'épuration, débris de pneus, fibres textiles, etc.), on constate un transport troposphérique : des particules rejetées par les embruns peuvent être transportées dans l'air. Tous les plastiques déversés dans les océans peuvent nous revenir *via* l'air. Il en est de même pour les décharges mal gérées ou sauvages : tous les plastiques émis, que ce soit au niveau local ou sur d'autres continents, risquent de nous revenir.

Je vais vous résumer l'impact des plastiques sur le fonctionnement de l'appareil respiratoire, en fonction de la taille des particules, afin que vous compreniez les enjeux des plastiques inhalés. La taille détermine jusqu'à quel niveau les particules peuvent pénétrer l'appareil respiratoire. Les particules les plus grosses, supérieures à 10 micromètres, ne peuvent pas dépasser le nasopharynx. Seules les particules respirables les plus fines, inférieures à 2,5 micromètres, peuvent atteindre les alvéoles. Les fibres sont respirables si leur diamètre est inférieur à 2,5 micromètres. L'appareil respiratoire est pourvu de mécanismes d'élimination. La clairance mucociliaire permet d'éliminer les particules qui se déposent sur du mucus qui va être transporté, grâce au battement coordonné des cellules ciliées vers la bouche, pour être expectorées ou avalées. Au niveau alvéolaire, les macrophages vont ingérer ces particules. Néanmoins, ces particules peuvent entrer dans l'organisme puisque les macrophages vont migrer vers les ganglions et la circulation lymphatique, ou bien remonter par la clairance mucociliaire pour être déglutis et atteindre l'appareil gastro-intestinal. Les nanoparticules peuvent déjouer les mécanismes de clairance, traverser l'épithélium et entrer dans la circulation sanguine pour atteindre les organes secondaires. Certaines nanoparticules peuvent remonter les nerfs, par exemple les nerfs olfactifs, et atteindre le cerveau.

Le poumon, organe très irrigué, peut être touché par les particules présentes dans le sang. Plusieurs études démontrent la présence de ces particules dans les tissus et les sécrétions humaines. Elles sont présentes à tous les niveaux de l'appareil respiratoire, avec plus de fibres que de fragments, et très rarement des films. Par contre, on ne sait pas encore détecter les nanoparticules, probablement très importantes, dans cet organe. Les fibres ont une longueur moyenne de 40 à 300 micromètres. On a détecté plusieurs types de polymères, mais leur fréquence varie selon les études. On trouve plus de particules chez les personnes qui travaillent à l'intérieur que chez celles travaillant en extérieur, et chez les fumeurs que chez les non-fumeurs. La quantité de plastique dans le poumon augmente avec l'âge, ce qui suggère que les particules persistent dans l'organisme sans être éliminées.

Concernant la toxicité de ces particules inhalées, des études cliniques – les premières datent de 1970 dans l'industrie du flochage – montrent que les travailleurs des industries plastiques développent des maladies professionnelles. Certains travailleurs ont développé des altérations de la fonction pulmonaire, un essoufflement, de l'inflammation, de la fibrose et même pour certains des cancers du poumon. Il en est de même dans l'industrie du textile et celle du PVC. Une augmentation du cancer de l'estomac peut être due à la déglutition des particules inhalées. Ces toxicités sont liées aux particules, mais on ne peut exclure un effet des additifs, des contaminants et des monomères, surtout pour le polyvinyle et le styrène.

Dans l'industrie du polystyrène, ce sont surtout les monomères à la base des plastiques qui induisent ces pathologies car ils sont connus pour être très toxiques et cancérigènes. Des polymères naturels peuvent aussi avoir des effets sur le poumon, sans qu'on sache quels sont les seuils de concentration pouvant induire ces pathologies. Mais si on ne régule pas la production de plastiques, leur concentration dans l'air va fortement augmenter.

D'autres études ont montré une corrélation entre des pathologies respiratoires et des plastiques présents dans le poumon. Il y a plus de particules et de fibres présentes dans les tumeurs que dans les tissus normaux. On observe aussi des changements dans la composition des plastiques.

On constate un lien entre la présence de microplastiques et une altération de la fonction pulmonaire. On détecte plus de plastiques dans le corps des personnes ayant des rhinites allergiques. Les paramètres sanguins sont également modifiés lorsque des plastiques sont détectés dans le poumon. Nous avons besoin de davantage d'études, au-delà de ces cas spécifiques. Nous devons aussi étudier si ces changements sont dus à la présence de plastique ou si d'autres conditions favorisent le dépôt de ces particules. La toxicité des particules de plastique a été confirmée par des études expérimentales. Il faudrait plus d'études avec des particules plus représentatives de ce qu'on inhale réellement, mais on peut dire que différents types de polymères peuvent entrer dans les cellules et traverser la barrière épithéliale, provoquant des effets pro-inflammatoires et pro-fibrosants.

Cependant, les résultats sur la toxicité sont assez variables car les doses sont souvent très élevées dans les études et peu représentatives.

Ces effets dépendent aussi des caractéristiques physico-chimiques des particules. Leur forme importe également ; certaines fibres peuvent induire une phagocytose frustrée : lorsqu'elles sont trop grandes, les macrophages n'arrivent pas totalement à les ingérer. Cela peut provoquer une inflammation persistante. Mais on ne sait pas du tout si les fibres de plastique provoquent les mêmes phénomènes que l'amiante par exemple.

Les plastiques peuvent aussi interagir avec des bactéries et des virus. La présence de plastique dans le poumon est corrélée avec une croissance de bactéries pathogènes pulmonaires. Il y a aussi une modification du microbiote. On observe un changement dans la composition de la flore pulmonaire, et la présence de plastique peut faciliter le transfert de gènes, notamment une résistance aux antibiotiques. Les particules peuvent aussi interagir avec des protéines virales, ce qui pourrait faciliter l'infection des cellules. Dans notre laboratoire, nous avons montré une diminution de la défense antivirale lorsqu'on prétraite les cellules avec des particules atmosphériques de la région parisienne qui peuvent contenir des plastiques. Nous avons également constaté une diminution de la production d'interférons en présence de particules de polystyrène.

Je vais achever cette présentation en évoquant l'interaction entre les polluants et les plastiques, sujet qui sera développé dans la seconde table ronde. Nos recherches actuelles montrent que si l'on expose les cellules à des particules de plastique contaminées par le benzopyrène, qui est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP) très toxique et un polluant majeur de l'air, il y a induction du même marqueur que le benzopyrène seul. Cela veut dire que le benzopyrène est biodisponible dans les cellules. Plus important, avec des particules recouvertes de ce polluant, il y a une induction d'une réponse pro-inflammatoire, alors que le benzopyrène seul et les plastiques seuls n'induisent pas cet effet. Nous nous penchons maintenant sur les mécanismes responsables de cet effet très spécifique des particules de benzopyrène en combinaison avec des plastiques.

Il est indéniable que les plastiques sont présents dans l'appareil respiratoire et y persistent. Ils passent probablement dans d'autres organes, comme cela a été observé avec d'autres nanoparticules. Les effets toxiques ont été démontrés avec des études cliniques et expérimentales. Il nous faudrait plus d'études, des cohortes plus importantes, des études expérimentales avec exposition plutôt chronique et à faibles doses et des particules plus représentatives de ce que nous inhalons, afin d'asseoir ces données, notamment en ce qui concerne les polymères non synthétiques et les fibres. Il a été démontré que les plastiques jouent un rôle de vecteur, de « cheval de Troie ». Nous devons désormais comprendre les mécanismes et les effets cocktail des interactions des plastiques avec d'autres polluants.

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office.** – Merci pour vos interventions. Vos propos ne nous rassurent pas particulièrement... Nous comprenons qu'il y a différentes sources d'absorption des plastiques, sous différentes formes.

**Mme Dominique Voynet, députée.** – Au-delà de l'exposition par l'alimentation et par inhalation, il existe une voie plus directe en circuit médical avec les tubulures de perfusion ou de transfusion et les circuits de dialyse, qui durent plusieurs heures, parfois plusieurs fois par semaine. Des études existent-elles sur ce sujet, ou sont-elles planifiées ?

En sus du mécanisme inflammatoire, n'y a-t-il pas aussi un effet mécanique par colmatage, notamment des glomérules rénaux ou des capillaires sanguins ?

Pouvez-vous nous en dire plus sur la métrologie ? Comment mesure-t-on ces particules ? Souvent, on ne trouve que ce que l'on cherche et ce qu'on sait chercher.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Je relève deux éléments contradictoires : d'un côté, un certain nombre de résultats scientifiques montrent que des microplastiques sont présents dans l'organisme, avec certaines conséquences. Et de l'autre, il y a un besoin de normaliser ce qu'on regarde, les méthodes d'analyse, qui ont des limites. Que fait-on à partir de cela ?

Les plastiques sont présents, mais quel est leur impact ? Je m'interroge sur la notion de *biocorona*. Les plastiques ont-ils des conséquences sur les réactions immunitaires, le stress oxydatif, les inflammations, voire la division cellulaire ? Faut-il agir ? Que devons-nous faire, vous chercheurs, nous parlementaires ? Comment mobiliser le principe de précaution dans une telle situation ?

**M. Pierre Henriet, député, premier vice-président de l'Office.** – Merci pour cette présentation exhaustive. Madame Mercier-Bonin, vous avez évoqué une compilation d'études internationales. L'exposition humaine aux plastiques a-t-elle une intensité variable selon les régions du monde ? Cela permettrait de mieux comprendre les voies d'exposition aux plastiques.

L'eau potable est une source d'exposition importante, directe ou indirecte. Y a-t-il des études sur l'impact sanitaire en fonction des systèmes de traitement des eaux usées ? Maîtrise-t-on le filtrage d'un certain nombre de microplastiques pour éviter l'exposition humaine ?

**M. Guillaume Duflos.** – Des études ont été réalisées sur l'utilisation des plastiques médicaux à usage unique tels que les perfusions, les équipements et les matériels de bloc opératoire. Elles ont montré qu'on peut en retrouver chez les patients. Ne suivant pas du tout ce domaine, je ne peux pas vous répondre sur les actions mises en œuvre par les professionnels. Les chercheurs s'intéressent surtout à l'alimentation car dans le cas des produits médicaux, le bénéfice est beaucoup plus important que le risque encouru, qui n'est pour l'instant pas avéré pour les plastiques. Votre question est très juste, mais nous n'avons pas de réponse pour le moment.

**Mme Muriel Mercier-Bonin.** – Je peux donner des éléments sur la sphère digestive concernant les risques de blocage et d'abrasion. Un microplastique de taille importante qui ne peut franchir une barrière mais qui va transiter dans son voisinage peut générer des phénomènes abrasifs, par exemple sur les zones non couvertes par le mucus – celui-ci n'est pas présent dans tout le tube digestif. Cette abrasion peut provoquer des inflammations.

**Mme Sonja Boland.** – Nous avons observé cela sur l'appareil respiratoire avec d'autres particules. Cela donne un effet d'*overload* : tous les mécanismes de clairance sont dépassés. Des études cliniques montrent néanmoins qu'on peut avoir quelques particules et des changements dans la physiologie sans qu'il y ait un effet de surcharge important – on observe un tel effet plutôt dans certains milieux professionnels où les travailleurs sont exposés à de très fortes doses et où les systèmes de protection sont complètement dépassés. L'effet inflammatoire peut être provoqué en cas de surcharge des organes avec du plastique.

En matière de respiration, l'entrée des particules est directe, cela peut conduire à des inflammations, contrairement au sang dans lequel toutes les particules ne peuvent pas entrer.

Une question portait sur la nécessité ou non d'agir ; on ne peut pas trop attendre pour agir et limiter le rejet de plastique dans l'environnement. Les études cliniques sont documentées sur l'exposition des travailleurs, et inquiétantes sur ce à quoi on expose les générations futures. Rien ne se crée, mais rien ne se perd non plus : toutes les particules créées seront dégradées puis inhalées ou ingérées par les humains...

**M. Guillaume Duflos.** – Les chercheurs se sont interrogés longuement sur la métrologie : quelle taille de particules étudier, quelle forme, etc. Lorsqu'on fait un suivi dans l'environnement, les analyses de microplastiques sont très chronophages, notamment lorsqu'on s'intéresse à des particules de très petite taille.

L'important est de savoir quel type d'informations on souhaite donner, afin d'adapter nos protocoles et nos modes opératoires aux besoins et aux informations qu'on souhaite transmettre. Ainsi, la caractérisation de la toxicité n'exige pas les mêmes méthodes que le suivi d'un cours d'eau et l'accumulation des plastiques dans le temps par exemple.

La métrologie est un sujet crucial : nous devons savoir quelle ambition analytique, quelle force de frappe mobiliser en fonction de l'information à produire. Nous échangeons actuellement avec des services comme la direction générale de la santé pour savoir quels suivis mener.

Il a été ajouté, dans la directive Eau, la nécessité de suivre les microplastiques, mais sans préciser lesquels : les petits, les moyens, les gros ? Ce n'est pas la même ambition métrologique selon les tailles.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Nous voyons bien les incertitudes, malgré le constat de l'existence des microplastiques et de la nécessité d'agir. Votre appel à un effort de recherche supplémentaire pourrait être utilisé par ceux qui ne veulent rien changer. Dans les négociations internationales, certains veulent réguler, d'autres ne veulent rien faire au prétexte que tout ne serait pas encore démontré et ils souhaitent dès lors continuer à produire des plastiques selon la trajectoire montrée en introduction par Fabienne Lagarde. Comment donc mobiliser le principe de précaution sur ces sujets pour agir même si toutes les démonstrations ne sont pas au rendez-vous ?

**M. Guillaume Duflos.** – Le traité va dans le sens du principe de précaution, puisqu'il prévoit la diminution de la production de plastiques.

Le premier principe de précaution pour les scientifiques, c'est de diminuer le nombre des formulations de plastique : pour un même objet, quel est l'intérêt d'avoir deux formulations plastiques alors que cela nous demande, à nous scientifiques, un effort analytique immense ? Il existe 16 000 additifs différents. Je vous laisse calculer le nombre de combinaisons possibles. Il faudrait obtenir des fabricants qu'ils limitent les combinaisons possibles, pour nous faciliter les analyses ensuite.

**Mme Muriel Mercier-Bonin.** – Je souhaite rebondir sur la nécessité d’agir. On pourrait avoir une approche par la maîtrise du danger, sans attendre de savoir ce à quoi on est exposé. Ce que j’ai présenté montre que, malgré la jeunesse de la thématique et les limites identifiées, il y a des dangers associés à l’exposition orale et à l’inhalation de plastiques. Les dangers existent, donc raisonnons par cette approche d’évaluation du danger, sans attendre de savoir quels sont les risques, car cela pourrait prendre beaucoup de temps du fait de la complexité des formulations.

Que faire ? Il faut se fédérer, décloisonner et arriver à travailler ensemble dans ces interfaces disciplinaires entre communautés scientifiques, et entre scientifiques et politiques.

Pour répondre à la question sur les différences d’exposition au niveau mondial, j’ai mentionné cinq projets européens qui ont démarré en 2020, pour quatre ans. Pour l’instant, il n’y a pas encore de publication montrant une variabilité liée à l’exposition selon les zones géographiques.

L’étude de 2024 sur l’ingestion et l’inhalation dans 109 pays montre une cartographie hétérogène. En France, on mesure un taux de 60 milligrammes par jour, contre 500 milligrammes par jour en Asie du Sud-Est en raison de la consommation de fruits de mer. En fonction des habitudes, selon que l’on est jeune ou plus âgé, selon que l’on adopte un régime alimentaire sain ou plus occidentalisé, les effets peuvent être différents. Ce sont donc des paramètres à prendre en compte dans la notion d’exposome.

**Mme Fabienne Lagarde.** – Sur la mise en œuvre du principe de précaution, ce sont les quantités qui doivent nous alerter. Chaque être humain, en 2024, contient du plastique dans tous les organes de son corps. Ce n’était pas le cas dans les années 2000 ou dans les années 1990 et ce sera pire pour les enfants en 2040, qui seront encore plus exposés. Ce qui est certain, c’est qu’il y a une corrélation directe entre les quantités de plastiques mises sur le marché, leur quantité dans l’environnement et leur quantité dans le corps humain.

**Mme Sonja Boland.** – Pour compléter, le fait que la quantité de plastiques dans le corps augmente avec l’âge montre que le corps n’arrive pas à les éliminer. Forcément, cela aura des conséquences.

Les problèmes respiratoires sont surtout dus à l’air intérieur. Dans les transports en commun, le problème vient des fibres textiles. Les différences sont davantage un problème entre ville et campagne qu’entre pays, même si cela reste à étudier.

**Mme Martine Berthet, sénatrice.** – Vous indiquez la nécessité de travailler sur la méthodologie et l’expérimentation. Vous avez évoqué les normes françaises et européennes. Travaillez-vous aussi avec les Anglo-saxons sur ces mêmes sujets ?



Monsieur Duflos, la plasticose est-elle une nouvelle maladie humaine reconnue par l'Académie de médecine, ou est-ce la façon de nommer une contamination du corps humain ?

**M. Daniel Salmon, sénateur.** – Merci pour votre présentation. Nous mesurons toute la complexité de votre tâche car c'est un nouveau secteur de la science qu'il faut appréhender.

Je reviens sur le principe de précaution. On se précipite pour inventer de nouvelles molécules, qu'on a ensuite du mal à suivre. C'est très chronophage. Le principe de précaution demanderait d'étudier toutes les molécules avant leur mise sur le marché. C'était ce que prévoyait le programme européen Reach (Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques), qui a été bien abîmé.

Je constate que les bioplastiques se développent, comme les PLA, qui ne sont biodégradables que sur le papier : ils peuvent se dégrader en mode industriel mais jamais dans un composteur. Quelles sont les études réalisées sur ces « ersatz » de plastiques, qui sont l'œuvre de la chimie, avec des molécules qui sont issues de la biomasse mais réagissent comme des plastiques, par exemple des sachets de thé en PLA ? Est-ce vraiment la solution ? Cela m'inquiète beaucoup.

Quelle est l'indépendance de la recherche et de ses financements, à un moment où l'Inrae et l'Anses sont attaqués, au nom de notre sacro-sainte compétitivité, avec un haro sur la norme ? Il s'agit d'inquiétudes qui relèvent de la sphère du politique, mais on est également là pour faire de la politique.

**M. Arnaud Saint-Martin, député.** – Merci pour cet exposé précieux qui permet de voir à quel point cette exposition est massive. Elle est dans les corps. C'est assez terrifiant. Sociologue, je m'interroge sur les concepts que vous utilisez. Ce n'est plus une exposition mais une consommation, une accoutumance au plastique dès le plus jeune âge : biberons, tétines, jouets en plastique, etc. Nos pratiques culturelles sont plastifiées. On peut même s'interroger sur le concept d'une source exogène qui va avoir des effets sur la santé humaine !

Jusqu'à quel point intégrez-vous les sciences humaines et sociales et les chercheurs travaillant sur la civilisation plastique dans ces dispositifs interdisciplinaires ? C'est un pas qu'il faut faire, et je ne doute pas que vous le faites, car ceci permettrait d'approfondir le travail de l'objectivation qui doit passer par l'étude des pratiques culturelles et de cette accommodation à la vie plastique.

**M. Gérard Leseul, député, vice-président de l'Office.** – Votre propos était clair sur les risques de toxicité des bioplastiques. Faites-vous des distinctions entre les bioplastiques, notamment ceux issus des algues ?

**M. Guillaume Duflos.** – La plasticose est un terme utilisé pour les oiseaux marins uniquement.

Concernant la collaboration internationale, le colloque Micro 2024 a réuni tous les scientifiques internationaux travaillant sur les microplastiques. Nous travaillons donc bien évidemment en collaboration avec nos collègues étrangers.

À l'échelle nationale, nous disposons d'un outil très important : un groupement de recherche (GDR) transdisciplinaire soutenu par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), le GDR « Plastique, environnement et santé ». Il regroupe tous les scientifiques français, organise des échanges réguliers, des conférences mensuelles et son propre colloque. Nous avons fait un déplacement aux États-Unis et nos collègues américains ont été très intéressés par cette structuration en réseau qu'ils n'ont pas.

**Mme Fabienne Lagarde.** - Il existe un autre GDR, « Déchets, valeurs et société », plus axé sur les sciences humaines. Nous avons organisé il y a deux jours une journée de mise en commun des travaux, pour relier les visions des sciences « dures » et des sciences humaines et sociales.

**Mme Muriel Mercier-Bonin.** - Actuellement est menée une expertise scientifique collective Inrae-CNRS sur l'usage des plastiques en agriculture et pour l'alimentation, son impact sur l'ensemble des écosystèmes et sur les organismes vivants. Elle se situe à l'interface entre nos deux communautés. Une synthèse est en cours pour illustrer ce volet très attendu : comment est-on arrivé à cette société plastique, avec ce système socio-technique, avec ses principaux acteurs ? Vous avez utilisé le terme d'accoutumance, parfois le terme d'addiction a été utilisé.

En ce qui concerne les impacts des plastiques biosourcés et biodégradables sur le microbiote intestinal humain, ils seront peut-être plus importants car ils se dégradent en plus petites particules. C'est une science très récente, mais j'ai trouvé trois articles montrant qu'ils ne sont pas la solution en matière de santé humaine et de santé digestive.

**Mme Sonja Boland.** - Il en va de même pour les voies respiratoires. Ce sont les particules les plus fines qui sont les plus toxiques. La toxicité des plastiques vient aussi de leur interaction avec les autres polluants ; les plastiques biosourcés interagissent avec d'autres pathogènes et avec des polluants. Ils ne sont donc pas une solution miracle.

Le mode de financement de nos recherches est tout à fait problématique. Je fais partie d'un projet européen : il se terminera très bientôt et personne ne sait s'il sera reconduit. Lorsque les équipes lauréates changent, il faut presque tout recommencer à zéro - c'est une perte de temps, comme les appels d'offres auxquels il faut répondre. Il faudrait pérenniser les financements pour qu'on puisse travailler plus efficacement.

**Mme Marie-France Dignac, directrice de recherche à l'Inrae.** - Une précision sur le terme bioplastique, que nous essayons d'éviter parce qu'il apporte beaucoup de confusion. Parmi les bioplastiques, on distingue les plastiques biosourcés, dans lesquels on a remplacé la source fossile par une

source biologique – algues ou autres végétaux –, mais il s’agit des mêmes polymères non biodégradables. On a généralement besoin d’ajouter plus de substances chimiques à ces matériaux de départ pour obtenir les mêmes propriétés que celles des plastiques traditionnels.

Et puis il y a les plastiques dits biodégradables, terme extrêmement mal choisi puisqu’ils ne sont généralement pas biodégradables dans l’environnement : ils le sont uniquement dans des conditions particulières de traitement industriel. Cela n’a donc pas de sens de remplacer un plastique traditionnel par un plastique biodégradable si l’on n’a pas la filière de collecte et de traitement qui va avec. C’est le cas de beaucoup de pays qui remplacent leurs sachets plastiques par des sachets en biodégradable, mais qui continuent à tout envoyer en décharge ou en enfouissement.

On le voit, il est nécessaire de clarifier ces différents concepts, d’autant plus que de nombreuses études en écotoxicité démontrent que ces plastiques biosourcés ou dits biodégradables ont les mêmes effets, voire des effets plus importants sur la toxicité environnementale.

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l’Office.** – Je vous remercie. N’oublions pas cependant que le plastique a aussi contribué à l’amélioration de la santé humaine. C’est l’abus de son usage, l’absurdité de certains emballages qui pose problème. Les conditions sanitaires sont malgré tout meilleures qu’avant son arrivée. À un usage modéré, il reste un allié.

Nous passons à la table ronde suivante, consacrée aux effets sur l’être humain des substances chimiques associées aux plastiques.

## SECONDE TABLE RONDE

### EFFETS SUR L’HUMAIN DES SUBSTANCES CHIMIQUES ASSOCIÉES AUX PLASTIQUES

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Le premier intervenant de cette seconde table ronde est Martin Wagner, qui nous parle en téléconférence depuis Trondheim en Norvège.

**M. Martin Wagner, chercheur à l’université norvégienne de sciences et de technologie de Trondheim.** – Ma présentation porte sur l’état de la recherche scientifique sur les produits chimiques liés aux plastiques. Je vous ferai part des conclusions d’un rapport récent sur l’identification et la prise en compte des substances chimiques préoccupantes liées au plastique. Comme l’a dit Fabienne Lagarde tout à l’heure, la production du plastique fait intervenir de très nombreux produits chimiques à ses différents stades. Cela commence avec l’extraction des matières premières (à 95% des ressources fossiles) en passant par les précurseurs chimiques qui sont convertis en matériaux, puis en produits plastiques. Ces derniers sont utilisés et finissent un jour en déchets à la fin du cycle de vie. Les substances chimiques sont donc présentes tout au long du cycle de vie des plastiques.

Il y a quatre groupes de produits chimiques liés aux plastiques : les substances de départ, à savoir les monomères et les catalyseurs ; les additifs ajoutés à ces produits pour qu'ils soient fonctionnels - pour leur donner de la souplesse, pour les protéger des rayons UV ou leur donner des couleurs ; les auxiliaires de fabrication qui facilitent la production des matériaux et des produits plastiques ; et pendant tout le cycle de vie des plastiques, ce qu'on appelle les substances chimiques ajoutées non intentionnellement (NIAS - *Non-Intentionally Added Substances*) qui sont créées au sein des matériaux ou des produits plastiques. Il s'agit d'impuretés provenant de toutes sortes de substances chimiques. Les composés utilisés ne sont pas de grade pharmaceutique. Par conséquent, il y a beaucoup d'impuretés dans les substances chimiques, mais également des produits dérivés qui se forment pendant la fabrication des plastiques et des produits de dégradation qui apparaissent au cours de l'utilisation des plastiques ou au moment de leur fin de vie.

Pourquoi doit-on attacher de l'importance à ces produits chimiques ? La plupart d'entre eux ne sont pas liés chimiquement aux matériaux ou produits plastiques et peuvent être rejetés tout au long du cycle de vie des plastiques dans l'environnement et le contaminer, mais également être relargués dans ce qu'on peut appeler l'environnement humain, notamment les aliments, l'eau et l'air. Des études scientifiques ont montré que ces substances chimiques ont des effets nocifs sur la santé humaine.

Une étude récente s'est intéressée à un petit nombre de substances chimiques bien connues - le bisphénol A, les phtalates, les PFAS qu'on appelle les polluants éternels, les PBDE (diphényléthers polybromés) que l'on trouve par exemple dans les retardateurs de flammes. Je cite cette étude car elle montre que les coûts engendrés par ces substances en matière de santé humaine s'élèvent chaque année pour les seuls États-Unis à 250 milliards de dollars, soit 1 % du PIB des États-Unis. L'impact sanitaire de ce petit nombre de substances chimiques, bien connues et liées aux plastiques, est donc très significatif. À cet égard, je voudrais souligner que c'est la population qui subit les effets et les coûts liés à ces substances chimiques et non leurs producteurs.

En ce qui concerne l'état de la science sur les substances chimiques liées aux plastiques, les preuves scientifiques sont désormais nombreuses, mais elles sont très fragmentées et éparpillées. Notre travail a consisté à les rassembler et à les consolider. À l'aide d'informations scientifiques du domaine public, nous avons construit la base de données PlastChem dans laquelle nous avons identifié et recensé plus de 16 000 produits chimiques liés aux plastiques - ce qui vous donne une idée de la complexité des produits plastiques, mais également du nombre élevé de substances chimiques utilisées pour les fabriquer.

Dans la perspective d'un traité international sur les plastiques, nous nous sommes posé une autre question : lesquels de ces produits chimiques sont particulièrement préoccupants pour la santé humaine et l'environnement ? En adoptant une approche reposant sur la dangerosité de ces produits, nous avons recueilli des données issues des agences gouvernementales et classé les substances chimiques préoccupantes selon quatre critères : leur caractère persistant (substances chimiques qui ne se dégradent pas facilement dans l'environnement) ; leur capacité de bioaccumulation (substances chimiques qui s'accumulent dans le corps humain ou dans d'autres organismes) ; leur mobilité (substances chimiques qui se répandent facilement dans l'environnement ainsi que dans l'eau potable) ; leur toxicité (substances chimiques nocives pour la santé humaine). Nous avons constaté que plus de 4 000 produits chimiques sur les 16 000 recensés, soit un quart d'entre eux, pouvaient être classés comme dangereux.

Je voudrais faire quelques observations complémentaires. Il y a très peu de produits chimiques dont la non-dangerosité a été prouvée. Seuls 161 ont été classés comme tels par les gouvernements, mais ceci est lié au fait que les données sont incomplètes ou que les substances n'ont pas été évaluées selon la totalité des critères : d'un point de vue scientifique, on ne peut donc pas les considérer comme sûrs.

Ce qui est plus frappant encore est que l'on ne dispose d'aucune donnée sur la dangerosité d'environ 10 000 produits chimiques présents dans les plastiques. D'un point de vue scientifique, on ne peut donc pas dire si ces produits chimiques sont sûrs ou dangereux.

Concernant les 4 000 substances chimiques jugées préoccupantes, il existe des preuves scientifiques de leur toxicité pour l'environnement, en particulier l'environnement aquatique, mais également pour la santé humaine. Il existe de nombreuses études montrant la toxicité de ces substances chimiques pour certains organes, tels que le foie, ainsi que leur caractère cancérogène, mutagène ou reprotoxique. Certaines substances chimiques sont des perturbateurs endocriniens. On trouve en revanche moins d'informations sur la persistance de ces produits chimiques, leur bioaccumulation ou leur mobilité, en raison d'un déséquilibre dans les critères retenus par les évaluations gouvernementales.

Seulement 6 % de ces substances chimiques préoccupantes font l'objet d'une réglementation au niveau international, dans le cadre de la convention de Bâle, de la convention de Stockholm, ou du protocole de Montréal. Autant dire qu'il n'existe pas de réglementation internationale des substances chimiques préoccupantes.

Comment les décideurs politiques peuvent-ils faire face à autant de produits chimiques et que faudrait-il faire à l'égard des substances chimiques préoccupantes ? Nous avons proposé une approche fondée sur des listes de substances chimiques. J'ai expliqué que 980 d'entre elles faisaient déjà l'objet d'une réglementation au niveau international. En revanche, nous avons constaté que pour plus de 10 000 produits chimiques, il n'existe pas de données. Ceux-ci devraient être évalués en priorité. Pour ceux qui font l'objet d'une classification en fonction de leur dangerosité, nous proposons quatre listes. La plus notable est la liste rouge qui comporte 3 651 substances chimiques préoccupantes pouvant être utilisées dans les plastiques : elles méritent une attention toute particulière et doivent faire l'objet d'une réglementation au niveau international et au niveau national. Bien sûr, réglementer 3 651 substances est un énorme travail. Pour faciliter la tâche des décideurs politiques, nous proposons une approche par groupes de substances chimiques. Concrètement, nous partons du principe que les produits chimiques ayant des structures similaires causent des effets néfastes identiques. Nous avons identifié 15 groupes prioritaires de substances chimiques comme les bisphénols, les phtalates, les PFAS, etc. Nous sommes convaincus qu'une telle approche non seulement permettra de rendre la réglementation plus efficace, mais permettra également d'éviter ce que nous appelons les substitutions « regrettables », qui consistent, pour les fabricants, à modifier quelques éléments des substances chimiques préoccupantes faisant l'objet d'une réglementation afin de pouvoir les commercialiser, alors même qu'elles ont des effets néfastes très similaires.

Pour résumer nos travaux, je rappelle que nous avons trouvé un très grand nombre de substances chimiques - plus de 16 000 - utilisées ou présentes dans les plastiques, dont un quart sont préoccupantes. Nous incitons donc les décideurs politiques à instaurer une réglementation globale et efficace sur ces substances chimiques à partir d'une approche fondée sur leur dangerosité et sur leur regroupement par familles de produits. Les données sont très lacunaires puisqu'il y a 10 000 substances chimiques pour lesquelles nous n'avons pas de données sur leur dangerosité. Par conséquent, nous recommandons de faire la transparence sur les substances chimiques utilisées et sur les produits qui les contiennent. J'ai insisté sur la complexité chimique des plastiques ; il nous faut absolument les simplifier si l'on veut développer des plastiques plus durables et plus sûrs en matière d'impact sur la santé humaine. Il est également important de renforcer les capacités institutionnelles au niveau gouvernemental, mais également au niveau de la recherche et développement, afin de faciliter la production de plastiques plus durables et plus sûrs.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Merci. Je vais maintenant donner la parole à Xavier Coumoul, professeur de toxicologie et de biochimie à l'université Paris Cité, ainsi qu'au professeur Robert Barouki, directeur de l'institut thématique Santé publique et membre du conseil scientifique de l'Office.

**M. Xavier Coumoul, professeur de toxicologie et de biochimie à l'université Paris Cité.** – La production mondiale de plastique est de plus de 400 millions de tonnes en 2022. C'est un chiffre assez alarmant, d'autant plus qu'il est prévu qu'il augmente à l'avenir. Il y a six catégories de plastiques couramment utilisés, allant du PET (polyéthylène téréphtalate) au polystyrène. Certaines études, qui doivent être confirmées, semblent indiquer que les bouteilles d'eau en plastique contiennent 250 000 particules de plastique par litre, dont 90 % de nanoplastiques. Ces plastiques et ces polymères sont souvent associés à des additifs. Les bisphénols étant des monomères de certains types de plastiques, peut-être peut-on ne pas les considérer comme des additifs au sens propre ; mais ce sont des molécules qui sont incluses dans le polymère ou en surface. Il y a également les PFAS, classés comme polluants éternels.

Comme l'a dit Martin Wagner, il peut y avoir un relargage de ces additifs ou de ces monomères à partir des plastiques. Comme l'a dit Sonja Boland, les plus petites particules posent un problème parce que plus la molécule est petite, plus le rapport surface-volume augmente à masse égale. Selon les tailles, on parle de microplastiques ou de nanoplastiques. Cette fragmentation peut survenir à la suite d'éléments physiques et conduit effectivement à une contamination de l'être humain ou d'autres espèces animales, du fait de contacts cutanés, d'inhalation ou d'ingestion. L'exposition peut être directe, *via* des produits de la vie de tous les jours que l'on utilise, ou indirecte, parce que les micro- et nanoplastiques primaires et secondaires sont présents dans les écosystèmes et peuvent affecter les espèces animales ou végétales que nous consommons. Les produits de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche peuvent donc être des sources de contamination par ingestion.

Les organes d'absorption sont multiples : poumons, côlon, peau. Une étude de 2022 a mesuré cette exposition en recherchant du polyéthylène téréphtalate, du polyéthylène et du polystyrène, notamment des particules d'une taille supérieure à 700 nanomètres, dans le sang de 22 volontaires sains. La concentration était en moyenne de 1,6 microgramme par millilitre. Cela a conduit à étendre les recherches sur d'autres organes qu'on qualifie de lointains, tels que les testicules, le placenta, le cerveau, avec des chiffres qui semblent être en augmentation entre 2016 et 2024.

Nous disposons aussi de données qui proviennent du rein, avec des effets associés de type inflammatoire, ou du cerveau, avec un chiffre assez inquiétant, de l'ordre de 5 milligrammes par gramme : cela signifie que 0,5 % du poids du cerveau serait formé de plastique. Une étude publiée récemment dans le *New England Journal of Medicine*, journal américain très renommé dans la sphère médicale, a mesuré la quantité de microplastiques prélevés au niveau de la plaque carotidienne sur plus de 300 patients ayant subi une chirurgie carotidienne. Cette étude a montré qu'il existait un risque augmenté 4,53 fois d'infarctus du myocarde, potentiellement d'accident vasculaire cérébral, voire de mort, chez les personnes qui avaient les plus forts taux de micro- et nanoplastiques.

Des études commencent donc à montrer à ce stade des associations – mais pas des liens de causalité – avec des pathologies répandues et particulièrement graves. Mais je laisse la parole à Robert Barouki, qui vous parlera de la réglementation, notamment en ce qui concerne les PFAS et les bisphénols.

**M. Robert Barouki, professeur, directeur de l'institut thématique Santé publique de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).** – La réglementation protège-t-elle assez la population ? Je répondrai à partir de deux cas. Le premier concerne certains perfluorés : il y en a un très grand nombre, 9 000 ou peut-être plus. Les agences réglementaires, notamment européennes et nationales, fixent des valeurs seuils pour certaines substances. Pour les quatre perfluorés les plus importants et qui ont manifesté de manière claire leur toxicité, on a fixé une valeur seuil pour l'absorption, que l'on peut traduire par une valeur seuil du dosage dans le sang et qui s'élève à 6,8 microgrammes par litre de sang. Un grand programme européen a évalué l'ensemble de l'imprégnation des populations européennes et a constaté que 15 % de la population européenne était au-dessus de cette valeur seuil. Cela ne veut pas dire qu'il y a immédiatement un danger, car la valeur seuil est assez protectrice. Mais c'est une alerte. La cible biologique était les effets immunitaires, car les perfluorés réduisent l'efficacité de la vaccination, en particulier chez les enfants. C'est ce test qui a été pris en considération pour calculer la valeur seuil. Avant, il y avait un autre test et la valeur seuil était plus élevée, ce qui donnait l'impression que toute la population était en dessous de cette valeur.

Le cas du bisphénol est encore plus alarmant sur la problématique du calcul de ces valeurs seuils. Je parlerai surtout du bisphénol A. Vous savez qu'il y a des substituts – bisphénol S, bisphénol F entre autres – mais ils ne valent pas beaucoup mieux. Le bisphénol A est notamment un perturbateur endocrinien. Jusqu'à présent, la valeur seuil dans le sang du bisphénol A était de 233 microgrammes par litre, basée sur une cible qui était la toxicité rénale.

Selon l'étude de surveillance européenne sur la présence dans le sang, toute la population était pratiquement en dessous de cette valeur seuil. Tout allait bien, jusqu'à ce qu'on prenne en compte il y a quelques années un nouveau test basé sur la quantité de certaines cellules immunitaires dans la rate. Cela a conduit l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) à fixer une valeur seuil 20 000 fois plus basse, à 0,011 microgramme par litre. Cela change tout : pratiquement toute la population est au-dessus de ce seuil, seulement en changeant la cible et en recalculant la valeur seuil.

Le bisphénol est une affaire française qui est suivie depuis très longtemps. Les perfluorés, en tout cas les quatre qui ont été étudiés, sont connus pour être toxiques. Surtout, il faut retenir l'insuffisance des tests réglementaires traditionnels, puisqu'il a suffi de passer à un autre test pour qu'on modifie les valeurs seuils et qu'on découvre que les populations européennes ne sont pas bien protégées.



Il est donc urgent de revoir la panoplie des tests réalisés et de les moderniser pour qu'on parte de valeurs seuils réelles et qu'on sache si la population est protégée ou non.

**M. Xavier Coumoul.** – Il faut absolument considérer la question des TH17, car ce sont des lymphocytes qui sont impliqués dans les maladies auto-immunes. Une suractivation des TH17 par rapport aux lymphocytes T régulateurs (Treg), qui sont immunosuppresseurs, peut avoir des conséquences majeures.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Merci. Je vais maintenant donner la parole à Megan Deeney, chercheuse à la *London School of Hygiene and Tropical Medicine*.

**Mme Megan Deeney, chercheuse à la *London School of Hygiene and Tropical Medicine*.** – La production de substances et produits chimiques synthétiques et leur fuite dans l'environnement atteignent désormais des niveaux qui dépassent la protection offerte par la réglementation et transgressent les limites planétaires. Ainsi, plus de 350 000 produits chimiques sont enregistrés en Europe et en Amérique du Nord, soit en moyenne un produit chimique enregistré toutes les 1,4 minute depuis 2016, et la plupart d'entre eux ne sont pas testés. La pollution chimique liée à ces produits est décelable à 10 000 mètres au fond des océans, dans les glaciers de l'Himalaya, dans notre nourriture et jusqu'au sein même de notre corps. Elle se transmet également à la génération suivante.

Alors que l'industrie chimique mondiale devrait doubler de volume d'ici à 2030, les taux de production actuels dépassent déjà nos capacités de test. Les produits chimiques polluent et posent des problèmes pour la santé humaine tout au long du cycle de vie des plastiques. La production primaire de plastiques est ainsi responsable de quatre fois plus d'émissions de gaz à effet de serre que le secteur de l'aviation et pas moins de 75 % de ces émissions ont lieu pendant les phases d'extraction des matières premières jusqu'à la production des monomères et des autres produits chimiques. Cela contribue à la morbidité et à la mortalité liées au changement climatique.

Les travailleurs sont particulièrement exposés et l'on trouve des niveaux élevés de produits toxiques dans l'air, dans les sols et dans les aquifères autour des sites de production. Le benzène, par exemple, est associé à un risque accru de cancer parmi les populations locales, comme par exemple dans la « vallée du cancer » aux États-Unis.

La complexité des plastiques produits ainsi que le manque de données relatives à leur composition chimique les rendent impossibles à gérer de manière sûre et durable, avec des risques d'autant plus élevés sur la santé humaine tout au long du cycle de vie des plastiques.

En effet, la plupart d'entre nous sommes en contact quotidien avec des produits chimiques, dont l'ingestion et l'absorption sont quasi inévitables. Quelque 25 % des produits chimiques dans les matériaux en contact avec les aliments – en particulier des perturbateurs endocriniens et des cancérogènes connus – ont ainsi été retrouvés dans le corps humain.

Le principe selon lequel nous pourrions gérer ces risques en mettant en place des seuils pour la migration des substances chimiques ou pour leur absorption est difficile à appliquer. Ainsi, en 2023, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) a révisé les doses journalières tolérables de bisphénol A (BPA), qui sont désormais 20 000 fois plus faibles qu'auparavant. Cela signifie que la quantité de bisphénol A que nous absorbons actuellement dépasse cent à mille fois cette nouvelle dose journalière tolérable. Si le bisphénol A est heureusement interdit en France depuis 2015 dans les matériaux en contact avec les aliments, il n'est qu'un des milliers de produits chimiques trouvés dans les plastiques. Plusieurs éléments tendent à prouver que d'autres produits sont responsables de troubles métaboliques, neurodéveloppementaux, comportementaux, de changements hormonaux ou encore qu'ils favorisent l'obésité, et ce à des doses inférieures à celles considérées comme sans danger pour l'être humain.

La complexité chimique des plastiques rend aussi leur recyclage difficile et même dangereux : on trouve des produits nocifs dans les jouets fabriqués à partir des plastiques recyclés et dans les emballages alimentaires recyclés. En outre, les sites de recyclage ont été identifiés comme des sources de pollution et le recyclage chimique est une activité à forte intensité énergétique. Cette option ne semble pas viable à une échelle significative. À titre d'exemple, le groupe ExxonMobil est poursuivi par la justice californienne pour avoir trompé le public sur les bénéfices du « recyclage avancé » : 92 % des déchets plastiques traités par cette technologie ne seraient pas transformés en plastique recyclé, mais en carburant. Ce qui reste des produits chimiques après recyclage est finalement libéré dans l'air ou dans les sols sous forme de cendres à la suite de leur incinération, de lixiviats dans les décharges ou encore lors de la dégradation des plastiques dans l'environnement. Or si certains de ces produits chimiques se dégradent avec le temps, ce n'est pas le cas de tous, notamment en ce qui concerne les polluants éternels. Le nettoyage *a posteriori* de l'environnement est impossible.

On peut comptabiliser et comparer certains de ces impacts sur la santé humaine en utilisant l'analyse du cycle de vie. Même en l'absence de données transparentes et accessibles sur les produits chimiques utilisés dans les plastiques et sur notre exposition directe, se dresse un tableau préoccupant des effets sur la santé humaine des plastiques, responsables de l'émission de gaz à effet de serre et de la présence de polluants dans l'air.

Les méthodes scientifiques fondées sur l'analyse du cycle de vie peuvent être très utiles pour comparer les alternatives aux plastiques et produits chimiques. Il faut se méfier de leur utilisation par certains pour affirmer les bénéfices de certains produits chimiques en ne prenant en compte que quelques indicateurs et sans tenir compte de la santé humaine. Néanmoins, avec plus de données et utilisées par des scientifiques indépendants, les méthodes fondées sur l'analyse du cycle de vie peuvent soutenir les décisions politiques.

En résumé, les produits chimiques posent des problèmes pour la santé humaine tout au long du cycle de vie des plastiques. Les priorités devraient être de réduire la production globale de plastiques, de limiter le nombre et simplifier les produits chimiques entrant dans leur composition, de les rendre plus sûrs par des approches d'analyse des risques plus complètes et, enfin, de rendre obligatoire la transparence des données. Ce dernier point est essentiel pour mettre en place la responsabilité de l'industrie, s'assurer de la conformité des produits, favoriser une science indépendante et mettre en œuvre les régulations nécessaires pour protéger la santé de tous.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Merci. Je vais maintenant donner la parole à Christos Symeonides, directeur clinique et de recherche « plastiques et santé humaine » à la fondation Minderoo.

**M. Christos Symeonides, directeur clinique et de recherche « plastiques et santé humaine » à la fondation Minderoo.** – Je suis pédiatre généraliste et spécialiste du développement, chercheur en santé publique environnementale et en épidémiologie et directeur clinique et de recherche « plastiques et santé humaine » à la fondation Minderoo. Je vais me concentrer sur les coûts des substances chimiques contenues dans les plastiques pour la santé humaine, et notamment sur la manière dont ces coûts peuvent être traduits en estimations économiques. Je vais présenter les conclusions de deux études scientifiques qui examinent et quantifient les dangers, les risques et les effets nocifs de la pollution plastique sur la santé humaine tout au long du cycle de vie des plastiques, et notamment des substances chimiques liées aux plastiques.

Je vais d'abord présenter une revue générale publiée il y a quelques mois qui consolide systématiquement, objectivement et scientifiquement les recherches épidémiologiques sur l'impact des substances chimiques sur les êtres humains, les seules preuves scientifiques que nous ayons sur la sécurité de ces substances chimiques à la suite d'une exposition humaine réelle. Puis je vous présenterai une étude réalisée par la commission Minderoo-Monaco sur les plastiques et la santé humaine, publiée l'année dernière en mars, en particulier la section 5 qui quantifie les principaux coûts économiques liés aux effets des plastiques sur la santé, et plus spécifiquement de trois substances chimiques clés associées aux plastiques.

Je vais commencer avec notre étude d'ensemble. En quoi consiste une revue générale ? Une revue générale correspond à une approche systématique qui présente de manière objective, consolidée et scientifique l'état des lieux de la recherche dans un domaine particulier. Elle est représentée par le sommet de la pyramide sur la diapositive actuellement à l'écran. À la base de la pyramide, on trouve les études épidémiologiques primaires individuelles. Chaque étude porte sur un grand nombre de personnes dans un échantillon de la population et évalue statistiquement les associations entre un effet sur la santé et d'éventuels facteurs de risque. Dans le cas présent, il s'agit de l'exposition aux produits chimiques des plastiques.

Dans une étude distincte, nous avons cartographié les centaines de milliers d'études mentionnées précédemment. À l'instar du travail réalisé par Martin Wagner, ces études donnent des indications sur les substances chimiques étudiées et leurs effets potentiels sur la santé. Fait important, et en dépit du grand nombre de données, ces études montrent également ce qui n'a pas été étudié.

Les revues systématiques sont situées dans la couche du milieu de la pyramide sur la diapositive. Elles utilisent un outil scientifique appelé méta-analyse pour combiner statistiquement les résultats de plusieurs études individuelles et obtenir des données probantes sur une question de recherche spécifique. Chaque revue systématique porte généralement sur un produit chimique et un résultat sanitaire.

La plus-value des revues générales situées au sommet de la pyramide vient de ce qu'elles font une revue systématique des revues systématiques, consolidant toutes les preuves solides dans un résumé scientifique unique. Dans le cas présent, il s'agissait de consolider les recherches sur l'impact sanitaire de l'exposition humaine réelle aux produits chimiques utilisés dans les plastiques, dont plusieurs ont été évoqués au cours de cette matinée : les plastifiants, les bisphénols retardateurs de flamme et les perfluorocarbures (PFAS).

Cette revue générale a rassemblé les données de près de 1 000 méta-analyses issues de 52 revues systématiques, représentant l'équivalent de 1,5 million de données de participants.

Qu'avons-nous trouvé ? D'une manière générale et avant de nous intéresser aux spécificités de chaque substance chimique et à leur impact, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes. Premièrement, nous sommes exposés aux substances chimiques tout au long de notre vie, et ce même avant notre naissance. Deuxièmement, cette exposition a de nombreux effets sur notre santé, à toutes les étapes de la vie, d'avant la naissance à l'âge adulte, en passant par l'enfance. Troisièmement, aucun des produits chimiques liés aux plastiques ayant fait l'objet d'études approfondies ne peut être considéré comme sûr. Il existe des preuves solides – c'est-à-dire des preuves cohérentes et statistiquement significatives établies dans les méta-analyses – d'impacts

variés sur la santé humaine pour chacune des cinq catégories suivantes de substances chimiques associées aux plastiques : le bisphénol A, les phtalates, les polychlorobiphényles (PCB) et les polybromodiphényléthers (PBDE), enfin les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS). Quatrièmement, ces cinq catégories de substances chimiques ne représentent qu'une fraction des milliers de substances utilisées dans les plastiques, comme l'a dit Martin Wagner précédemment. Le manque de recherches sur d'autres classes de substances chimiques souligne l'absence de données permettant d'évaluer de manière adéquate la sécurité des substances chimiques sur la santé humaine.

Les résultats obtenus pour les cinq classes de substances chimiques pour lesquelles nous avons des données précises et qui ont fait l'objet d'un examen systématique mettent en évidence les limites importantes de l'évaluation de la sécurité au regard des dommages révélés. Sans surveillance des effets non intentionnels sur la santé en cas d'exposition humaine, nous serons toujours limités dans ce que nous pouvons faire dans les laboratoires avant la mise sur le marché. C'est pourquoi nous ne pouvons pas affirmer que les substances non étudiées sont inoffensives pour la santé, et rejoignons en ce sens les conclusions de Martin Wagner.

Je voudrais maintenant présenter le résultat de nos recherches sur trois substances chimiques utilisées quasiment exclusivement dans les plastiques. Les polybromodiphényléthers (PBDE), qui sont utilisés comme retardateurs de flamme dans les produits textiles ou électroniques, sont classés comme polluants organiques persistants par la convention de Stockholm. L'étude a mis en évidence des preuves épidémiologiques solides établissant des liens entre l'exposition du fœtus aux PBDE pendant la grossesse et un poids faible à la naissance, un retard ou une altération de développement cognitif chez l'enfant ou encore une perte de quotient intellectuel (QI). Il y a également des preuves statistiquement significatives de perturbation endocrinienne entravant le fonctionnement du système hormonal thyroïdien chez l'adulte.

De son côté, le BPA est un monomère très important dans la fabrication du polycarbonate, qui entre également dans la composition des résines époxy utilisées pour le revêtement des boîtes de conserve et des canettes. Il est relargué au moment de leur utilisation. L'étude constate des preuves épidémiologiques solides établissant des liens avec des malformations génitales chez les nouveau-nés filles exposées au BPA dans l'utérus, avec le diabète de type 2 chez les adultes et la résistance à l'insuline, précurseur du diabète chez les enfants comme chez les adultes, ainsi qu'avec le syndrome ovarien polykystique chez les femmes. L'exposition au BPA accroît également le risque d'obésité et d'hypertension chez les enfants comme chez les adultes ainsi que le risque de maladies cardiovasculaires chez les adultes.

Enfin, mon dernier exemple porte sur les phtalates, utilisés notamment pour rendre le plastique plus souple. Je m'intéresserai plus particulièrement au DEHP - phtalate de bis (2-éthylhexyle) - car il est utilisé exclusivement dans les plastiques et constitue le plastifiant le plus fabriqué en volume au niveau mondial. Notre étude a mis en évidence des preuves épidémiologiques solides établissant des liens entre l'exposition au DEHP et des fausses couches, des malformations génitales chez les nouveau-nés garçons, un retard ou une altération de développement cognitif chez l'enfant, la perte de QI, un retard du développement psychomoteur, une puberté précoce chez les jeunes filles et d'endométriase chez les jeunes femmes. L'exposition au DEHP a également de multiples effets sur la santé cardiométabolique, notamment la résistance à l'insuline, l'obésité ou encore l'augmentation de la pression artérielle.

Ces effets sur la santé sont alarmants. Pour les individus concernés, un problème de santé est un problème de santé, et cela s'arrête là. Mais à l'échelle de la santé publique, les décisions sont prises en fonction du nombre de personnes affectées. Certains travaux utilisés pour la revue générale permettent de donner ce genre d'informations et nous les avons compilées dans une autre étude de la commission Minderoo-Monaco sur les plastiques et la santé humaine publiée au mois de mars de l'année dernière. Une équipe dirigée par le professeur Maureen Cropper a quantifié ces effets sur la santé de la population sur la base de l'exposition connue à partir des données de biosurveillance humaine, puis les a traduits en coûts économiques. L'étude reconnaît les défis sociaux et éthiques qui accompagnent cette démarche ainsi que les limites de la traduction de la santé et de la maladie en coûts économiques, mais elle a suivi des approches standardisées. Seules trois substances chimiques ont été retenues - les PBDE, le PHA et le DEHP - ainsi qu'un ou deux effets sur la santé par substance chimique. Les résultats concernent uniquement les États-Unis car à l'époque, c'était le seul pays pour lequel on disposait de données de biosurveillance de l'exposition. Entretemps, nous avons actualisé cette analyse avec des données sur l'exposition au niveau mondial, y compris les données de l'Union européenne auxquelles Xavier Coumoul a fait référence et des données spécifiques à la France. Ces données devraient être publiées et disponibles d'ici la fin de l'année.

Mais pour l'instant, permettez-moi de vous montrer les chiffres américains. Pour les PBDE, l'analyse prend en compte les coûts économiques résultant d'une baisse des performances cognitives, du QI et du capital humain à la suite d'une exposition aux PBDE dans l'utérus ; pour le BPA, l'étude se concentre sur le coût de l'augmentation des maladies cardiaques et des accidents vasculaires cérébraux, encore une fois, en grande partie sous l'angle de la productivité ; pour le DEHP, l'étude tient compte de l'augmentation de la mortalité à l'âge adulte sur la base de la valeur statistique d'une vie. Les données relatives à l'exposition au DEHP aux États-Unis, associées à l'analyse du professeur Leo Trasande de l'université de New York, concluent à plus de 40 000 décès annuels supplémentaires qui pourraient être

attribués à la seule exposition au DEHP de la population américaine. C'est un niveau de nuisance inacceptable qui doit nous amener à réfléchir, avant même de parler d'impact économique. Néanmoins, il est important de quantifier les externalités négatives du plastique pour remettre en cause certaines idées reçues selon lesquelles le plastique ne coûte pas cher, parce que cette assertion ne tient pas compte de tous les coûts. Et quand on les met en évidence, on constate que pour les seuls États-Unis et pour seulement trois types de substances chimiques, ces coûts se chiffrent en centaines de milliards de dollars !

Pour conclure, je veux attirer votre attention sur les coûts liés aux plastiques tout au long de leur cycle de vie. Je sais que certains d'entre eux ont été explorés lors de la première table ronde, et Megan Deeney, qui m'a précédé, en a également parlé. Mais il y a d'autres impacts sur la santé dus à la production de plastique pour lesquels nous pouvons donner des estimations, y compris les émissions de carbone et la pollution atmosphérique, qui nous aident à obtenir une image plus complète des coûts externalisés pour la santé humaine de la pollution par le plastique tout au long de son cycle de vie.

Au niveau mondial, ils s'élèveraient à plusieurs centaines de milliards de dollars.

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office.** – Je vous remercie pour vos présentations.

Même si cela sort peut-être un peu du champ de ces tables rondes, nous n'avons pas évoqué les changements de comportement de nos concitoyens. Des lois ont été votées en France, par exemple en ce qui concerne l'interdiction de certains plastiques ou l'usage des plastiques à usage unique, et il y a une prise de conscience sur les emballages excessifs. Est-ce que cette prise de conscience existe dans les autres pays ?

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Cette question justifie en elle-même la nécessité d'un traité international... Chaque pays a des logiques différentes : l'interdiction des bouteilles d'eau peut paraître pertinente en France, mais pas forcément dans un pays où l'accès à l'eau potable répond à des contraintes autres.

En fait, la production d'un objet plastique à l'autre bout de la planète peut créer de la pollution chez nous et vice-versa. D'où, encore une fois, la nécessité d'une approche internationale.

**Mme Dominique Voynet, députée.** – Il ne s'agit pas forcément d'une question, mais je souhaiterais prolonger l'échange sur le sujet que vous venez de lancer. Les changements de comportement concernant les suremballages, l'usage des bouteilles d'eau ou encore des flacons de shampoing ou de gel douche sont accessibles à des consommateurs qui ont conscience de leur consommation de plastiques. Il existe des plastiques complexes ou des additifs dans énormément de produits sans qu'on le sache, par exemple pour imperméabiliser les vêtements ou pour servir de retardateur de feu.

Qui est conscient de ce genre de chose et qui a la liberté de choisir de ne pas utiliser de tels produits ? La puissance publique, nationale ou internationale, ne peut donc pas s'exonérer de sa responsabilité ; on ne peut pas seulement invoquer celle du consommateur. Je crois que c'est à nous de faire le job !

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office.** – On a commencé.

**Mme Dominique Voynet, députée.** – Un peu !

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Y a-t-il des croisements entre les deux domaines de recherche que nous avons évoqués ce matin : d'une part, les micro- et nanoplastiques, d'autre part, les substances chimiques ? Fabienne Lagarde ou Muriel Mercier-Bonin, je ne sais plus, évoquait la notion de cheval de Troie : les microplastiques se sont vus ajouter des additifs lors de leur conception, voire des molécules chimiques dont ils ont hérité lors de leur passage dans l'environnement, et je fais référence aux microplastiques ingérés lors de la consommation de fruits de mer, mais il peut également s'agir de microorganismes pathogènes. Parce qu'ils sont présents dans notre corps, est-ce que les microplastiques ne sont pas également une voie de pénétration profonde dans notre organisme de substances chimiques ?

**M. Xavier Coumoul.** – L'exemple assez classique des contaminations dans l'environnement, ce sont les mégots de cigarette qui contiennent du plastique. Beaucoup de consommateurs ne sont pas conscients de la présence de plastique dans ces mégots et de leur caractère non biodégradable.

**M. Christos Symeonides.** – Je pense que le lien entre substances chimiques et micro- et nanoplastiques est au cœur de la question suivante : pourquoi les substances chimiques posent un tel problème dans les plastiques ? C'est lié au fait que les plastiques sont une illustration des risques chimiques. On a parlé de l'effet cheval de Troie qui consiste, pour les plastiques, à transporter des substances chimiques et permettre à ces dernières de traverser des frontières qu'elles ne pourraient normalement pas franchir, mais ce n'est pas le seul risque. La raison principale pour laquelle nous sommes confrontés au problème des micro- et nanoplastiques réside dans le caractère persistant des plastiques dans l'environnement et le fait qu'ils se dégradent lentement en micro- et nanoplastiques. Ces plastiques, parce qu'ils fixent des substances chimiques, permettent à ces dernières de persister dans l'environnement, ce qui ne serait pas le cas si elles n'étaient pas reliées à ces plastiques. Par conséquent, les décisions qu'on prend sur les substances chimiques qui entrent dans la composition des plastiques ont un impact sur plusieurs générations en matière d'exposition de l'environnement à des substances chimiques. La première table ronde a évoqué le phénomène d'accumulation des plastiques dans notre corps, qui à leur tour permettent la bioaccumulation de substances chimiques. Par conséquent, tous ces risques que font courir les substances chimiques n'existeraient pas s'il n'y avait pas de plastiques.



**M. Martin Wagner.** – Je voudrais faire un commentaire sur la capacité du consommateur à faire des choix en toute connaissance de cause. En réalité, les consommateurs ont très peu de choix en ce qui concerne leur exposition, que ce soit aux micro- et nanoplastiques ou aux substances chimiques liées aux plastiques, dans la mesure où il n’y a pas de transparence sur lesdites substances chimiques. Les consommateurs n’ont pas les moyens de savoir que les plastiques qu’ils utilisent contiennent des substances chimiques. Par exemple, ils ne savent pas qu’il y a du bisphénol A dans les canettes et dans les boîtes de conserve. Je voudrais donc remettre en question l’idée qu’il revient aux consommateurs de faire les bons choix dans la mesure où ils n’ont tout simplement pas les informations pour le faire.

Par ailleurs, ce manque de transparence se répercute également sur la chaîne d’approvisionnement. Nous avons constaté que plus de 400 substances chimiques préoccupantes entrent de manière intentionnelle dans la composition des principaux plastiques. Or, on peut se demander si les producteurs utilisent de manière intentionnelle lesdites substances ou bien s’ils les utilisent parce qu’ils ne savent pas quelles sont les substances chimiques qui sont ajoutées tout au long d’une chaîne d’approvisionnement très complexe. Par conséquent, plus de transparence au sein des chaînes d’approvisionnement, mais également pour le consommateur est indispensable pour permettre de faire des choix en toute connaissance de cause et mettre fin à l’exposition aux substances chimiques liées aux plastiques les plus dangereuses.

**M. Arnaud Saint-Martin, député.** – En tant que conseiller municipal d’opposition et à la suite de l’enquête *Forever Pollution Project* publiée par le journal *Le Monde*, j’avais alerté différentes autorités sur un site d’exposition aux PFAS dans l’agglomération de Melun, site qualifié, dans l’enquête, de *hot spot*. J’attends toujours une réponse et on constate clairement une indifférence générale dans ce type de situation, ce qui est dévastateur. En fait, chacun se renvoie la balle !

Nous avons un problème de traçage et de capacité de prélèvement et d’analyse, notamment faute de moyens humains. Il faut renforcer la recherche publique fondamentale et la financer dans la durée pour avoir des experts indépendants. Les projets de recherche financés sur deux ou trois ans ne permettent pas de garantir des séries d’observations sur le temps long. Les coûts sont certes élevés, mais c’est absolument nécessaire.

La puissance publique doit réagir sérieusement, en mettant en place des moyens matériels et humains et en s’organisant mieux. À la fin, c’est nous tous qui allons payer très cher les défauts d’anticipation et de planification. Il faut repenser le chaînage entre expertise, science et action publique.

**M. Daniel Salmon, sénateur.** – Dans l'un des exposés, il était mentionné « pas de données, pas de marché ». C'est une bonne base, car nous avons un véritable souci de transparence et de confiance, puisque les industriels ne fournissent pas les éléments sur les plastiques mis sur le marché. Par ailleurs, comme on ne peut pas complètement faire confiance aux industriels, nous avons besoin de capacités indépendantes de recherche.

Je trouve des similitudes entre la question des plastiques et celle des pesticides : ils sont issus de l'industrie pétrochimique et les additifs et impuretés ne sont pas toujours pris en compte dans la toxicologie.

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office.** – Le rôle du législateur est important : il a pu impulser des changements grâce à la loi. Ainsi, lorsque le consommateur voit que l'emballage plastique est remplacé par du carton, il est sensibilisé de fait à la question. Le législateur a pris ses responsabilités.

Notre collègue Marta de Cidrac, qui était rapporteure du projet de loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire, dite loi Agec, nous suit sur internet et m'a envoyé un message : elle nous fait remarquer que la crise du covid a entraîné un retour du plastique, notamment pour éviter les contaminations. On a désormais du mal à tordre ces nouvelles habitudes.

En tout cas, la France ne peut pas tout ; une action européenne et mondiale est indispensable.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Avant de donner la parole à Marie-France Dignac pour conclure cette audition publique, je souhaite remercier l'ensemble des intervenants à ces deux tables rondes.

Ce que nous avons constaté ce matin, c'est notre accoutumance aux plastiques qui font désormais partie de notre quotidien. Ils sont omniprésents, parfois précieux et utiles. Par conséquent, l'exposition est certaine. Dans ces conditions, comment faire évoluer l'approche bénéfice-risques pour retenir les plastiques les plus précieux, s'interroger sur ceux pour lesquels le bilan bénéfice-risques est moins évident et éliminer ceux qui sont futiles ou inutiles ?

J'ai retenu le fait que nous devons agir notamment au stade de la production. Fabienne Lagarde nous a montré le lien entre la présence de plastiques dans notre organisme et les volumes de production. La simplification des plastiques permettrait une massification des flux facilitant la gestion des objets en fin de vie. Il faudrait également éliminer les molécules les plus dangereuses et limiter les pertes dans l'environnement puisque c'est dans l'environnement que se créent les micro- et nanoplastiques qui s'accumulent dans notre organisme et qui sont eux-mêmes porteurs de molécules à problème.

**Mme Marie-France Dignac.** – Ce matin, l’audition portait sur l’impact des plastiques sur la santé humaine, mais d’autres sujets ont été abordés et il est apparu en filigrane des interventions que les plastiques étaient au centre des trois crises qui secouent aujourd’hui notre planète : la pollution, tout au long du cycle de vie des plastiques – les émissions de micro- et nanoplastiques ont lieu également pendant leur utilisation et pas seulement lorsqu’ils se retrouvent dans l’environnement ; le changement climatique – l’industrie des plastiques contribue à 4 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre et, sans changement, cela ne pourra qu’augmenter ; la perte de la biodiversité, sur laquelle les plastiques ont un impact, qu’il s’agisse de la biodiversité terrestre, marine et en eau douce.

Ces trois crises, qui ont un impact sur la santé humaine – on sait dorénavant qu’il existe des liens entre la perte de biodiversité et l’émergence d’épidémies –, sont interconnectées et doivent être considérées ensemble. C’est d’ailleurs le constat du Programme des Nations unies pour l’environnement.

C’est ce qui a motivé la résolution 5/14 de l’Assemblée des Nations unies pour l’environnement adoptée en mars 2022 par cent soixante-quinze pays, qui vise à aboutir à un traité juridiquement contraignant pour mettre fin à la pollution plastique dans tous les milieux, en prenant en compte l’ensemble du cycle de vie du plastique. Cinq réunions de négociations ont été prévues, la dernière aura lieu dans un mois en Corée du Sud. Des propositions de textes ont été faites et négociées durant ces différentes phases : un *draft zero* à la suite du deuxième comité intergouvernemental de négociation (CIN 2) à Paris, puis d’autres versions révisées et compilées.

À la suite du quatrième comité intergouvernemental de négociation (CIN 4) a été présenté un projet de texte de 70 pages, très complexe, très long, avec beaucoup de propositions contradictoires provenant de différents pays. Aujourd’hui, on peut dire qu’il n’y a pas vraiment de texte. Il va y avoir une proposition du président du CIN, l’ambassadeur Luis Vayas Valdivieso, à travers une note informelle dont deux itérations ont déjà été partagées avec les États membres.

Que devra contenir le futur traité ?

Il y a un préambule, qui rappelle les grands principes d’un tel traité, ses objectifs, un certain nombre de définitions, puis des articles qui vont concerner tous les aspects que l’on a évoqués aujourd’hui sur les produits chimiques – la production, les émissions de microplastique dans l’environnement, le traitement des déchets –, ainsi que des articles sur les aspects financiers ou sociaux. Tous les textes distribués ne figureront pas dans le traité et ils doivent encore être traduits en termes juridiques précis par une équipe de juristes constituée à cet effet.

Pour aller à l'essentiel, je dirai que, pour qu'un traité sur les plastiques soit efficace, il faut qu'il s'appuie sur les connaissances scientifiques indépendantes disponibles aujourd'hui. C'est ce qui a motivé la création en août 2022 de la coalition de scientifiques internationaux, dont un certain nombre d'orateurs, ce matin, font partie.

Aujourd'hui, celle-ci comprend plus de 400 membres de 64 nationalités différentes. Ce sont des scientifiques indépendants, dont l'expertise porte sur tous les aspects de cette pollution plastique. La coalition a une politique très stricte en matière de conflits d'intérêts. Il importe en effet que ces scientifiques soient indépendants, en particulier des industries pétrolières ou pétrochimiques ou des industries des plastiques.

La coalition est organisée en groupes de travail qui peuvent évoluer en fonction des besoins d'information des différentes sessions de négociation et elle produit des notes de synthèse. Avec le QR code que je vous montre sur cet écran, vous pouvez avoir accès aux informations sur la coalition et à toutes ses notes de synthèse, dont la plupart sont traduites en français.

Celles-ci sont destinées aux politiques, aux décideurs, aux négociateurs, et ont pour vocation de simplifier les données scientifiques reposant sur des données avérées. La science incertaine peut y être évoquée, mais toujours sous réserve. C'est vraiment le consensus scientifique qui s'exprime à travers la coalition.

Par ailleurs, un certain nombre de ces scientifiques participent aux sessions de négociation en tant qu'observateurs, afin d'aider les délégués des pays à appuyer leurs positions, qu'elles soient plus ou moins ambitieuses.

Notre rôle est aussi de réagir lorsque l'on entend certains pays fonder leurs propositions sur des affirmations qui nous apparaissent contraires à la science.

Un certain nombre de scientifiques francophones s'engagent plus particulièrement avec les délégations des pays francophones, notamment du continent africain, qui peuvent avoir, en raison de barrières linguistiques, des difficultés pour accéder aux informations techniques et scientifiques sur cette question de la pollution plastique.

Pendant les négociations, nous participons également à un comptoir que l'on appelle *Ask Scientists*, où les négociateurs peuvent venir poser des questions de manière informelle aux scientifiques sur des problèmes particuliers.

Enfin, notre groupe francophone traduit toutes les notes de synthèse, les interventions, les réponses de la coalition en français.

Nous avons formulé un certain nombre de préconisations sur des points qui nous paraissent essentiels afin que le traité soit vraiment efficace pour protéger la santé humaine et l'environnement. Il nous semble d'abord impératif que le traité soit ambitieux et juridiquement contraignant si l'on veut vraiment qu'il ait un impact sur la pollution.

Par ailleurs, nous sommes convaincus que l'on ne peut pas mettre fin à la pollution plastique sans s'attaquer à la question de la réduction de la production de polymères plastiques primaires. Tous les modèles montrent qu'en intervenant uniquement en aval, donc à partir du moment où le plastique est un déchet, il est impossible de limiter les impacts de cette pollution. C'est aussi la conclusion du rapport récent de l'OCDE. Le *statu quo* est insoutenable et il importe d'intervenir en amont en limitant la production et la demande.

Quelle réduction pouvons-nous envisager ? Au CIN 4, la Norvège et le Pérou ont proposé 40 % de réduction en 2040 par rapport à 2025. Cela peut paraître beaucoup, mais cela nous ramènerait seulement au niveau de production de 2015. Cette proposition n'est donc pas si ambitieuse.

Il faut proposer une régulation des substances chimiques fondée sur les dangers, puisque l'on ne peut pas être sûr qu'une substance chimique dangereuse dans un plastique, quel qu'il soit, ne va pas conduire à une exposition humaine à un moment de son cycle de vie.

Le traité devra en outre définir un certain nombre de critères pour aider à l'élimination des plastiques non essentiels et un principe d'utilisation essentielle pour autoriser pendant une durée limitée des plastiques qui peuvent être jugés dangereux, non soutenable ou non durables, mais essentiels pour la société ou la santé.

Enfin, c'est une évidence, il faudra s'attaquer au problème des micro- et nanoplastiques et prévoir une interface science/politique exempte de conflits d'intérêts.

Pour conclure, je remercie MM. Philippe Bolo et Stéphane Piednoir d'avoir bien voulu donner la parole aux scientifiques sur cette question. Notre but est uniquement d'alerter sur ces problématiques, sans intérêt particulier. Un dernier mot et une pensée pour notre collègue Juan Baztan, que vous avez évoqué au début de la réunion et qui a eu un rôle moteur par son engagement pour une recherche éthique, transdisciplinaire et collaborative sur les plastiques.

**M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office.** – Je remercie tous les participants à cette réunion. Je souhaite bon courage à Philippe Bolo dans son entreprise de conviction et de persuasion des différents acteurs, car, nous l'avons compris, le temps presse dorénavant.

## II. EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE LA RÉUNION DU 14 NOVEMBRE 2024 DE PRÉSENTATION DES CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024

**M. Pierre Henriët, député, premier vice-président de l'Office.** – Mes chers collègues, nous avons un deuxième point à l'ordre du jour, l'examen des conclusions de l'audition publique sur les impacts des plastiques sur la santé humaine. Je laisse la parole à Philippe Bolo qui va nous les présenter.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Je vais essayer de vous faire un résumé des conclusions de cette audition publique en quinze minutes afin de nous laisser le temps d'échanger entre nous.

Pourquoi avons-nous organisé cette audition publique ? Elle s'inscrit dans la continuité des travaux de l'Office. La production de plastique a été multipliée par deux lors de ces vingt dernières années et atteint aujourd'hui cinq cents millions de tonnes. Cela représente à peu près soixante kilogrammes par terrien. Les perspectives dressées par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) prévoient que la production devrait s'élever à sept cent cinquante millions de tonnes en 2040, soit quatre-vingt-dix kilogrammes par terrien et à plus d'un milliard de tonnes en 2050, soit cent vingt kilogrammes par terrien.

Cette progression est également corrélée à une croissance exponentielle des déchets. Cela met deux choses en exergue : la non-circularité du cycle de vie des plastiques et l'importance de l'usage unique. Ainsi, seulement 32 % des emballages sont recyclés. Cette croissance exponentielle entraîne une autre conséquence : l'explosion de la présence des microplastiques dans tous les compartiments de l'environnement : sur terre, dans les océans, dans les fleuves, dans les rivières, dans les sols, dans l'air que nous respirons et dans les organismes vivants.

L'une des solutions pour lutter contre la pollution plastique réside dans l'adoption du traité international actuellement en cours de négociation. Dans une dizaine de jours, va s'ouvrir la dernière séquence de négociation à Busan, en Corée du Sud, du 25 novembre au 1<sup>er</sup> décembre.

Deux sujets majeurs y seront débattus. Le premier porte sur la réduction de la quantité de plastique produit en réponse à ce que je viens d'énoncer. Cette proposition est loin de faire consensus entre, d'une part, ceux qui militent pour ne pas infléchir la trajectoire de production de plastique, d'autre part, les pays qui veulent modifier les choses. Le second sujet qui sera débattu est celui de la préservation de la santé humaine au regard des impacts de la pollution plastique. Il fait davantage consensus.

L'audition publique qui s'est déroulée le 17 octobre a réuni dix chercheurs français, suédois, anglais et australien, dont plusieurs sont membres de la coalition internationale des scientifiques qui vise à donner une base scientifique aux travaux du traité international.

L'audition publique était organisée sous forme de deux tables rondes. La première concernait le plastique particulaire et ses impacts sur la santé, la seconde traitait des substances chimiques associées au plastique.

Il faut retenir deux grandes conclusions de la première table ronde.

La première concerne les difficultés méthodologiques mises en avant par les chercheurs. De quoi s'agit-il ? Nous sommes en face de particules dont la taille et la forme sont variables et qui correspondent à différents polymères. Cela se traduit par de vraies difficultés pour les mesurer. Concrètement, quand vous mesurez la teneur en plastique de l'eau du robinet ou de l'eau en bouteille, les résultats varient en fonction des études, même dans le cas où vous reprenez la même ressource en eau. C'est la raison pour laquelle un effort de réglementation a été réalisé : il existe aujourd'hui une norme de l'Association française de normalisation (AFNOR) qui permet de standardiser la façon dont sont caractérisés les microplastiques dans l'eau.

Une autre difficulté méthodologique est liée à la présence de nanoplastiques. Il est très difficile de les doser et leur plus petite taille est un enjeu important. Dès qu'ils sont absorbés par notre organisme, leur petite dimension leur donne la capacité de circuler librement dans le sang.

Il est aussi difficile de mesurer la quantité de plastique que nous ingérons. Une étude de 2019, qui avait eu un grand écho médiatique, montrait que nous absorbons l'équivalent d'une carte de crédit par an. Elle est d'ailleurs citée dans le rapport. Cependant, ce chiffre a été revu à la baisse et est très variable selon les publications scientifiques.

Une dernière complexité méthodologique concerne les études *in vitro*. Vous pouvez utiliser des particules plastiques et les exposer à des organismes vivants afin d'analyser leurs impacts. Toutefois, les particules vendues dans le commerce sont sphériques et constituées de polystyrène. Donc, elles ne sont pas représentatives de la diversité des particules plastiques présentes dans le milieu naturel.

La deuxième conclusion de cette première table ronde est la multiplication des signaux d'alarme sur les risques que les plastiques font peser sur la santé.

Nous sommes confrontés au plastique par trois voies d'exposition : la respiration, le contact cutané et l'alimentation. Les chercheurs nous ont fait remarquer que la quantité de plastique absorbée par inhalation est aussi importante que celle absorbée par ingestion. Même si nous n'y pensons pas spontanément, nous respirons en réalité énormément de particules plastiques.

Ensuite, une fois respirées ou ingérées, ces particules peuvent atteindre des organes profonds dans l'organisme par différents chemins. Les surfaces d'absorption sont la peau, les poumons et le colon. Le transport s'opère par le sang et par les nerfs. Les dernières recherches montrent que sont aussi concernés des organes comme le placenta, les reins, les testicules et le cerveau. Les recherches montrent également des corrélations entre cette présence de plastique et des désordres de santé.

La première preuve de l'impact des plastiques sur la santé humaine nous a été apportée à travers l'étude du microbiote qui est, vous le savez, cette cohorte de micro-organismes qui contribuent à notre bonne santé. La présence de microplastiques peut influencer le métabolisme des micro-organismes. Par exemple, certains acides gras à chaîne courte sont plus ou moins bien synthétisés. Ils sont indispensables à la santé et moins bien synthétisés chez l'enfant dont le microbiote est exposé aux microplastiques. Il existe également différentes familles de micro-organismes qui sont plus ou moins présentes suivant la quantité de microplastiques observée. Cela peut provoquer des dysbioses – des déséquilibres du microbiote – qui induisent des effets néfastes sur notre santé.

La complexité est que ces déséquilibres sont également influencés par le régime alimentaire. En effet, certains régimes – notamment ceux riches en gras et en sucres – favorisent la survenue de telles conséquences.

Les chercheurs nous ont également indiqué que dans le cadre de la respiration, il existe un système d'évacuation des particules plastiques qui entrent dans nos poumons. Il s'agit de la clairance macrocytaire. Cette dernière est parfois mise à mal par certaines formes et par certaines tailles de microplastiques qui parviennent à entrer dans la circulation sanguine et peuvent avoir un impact sur la fonction pulmonaire. Ainsi, certaines pathologies respiratoires telles que les rhinites allergiques sont par exemple corrélées à la présence dans le corps d'une grande quantité de microplastiques.

Enfin, les microplastiques ont un impact sur la plaque carotidienne et sur les risques d'infarctus du myocarde. Des chiffres nous ont été donnés : trois cents personnes ont été suivies parce qu'elles avaient subi des chirurgies carotidiennes. Le risque de la survenue d'un infarctus est quatre à cinq fois plus élevé chez les personnes avec les taux de microplastiques les plus élevés.

La seconde table ronde, qui s'intéressait aux substances chimiques associées aux microplastiques, a permis de mettre en exergue trois conclusions.

La première est qu'il existe une grande méconnaissance de toutes les substances chimiques que nous utilisons et qui sont associées aux polymères. Il y a d'abord des additifs : les plastifiants, les antioxydants et les retardateurs de flamme qui sont utilisés avec les plastiques. Sont également présents des auxiliaires de fabrication, qui sont des catalyseurs des réactions de polymérisation. Certaines substances chimiques apparaissent de manière non intentionnelle telles que les impuretés des produits dérivés. Au total, seize mille substances associées au plastique ont été recensées.

Quatre critères permettent de caractériser leur dangerosité : la persistance, la bioaccumulation, la mobilité et la toxicité. 4 000 substances sont jugées dangereuses et sur 10 000 autres, aucune donnée n'est disponible sur les quatre critères de dangerosité. De plus, seulement 6 % de ces substances font l'objet d'une réglementation internationale, ce qui montre la difficulté à laquelle nous devons faire face.



Un autre effet est loin d'être négligeable : tel un cheval de Troie, les particules plastiques – issues notamment de la dégradation et de l'altération de surface des macrodéchets présents dans l'environnement sur des temps longs – ont, du fait de leurs propriétés physiques et chimiques, la capacité d'adsorber toutes sortes de polluants présents dans l'environnement. Ceux-ci vont donc s'associer à ces microplastiques et être à même de franchir des barrières qu'ils n'auraient normalement pas passées.

La deuxième conclusion est que la population est exposée aux substances chimiques associées au plastique. Les chercheurs ont précisé que 25 % des 14 000 substances des matériaux et plastiques utilisés dans les contenants alimentaires étaient identifiés dans le corps humain. 15 % de la population européenne présente des teneurs dans le sang au-dessus des seuils tolérables pour quatre composés perfluorés les plus fréquents et dont la toxicité est la plus reconnue.

De surcroît, une étude – une revue générale qui réalise la synthèse de 50 revues systémiques, soit environ 1,5 million de données – s'est intéressée à trois molécules (les PBDE, le BPA et le DEHP). Elle démontre, avec des degrés de certitude plus ou moins forts, que de vraies conséquences existent sur les enfants et les adultes. Ces substances peuvent perturber le système endocrinien, provoquer des malformations génitales à la naissance et entraîner une perte de capacités cognitives. L'impact n'est donc pas négligeable.

La troisième conclusion a trait au coût sanitaire de ces substances chimiques dans les plastiques. Une étude exploratoire a été menée aux États-Unis sur les trois molécules citées précédemment et sur un ou deux de leurs impacts sanitaires sur la population américaine. Les coûts sont estimés à 675 milliards de dollars par an pour les seuls États-Unis. Même s'il y a une erreur de 20 % ou de 30 %, ces coûts restent très importants.

Finalement, cela nous montre que si le plastique n'est pas cher pour le producteur et pour le consommateur, il coûte très cher à la société qui doit réparer ses effets néfastes. Outre ceux que j'ai déjà cités, vous pouvez ajouter la contribution croissante de la production de plastique au changement climatique *via* les émissions de CO<sub>2</sub> et les coûts liés à la pollution des sites de production.

À l'issue de ces deux tables rondes, neuf recommandations construites sur la base des propos des scientifiques et destinées aux négociateurs du traité international vous sont proposées. Ces recommandations doivent alimenter la réflexion sur le traité international. Elles figurent dans le document qui vous a été distribué.

La première recommandation est d'aboutir à un traité ambitieux. Elle résulte d'un triple constat :

- la pollution plastique n'est pas présente uniquement dans les océans, mais également dans les autres milieux ;

- la pollution plastique existe tout au long du cycle de vie des plastiques : de l'extraction du pétrole jusqu'à la gestion des déchets en fin de vie ;

- le troisième élément fondamental est qu'on ne résout pas la pollution plastique en s'intéressant uniquement à la gestion des déchets.

Ensuite, il convient de réduire la production de polymères vierges même si cela peut heurter certaines consciences et poser un certain nombre de questions.

Pourquoi ? Parce que les scientifiques nous ont montré que des corrélations existent entre l'explosion de cette production, la présence des déchets qui explose également et l'augmentation de la quantité des microplastiques dans tous les compartiments de l'environnement notamment dans les organismes vivants. Il faut donc réagir.

La réduction, le réemploi et le recyclage sont trois leviers qui permettent de moins produire de pétrole utilisé pour la fabrication des plastiques. Il faut introduire davantage de circularité dans le cycle de vie des plastiques.

De plus, nous produisons quantité de plastiques absolument inutiles dont nous pouvons nous passer sans difficulté.

Il faudra ensuite renforcer les moyens des gouvernements et des scientifiques afin d'approfondir nos connaissances. Au niveau gouvernemental, il faudrait pouvoir échanger les données d'une manière plus efficace pour accroître notre capacité collective à analyser les substances chimiques et les réglementer. Au niveau scientifique, il faudrait disposer de financements plus pérennes afin de pouvoir réaliser des travaux de suivi sur le long terme et ne pas perdre des connaissances lorsque les projets de recherche arrivent à leur terme.

Trois recommandations concernent les substances chimiques : la transparence, la réduction de leur nombre et le renforcement de l'efficacité des réglementations. Il faut également améliorer les analyses du cycle de vie (ACV) des plastiques pour intégrer les coûts générés par la présence durable des microplastiques dans l'environnement. À défaut, on s'expose à des comparaisons stériles entre verre, papier et plastique. Surtout, il faut tenir compte de tous les impacts du plastique en matière de collecte, de tri, de traitement des déchets, d'environnement et de santé pour déterminer son prix.

La huitième recommandation vise à promouvoir des critères pour la définition des plastiques non essentiels afin de faciliter leur élimination.

La dernière recommandation est de limiter les pertes dans l'environnement, car le traitement et la gestion des déchets ne vont pas tout résoudre. Il ne faut pas oublier que la perte dans l'environnement ne concerne pas seulement les objets que nous avons entre nos mains mais aussi les granulés de polymère industriel utilisés comme matière première dans la fabrication des matériaux et objets plastiques et qui s'égarer dans la nature. Il convient donc de limiter au maximum ces pertes.

**M. Pierre Henriet, député, premier vice-président de l'Office.** – Je vous félicite pour cette présentation qui témoigne non seulement d'une parfaite maîtrise du sujet, mais aussi d'une vraie passion.

**M. Jean-Luc Fugit, député, vice-président de l'Office.** – Félicitations également pour ce travail. Nous connaissons la passion de notre collègue sur le sujet. J'ai deux questions à lui poser.

Premièrement, le Di(2-ethylhexyl) phtalate (DEHP) évoqué dans le rapport comme l'une des trois molécules n'avait-il pas été interdit ?

Deuxièmement, il a été évoqué tout à l'heure que des recherches sont menées sur la présence des microplastiques dans l'air. Aujourd'hui, pouvons-nous les mesurer, les identifier et déterminer la taille de ces particules ? Cette taille est-elle inférieure à dix micromètres, ce qui permettrait de les inclure dans la fameuse base de données sur les particules (PM<sub>10</sub>) ? Comment mesure-t-on la qualité de l'air ?

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Le DEHP a-t-il été interdit ? Les propos tenus par Martin Wagner, chercheur suédois, portent sur la mise en place d'une base de données internationale qui recense, pour l'ensemble des pays, l'identification des molécules, leur dangerosité, etc. La réponse dépend des pays et des produits.

Sonja Boland a parlé des différentes tailles des particules. Elle a donné une fourchette de 3 à 10 tonnes de particules plastiques présentes dans l'air déposées chaque année en région parisienne. Sachez qu'une application existe et que vous pouvez la télécharger sur votre téléphone portable. Un modèle avait été mis en place : il calculait, en fonction de la météo, la quantité de microplastiques qui tombait sur l'aire de la région parisienne. Depuis, il a été actualisé. Évidemment, plus les particules sont fines, plus elles ont la possibilité de pénétrer profondément dans l'organisme, donc jusqu'à la circulation sanguine.

**M. Daniel Salmon, sénateur.** – Merci pour cette présentation et pour cette implication dans ce dossier qui me semble essentiel. J'ai deux ou trois questions à vous poser.

Lors de l'audition publique sur l'impact des plastiques sur la santé, nous avons été alertés sur les problématiques cognitives liées au plastique et sur les baisses de quotient intellectuel (QI). À mon avis, ces sujets vont intéresser le public. De plus, nous ne les avons pas anticipés.

L'autre question porte sur la communication. La plupart du temps, le plastique est associé aux déchets visibles. Cependant, nous oublions que ces particules sont également liées à l'usure, car tout objet plastique finit par s'user. Des microparticules sont présentes en permanence autour de nous. Par exemple, lorsque nous mettons nos vêtements à laver, des particules vont se retrouver dans la chaîne alimentaire. Donc, je pense qu'une communication claire sur cet aspect est importante.

Est-ce que l'usure des pneus est considérée comme un déchet plastique ? Il y a en ce moment une campagne « Agir pour l'environnement » sur les pneus. Nous savons que 40 % des particules émises par un véhicule viennent des pneus, c'est donc aussi une vraie problématique. A-t-on quantifié la proportion de particules liées à l'usure des pneus parmi les 3 à 10 tonnes de plastiques qui contaminent l'air en Île-de-France ?

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – En effet, la communication est essentielle, car, aujourd'hui, beaucoup voient dans la pollution plastique un « continent plastique », qui n'existe pas. Cette image est médiatiquement forte. Le problème ne se cantonne pas aux bouteilles plastiques présentes dans la nature ou au recyclage plus ou moins vertueux. Par conséquent, il faut consacrer beaucoup de temps à expliquer que la pollution plastique concerne tous les objets. La question des microfibrilles textiles est très importante, car elle relie notre sujet à la *fast fashion* dont le volume explose et pose, de fait, un certain nombre de problèmes en termes de microplastiques, de déstructuration et de déstabilisation des systèmes de collecte et de tri des vêtements.

La deuxième question portait sur la contribution des différents secteurs économiques à la pollution plastique. C'est un vaste sujet. Il y a vingt ans, le Britannique Richard Tompson a été le premier à écrire un article très intéressant sur les microplastiques. Récemment, il a créé une revue pour recenser l'ensemble des résultats scientifiques sur le sujet.

La première difficulté que nous rencontrons est que l'on cherche avant tout à déterminer la part de responsabilité de chacun. Je ne suis pas sûr que ce soit la bonne approche. S'il est nécessaire de traiter le sujet de manière à ce que les consommateurs connaissent les conséquences de leurs actes de consommation et la question de la gestion des déchets, ce n'est pas suffisant.

Depuis les années 1950, une grande partie des objets plastiques produits (dont seulement 8 % sont recyclés) sont encore en circulation. Le reste est dispersé dans la nature et se dégrade petit à petit. Sans être chercheur, en écoutant les uns et les autres, je suis persuadé que la quantité la plus importante de déchets plastiques reste à venir. C'est la raison pour laquelle nous parlions de « bombe à retardement » dans le rapport de 2020. Ces objets sont en train de se dégrader et émettent un flux continu de microplastiques.

**M. Alexandre Allegret-Pilot, député.** – J'aurais souhaité avoir des informations complémentaires sur les impacts sanitaires provoqués par les substances chimiques associées aux plastiques.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Cela se trouve en page 15 du rapport, mais les effets de trois molécules seulement sont répertoriés alors que nous en comptons 16 000 au total. Ce travail est très documenté.

Ce sont des substances chimiques qui entrent dans l'organisme et minent le système hormonal à tous les stades. Par exemple, lorsqu'une femme enceinte est exposée à ces molécules, cela va avoir un impact sur le développement du fœtus avec de possibles malformations génitales à la naissance. Ces molécules ont également un impact sur les adultes sous d'autres formes : il y a une perte des capacités cognitives, le développement de maladies cardiovasculaires, de l'obésité, du diabète, etc.

**M. Arnaud Saint-Martin, député.** – Il est vrai que la dégradation de tous ces plastiques en sommeil invite presque à s'interroger sur l'opportunité de lancer une grande collecte nationale de tous les plastiques à l'abandon pour les recycler.

Je retiens deux grandes choses de ce que vous dites.

La première est que nous sommes confrontés à un enjeu de modèle industriel, économique, et global à l'échelle mondiale, ainsi qu'à un enjeu d'internalisation des externalités négatives.

La seconde concerne la recherche, le suivi de la connaissance afin de pouvoir véritablement mesurer en détail ces externalités pour pouvoir, ensuite, les répercuter sur les producteurs de plastiques.

Quel est, d'après vous, le chiffrage budgétaire d'un projet qui serait suffisamment ambitieux, tout en restant soutenable, pour avoir la capacité de financer ce suivi et cette recherche ? Le cas échéant, à quel niveau de centralisation interviendrait-il ?

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – J'apprécie la première partie de votre prise de parole sur le modèle économique.

Il ne s'agit pas de dire que tous les plastiques sont inutiles. En effet, comme nous l'avons vu à Valence, des industriels construisent des barrières en plastique qui se gonflent automatiquement, permettant ainsi d'éviter les catastrophes liées aux inondations. Les plastiques dans les satellites permettent aussi de mesurer les paramètres physiques de la Terre et de prévoir des catastrophes naturelles. Les plastiques présents dans des véhicules évitent l'émission de CO<sub>2</sub>, etc.

Pour autant, certains plastiques sont complètement inutiles, conférant à ce matériau une mauvaise image auprès du public.

Combien faudrait-il investir ? La question est complexe car elle concerne tout le cycle de vie. Donc, que peut-on effectuer comme recherches pour réduire le volume des plastiques produits sans perdre les propriétés physiques de ces matériaux ? Si je devais travailler à l'autre bout de la chaîne, je ferais en sorte d'avoir à ma disposition les meilleurs systèmes de gestion. J'ajoute que je me place toujours dans le cadre du traité international.

En France, nous connaissons le coût des plastiques à travers les impôts locaux pour le tri et la collecte des déchets. Quand vous êtes dans un pays où il n'y a aucune infrastructure de gestion des déchets, cela génère d'autres types de coût. Ces derniers varient donc considérablement d'un pays à l'autre.

Sur la communication, le modèle d'organisation de notre consommation est la grande distribution. Cette dernière est un grand utilisateur de tous ces plastiques à usage unique. En définitive, nous réalisons que la part des financements consacrés à la recherche et à la transition du modèle économique est variable d'un pays à l'autre.

La seule chose certaine est que nous devons agir. Dans cette perspective, il serait intéressant d'avoir une première estimation des coûts pour un pays. Je rappelle que chacune des trois molécules précédemment évoquées entraîne un type de dommage qui lui est propre.

Ainsi, contrairement à l'image que nous en avons, ce matériau coûte cher à la société et son usage induit des conséquences néfastes. Si nous décidons d'éviter ce coût, le chiffrage est un levier important. En effet, ce dernier est indispensable pour s'orienter vers la transition sociale, industrielle qui nous est nécessaire pour sortir du problème.

**Mme Dominique Voynet, députée.** – Merci pour ce travail précieux d'intérêt général. J'ai une question qui fait le lien avec ce que vous disiez concernant l'expertise à consolider et le fait que la recherche indépendante ne devrait pas bénéficier uniquement d'appels à projets, mais de réels financements. Je m'associe à cette recommandation, car elle est nécessaire. Nous devons pérenniser des budgets et des équipes. Est-ce que vous avez des éléments à nous fournir sur le type d'espace qu'il faudrait construire ? Est-ce couplé à de la recherche universitaire ?

Bien évidemment, il faudrait former du personnel à ces recherches. Devrions-nous créer un organisme public *ad hoc* afin d'assurer l'indépendance et l'intégrité de la recherche publique en ce domaine ? Auriez-vous des informations sur les modalités d'une institutionnalisation de cette recherche ? De fait, elle pourrait peut-être apporter des savoirs nouveaux sur cette vie du plastique.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Ce que je peux vous répondre est qu'il y a un véritable intérêt et une plus-value à ce qui s'est passé en parallèle des négociations du traité avec la formation d'une coalition internationale de scientifiques. De manière spontanée, 400 chercheurs ont décidé de travailler ensemble. Nous voyons bien qu'il y a une sorte d'émulation en plus d'une prise en compte de la diversité des enjeux selon les pays. Donc, tout cela est très riche et important. Dans le rapport de l'Office de 2020, parmi nos quarante-neuf recommandations, nous voulions mettre en place l'équivalent du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour le plastique. Toute la communauté scientifique aurait ainsi pu échanger.

Je pense que nous sommes à un moment charnière. Dans le rapport de 2020, concernant l'effet des microplastiques sur la biodiversité, chacun citait la taille du polymère étudié, la durée d'exposition, la concentration et l'espèce cible. À partir de ces résultats, des convergences se dégagèrent permettant d'identifier d'éventuelles conséquences. Cependant, il restait difficile d'associer ou de comparer les études entre elles. Donc, je crois beaucoup à une approche internationale menée dans cet esprit d'harmonisation et d'homogénéisation des méthodes d'analyse.

En France, les débats dépassent la recherche sur le plastique et portent sur toutes les recherches. Je suis persuadé qu'un pays puissant investit dans la recherche et, du même coup, dans sa vision de son avenir. Cela nécessite des financements pérennes et la capacité de mener des recherches à long terme.

**Mme Dominique Voynet, députée.** – Je voudrais évoquer un problème en devenir : la banalisation de la consommation excessive d'eau ou de sodas encouragée par les énormes campagnes de *marketing* réalisées par de puissantes multinationales comme Coca-Cola au moment des jeux Olympiques de 2024, ou encore Nestlé. Ces pratiques ont été dénoncées par de nombreux travaux comme ceux de Jean Ziegler ou, plus récemment, par ceux de notre collègue sénatrice, Raymonde Poncet Monge. Je vous remercie pour l'utilité de votre travail. Grâce à cela, nous savons désormais que le contenant pose des problèmes énormes et génère des coûts directs, indirects, sanitaires et environnementaux, etc., que vous avez bien décrits.

Cependant, le contenu cause aussi des problèmes et je n'évoquerais même pas les coûts générés par le transport et l'impact de ces produits sur le porte-monnaie des personnes aux revenus modestes. En effet, bien des travaux évoquent l'impact des sodas sucrés : diabète, obésité, AVC, hypertension, etc. De plus, l'eau du robinet disponible pour presque rien est aussi contaminée par des particules, notamment par les plastiques. Donc, j'espère ne pas alimenter le procès de l'écologie punitive en plaidant pour une régulation, non seulement des produits, que ce soit les molécules plastiques elles-mêmes ou leurs adjuvants, mais également des usages.

Une société qui se pose la question de son avenir peut-elle se contenter de laisser le marché décider et laisser à la collectivité le soin d'assumer les coûts ? Non.

Le moment viendra où il faudra peut-être créer une nouvelle régulation afin de réserver l'emploi de produits pétroliers précieux et rares à des usages plus nobles que celui des bouteilles plastiques qui vont se retrouver en décharge. Je n'évoque même pas la Polynésie française. À Mayotte, avec la crise de l'eau, des millions de bouteilles plastiques se retrouvent dans les ruisseaux, disséminées sur l'île d'une façon insupportable, car nous n'avons pas de filière de recyclage.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Mon implication sur le traité international m’a appris une chose que je n’avais pas nécessairement vue. Nous avons évoqué Mayotte. Des pays sans bouteille d’eau existent aussi et ils sont confrontés à de grandes difficultés. J’ai pu rencontrer des personnes de ces régions qui expliquent ne pas avoir de ressource en eau superficielle ou souterraine. En définitive, la seule solution est le recours à la bouteille d’eau.

Ici, le contexte est complètement différent et cela nécessite effectivement d’étudier à nouveau le sujet chez nous. Je fais partie des personnes qui considèrent que l’eau du robinet est de très bonne qualité en France, même si nous pouvons y trouver parfois des choses que nous préférerions ne pas y trouver. Elle est payée par nos impôts et elle est beaucoup moins chère que l’eau en bouteille. À ce titre, je ne comprends toujours pas que certaines personnes se plaignent de payer trop d’impôts pour pouvoir bénéficier de l’eau du robinet alors qu’elles achètent de l’eau en bouteille qui coûte jusqu’à deux cents fois plus cher que l’eau du robinet. Nous entrons ici dans la dimension sociologique du sujet. Ceci pose des questions sur le modèle de consommation et notamment sur les petits contenants. Nous échangerons sur ces questions quand nous débattrons de la proposition de loi visant à l’interdiction des micro-emballages plastiques destinés à contenir des liquides, déposée par le député Pierre Cazeneuve le 29 octobre 2024.

Cependant, je n’irai pas jusqu’à considérer que l’existence de ces contenants n’a aucune utilité. Ils peuvent être utiles dans certains cas à l’échelle planétaire ou dans le cadre de certaines crises où l’eau du robinet n’est plus potable.

Se pose aussi la question de la quantité des contenants que nous utilisons et la gestion des déchets qu’ils génèrent. Il faut rester prudent et ne pas se bercer d’illusions concernant ce qui nous est affirmé sur la capacité à recycler indéfiniment les bouteilles.

Cela nous interroge sur un aspect que je juge essentiel. Nous recourons tous à ces objets plastiques – souvent inutiles – pour assurer notre confort. Or, il est difficile de rebrousser chemin, car l’usage du plastique est commode, pratique et réduit les charges. Par exemple, nous n’allons plus faire les courses tous les jours.

**M. Gérard Leseul, député, vice-président de l’Office.** – Merci pour ce travail précieux et argumenté et pour votre investissement sur ce sujet. Je partage les interrogations des intervenants précédents. La question de la place du plastique dans les filières m’intéresse aussi. J’ai bien entendu la réponse : il ne faut pas que chacun se renvoie la responsabilité, mais il est aussi important d’avoir une vision, notamment en ce qui concerne la responsabilité de l’alimentation à emporter dans l’ensemble des pollutions plastiques et microplastiques. Bien sûr, il faut aller vers des régulations des produits, des usages et des contenants, ce qui poussera le consommateur à s’interroger et à s’impliquer.



Je voudrais savoir ce que nous pourrions faire dans le cadre d'un dialogue avec les professionnels de la filière plastique afin de les entraîner éventuellement vers une transition. Nous voyons bien que toutes les filières plastiques sont organisées et structurées. Donc, en tant que rapporteur, quelles relations avez-vous eues et quelles relations pourrions-nous avoir avec la Fédération de la plasturgie, le Syndicat des films plastiques, le Syndicat national de l'extrusion plastique, le Syndicat professionnel national de la plasturgie et des composites, etc. ?

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Il est vrai qu'il est important de connaître le degré de responsabilité des uns et des autres. Quand nous connaissons l'étendue de notre responsabilité, nous pouvons nous mettre autour d'une table pour déterminer comment agir.

Cela renvoie à un autre sujet tout aussi important : celui du mode de comptabilisation. Par exemple, les chercheurs ont indiqué que l'empreinte du plastique sur l'ensemble du cycle de vie est supérieure à celle de l'aviation.

Sur le lien avec les professionnels, au-delà de ces conclusions, l'héritage du rapport de 2020 apparaît à travers des sollicitations quasi hebdomadaires sur ce sujet de la part d'ONG mais aussi de professionnels. Rien n'est caché : il y a quinze jours, j'ai rencontré l'un des syndicats qui traitent cette problématique. Grâce à ces dialogues, nous pouvons mesurer la complexité du sujet. Nous sommes en présence d'enjeux portant sur l'industrie, des emplois, des familles et des bassins de production. Avec la présence de tous ces plastiques inutiles, je suis convaincu qu'un levier d'action existe. Les professionnels s'en rendent compte et, lors des échanges, nous pouvons constater qu'ils ont deux positionnements opposés.

Certains sont en avance dans leur pratique et ont anticipé un certain nombre de virages qu'ils devront prendre afin d'éviter d'être montrés du doigt. Ainsi, ils ne craignent parfois pas la réglementation car ils ont déjà anticipé plus que ce qu'elle exige.

D'autres pratiquent le *business as usual* et ne changent rien en prétendant ne pas connaître les impacts des microplastiques.

Au sein de la profession, nous sommes en présence de différentes manières d'observer la situation. Il ne faut jamais oublier non plus que les industriels sont confrontés à une contrainte économique. Néanmoins, ils peuvent être sincères dans leur démarche. De plus, le sujet est mondial de sorte que beaucoup de plastiques que nous considérons inutiles viennent d'Asie. Par conséquent, les professionnels du secteur peuvent penser qu'une transition bien menée chez eux peut éviter la mise en concurrence de certains produits.

Nous pouvons citer l'exemple du sac plastique. En France, nous avons beaucoup légiféré sur son épaisseur. Celle-ci a donc évolué et le sac plastique est devenu de meilleure qualité et, parfois même, réutilisable. Toutefois, des sacs plastiques d'origine chinoise ne respectant pas cette norme reviennent sur le marché.

Le sujet de la pollution plastique est complexe, mais nous avons l'obligation de dialoguer avec les industriels. J'invite chacun de nous à le faire. De cette manière, nous pourrons nous faire rapidement une opinion sur les interlocuteurs qui viennent avec l'idée de construire et sur ceux qui pratiquent leur lobbying en utilisant des cas d'espèce. Pour conclure, je considère qu'il ne faut surtout pas fermer la porte au dialogue et je m'applique cette règle.

**M. Pierre Henriet, député, premier vice-président de l'Office.** – Le dernier cycle de négociation sur le traité se tiendra dans quelques jours à Busan.

**M. Philippe Bolo, député, rapporteur.** – Oui, du 25 novembre au 1<sup>er</sup> décembre.

Si le rapport que je vous présente est adopté, il sera traduit et largement diffusé. Je l'enverrai même au président du Comité international de négociations, Luis Vayas Valdivieso, ainsi qu'aux scientifiques.

Le rapport de 2020 avait permis de créer une coalition internationale de parlementaires à l'initiative d'Angèle Prévile et de moi-même. Aujourd'hui, cette coalition regroupe 26 parlementaires issus de 15 pays différents : nous sommes la voix de 2,3 milliards de citoyens. Chaque membre de la coalition parlementaire recevra la note en anglais et en français. Je les invite à prendre le temps dans leurs parlements respectifs, de réunir les chercheurs de leur pays et d'aller parler avec leurs industriels. En coordonnant nos actions, nous serons plus forts et nous pourrons peser sur les négociations.

**M. Pierre Henriet, député, premier vice-président de l'Office.** – Je propose que nous adoptions les conclusions de l'audition publique, ce qui permettra de diffuser ce support dans le cadre des négociations prochaines.

*L'Office adopte à l'unanimité les conclusions de l'audition publique sur les impacts des plastiques sur la santé humaine et autorise la publication, sous forme de rapport, du compte rendu de l'audition et de ces conclusions.*



## ANNEXE

### DOCUMENTS PROJETÉS PAR LES INTERVENANTS LORS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 17 OCTOBRE 2024

Les présentations des participants à l'audition publique du 17 octobre 2024 sont disponibles à l'adresse suivante :

<https://www.senat.fr/rap/r24-141/r24-141-annexe.pdf>