

Compte rendu de la rencontre débat du mardi 20 mai 2025

Les microplastiques dans les sols, les océans ou le corps humain : sources, impacts et solutions

présentée par Marie-France Dignac (*)
Directrice de Recherches INRAE à l'Institut d'Écologie et des Sciences de
l'Environnement de Paris

(*) BIO : Après une formation de chimiste à l'ESPCI, Marie-France Dignac travaille depuis 25 ans à INRAE où elle étudie le fonctionnement biologique des sols, par le biais de la géochimie organique et isotopique. Ses projets de recherche à l'Institut d'Écologie et des sciences de l'Environnement de Paris visent à comprendre les interactions écologiques complexes entre les plantes, les microbes et les invertébrés du sol, et comment l'accumulation de polluants tels que les microplastiques les affectent. Elle est membre du comité stratégique de la Coalition internationale de scientifiques qui participent en tant qu'experts aux négociations sous l'égide de l'ONU du Traité pour mettre fin à la pollution plastique.

Pour en savoir plus : - **Plastiques, un poison si pratique, 2025 Sorbonne Université Presses**
- **Pollution plastique, la biodiversité menacée, 2025, Quae édition+**

Compte-rendu

I. Définitions et chiffres clés

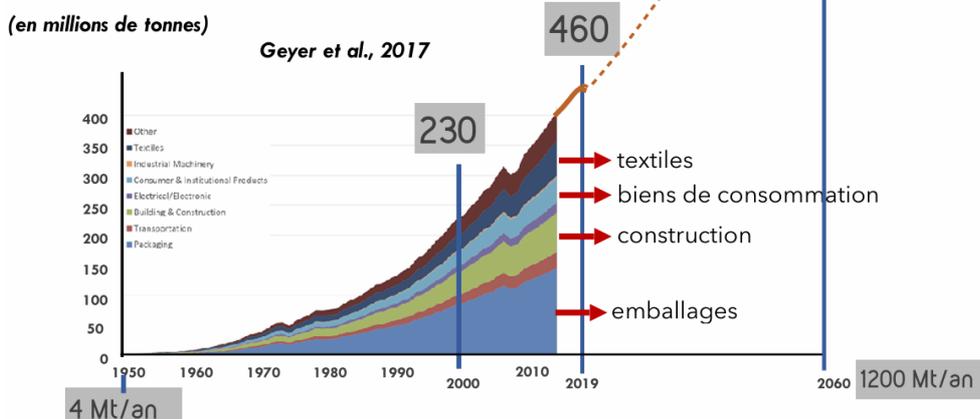
A. Qu'est-ce qu'un plastique ?

Le plastique est un dérivé du pétrole brut (à 99%), de la fraction appelée Naphta duquel on extrait des monomères (éthylène, propylène, pyrène, vinyle, styrène) qui vont être ensuite polymérisés avec un certain nombre d'additifs : anti-oxydants, colorants, plastifiants, retardateurs de flamme etc. Il existe plus plus 16 000 substances différentes ajoutées intentionnellement ou non dans les plastiques à partir desquelles on compose 4 000 mélanges différents. Parmi ses substances, 25% sont dangereuses mais 10 000 ne sont pas testées et seulement 6% sont réglementées au niveau mondial.

B. Une production à croissance exponentielle.

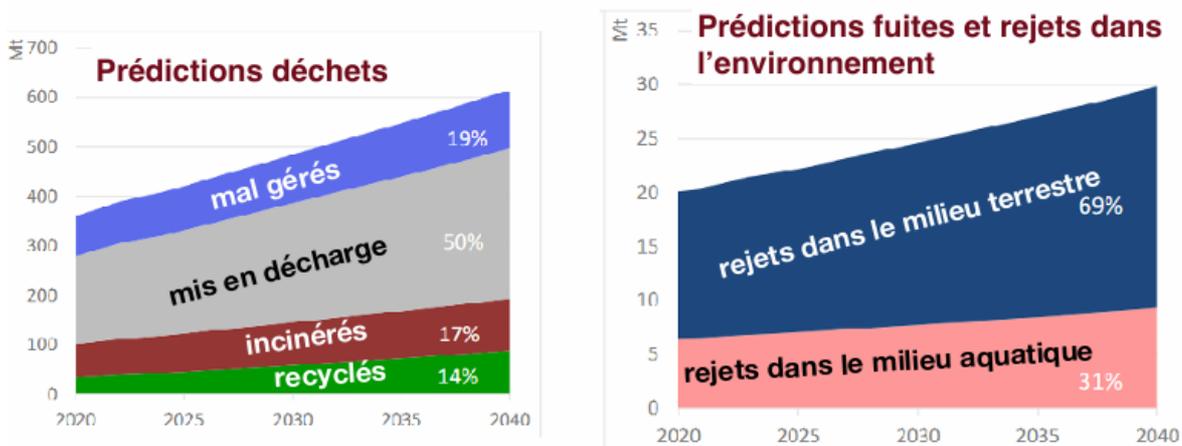
La production actuelle est de 460 Millions de t/an alors qu'elle n'était que de 230 Millions de t en 2000. Au rythme actuel d'augmentation, on prédit 1200 Millions de t/an en 2060. La plus grande partie est destinées aux emballages viennent ensuite la construction, les biens de consommation et les textiles.

Production mondiale de plastique et prédictions



C. L'économie du plastique est linéaire et non pas circulaire

Sur les 460 Mt produites annuellement 55 Mt sont collectées pour le recyclage et seulement 29 Mt sont effectivement recyclées. Selon une étude de l'OCDE, les déchets sont à 50% mis en décharge. Les rejets se retrouvent majoritairement dans le milieu terrestre (69%), le reste dans le milieu aquatique. Un maintien de ces proportions est prédit dans le futur (voir figure ci-dessous).



En conséquence plus on produit, plus on pollue. Le statu quo n'est pas soutenable (OCDE, 2024).

II. Qu'est-ce que la pollution plastique ?

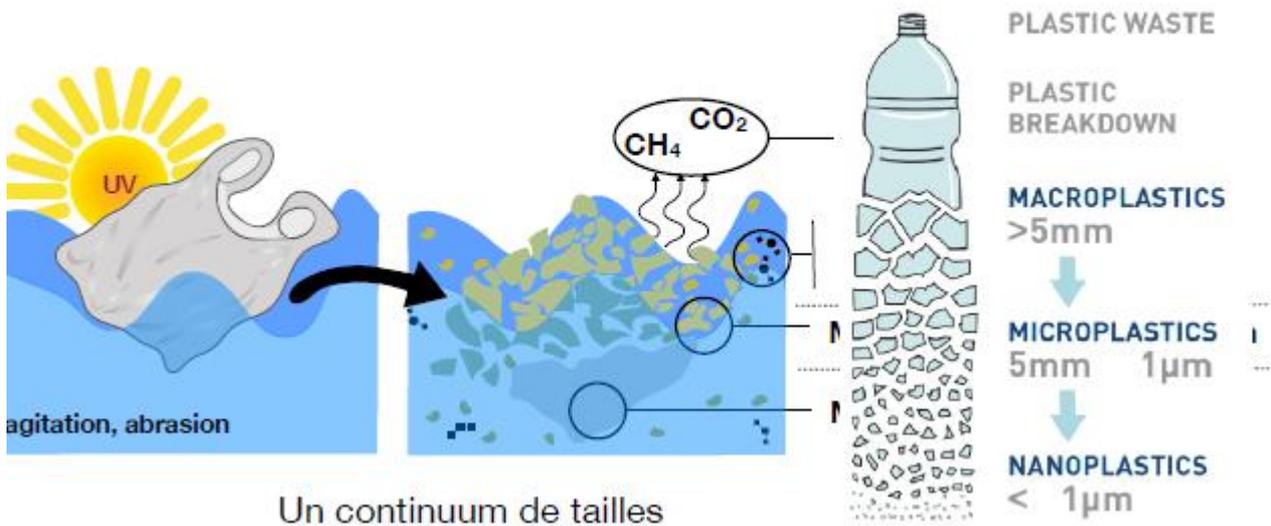
Elle est multiforme : ce sont des objets, des particules, des substances chimiques. Les déchets des plastiques se classent par taille : les macroplastiques (plus de 5 mm), les microplastiques (de 5 mm à 1 µm) et les nanoplastiques (moins de 1 µm).

Trois messages essentiels

A. Les plastiques ne se dégradent pas, ils se fragmentent.

Sous l'effet des UV, de l'agitation, de l'abrasion, les plastiques se fragmentent en particules de plus en plus petites : macro, micro et nanoplastiques comme illustré ci-dessous. **Ainsi un sac plastique peut générer 1 million de milliards (10¹⁵) de nanoplastiques.**

Fragmentation des plastiques



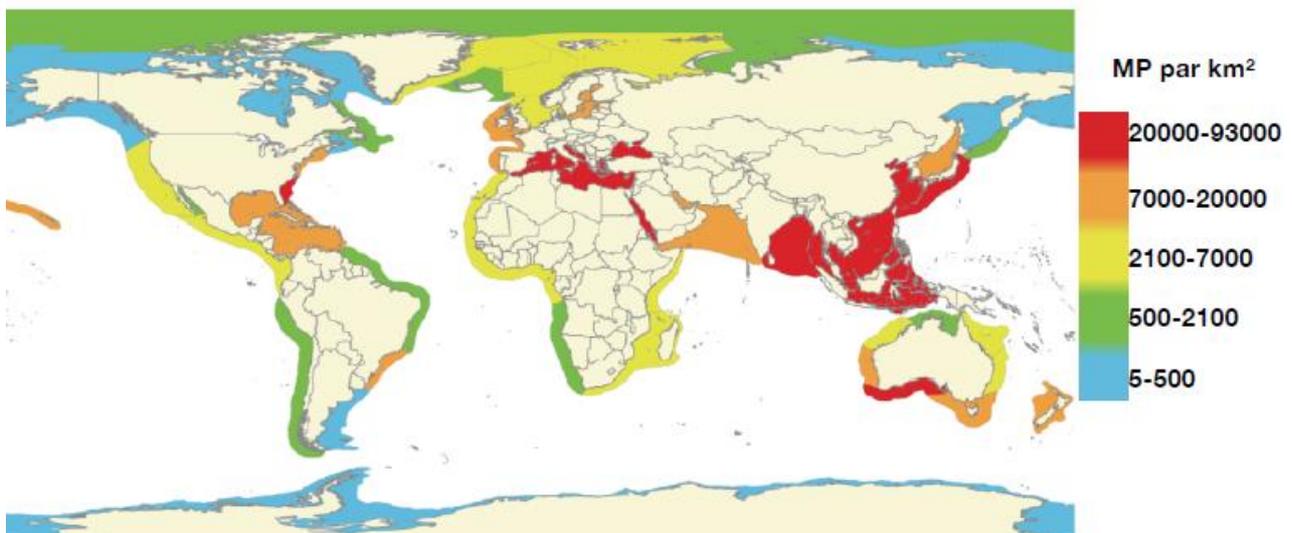
B. Les plastiques polluent dès leur production

La pollution est émise depuis le raffinage du pétrole, jusqu'à la synthèse des matières de base, les petites billes appelées « pellet ». Mais il faut ajouter les pertes dans l'environnement lors du transport et de l'utilisation : pertes en mer des containers de pellets, érosion de la peinture des bateaux, usure des pneus, lavage des tissus synthétiques,

C. La pollution des plastiques n'a pas de frontières

Comme le montre la carte ci-dessous on en trouve partout dans les océans surtout au voisinage des côtes. Les zones les plus polluées se situent en Asie du SE. En Europe c'est surtout la méditerranéenne.

Distribution des microplastiques dans les océans



Cependant les plus grands réservoirs de plastiques et microplastiques sont dans le milieu terrestre comme le montre la figure ci-dessous. Plus de 5,2 Milliards de t dans les milieux terrestres contre 83 Millions de t dans les océans.

En conséquence, **80% de la pollution plastique des océans vient des terres.**



Selon les sénateurs rapporteurs de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) **cette accumulation terrestre des plastiques serait une bombe à retardement.**

III. Les plastiques en agriculture et dans les sols

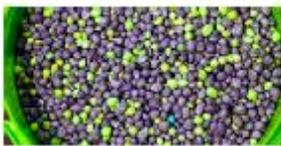
A. La plasticulture

Les pratiques actuelles de l'agriculture et de l'horticulture sont une source majeure d'apport de plastiques dans les sols, au point que l'on peut parler de « plasticulture ».

Au premier rang on trouve le paillage plastique, moyen très efficace pour empêcher la croissance des mauvaises herbes et éviter les herbicides. Mais il y a aussi les géotextiles utilisés pour les travaux publics, les filets d'enrobage des ballots de paille, les filets d'enrobage anti-insectes des plantations d'arbres fruitiers, les enrobants des fertilisants.

Plasticulture

Au



Fertilisants enrobés
PE, EVA, LDPE



Geotextiles



Serres, LDPE



Paillage : LDPE, PVC, PLA/PHA, PBAT



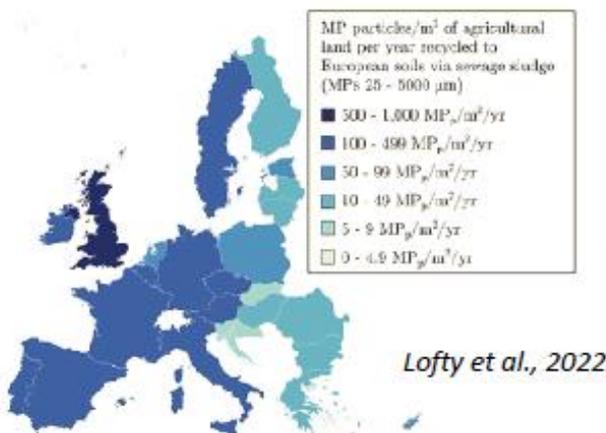
Filets, HDPE, PP

total **7,4 millions de tonnes/an soit 2% la production de plastique sont utilisés pour l'agriculture.**

B. L'épandage de boues et de compost

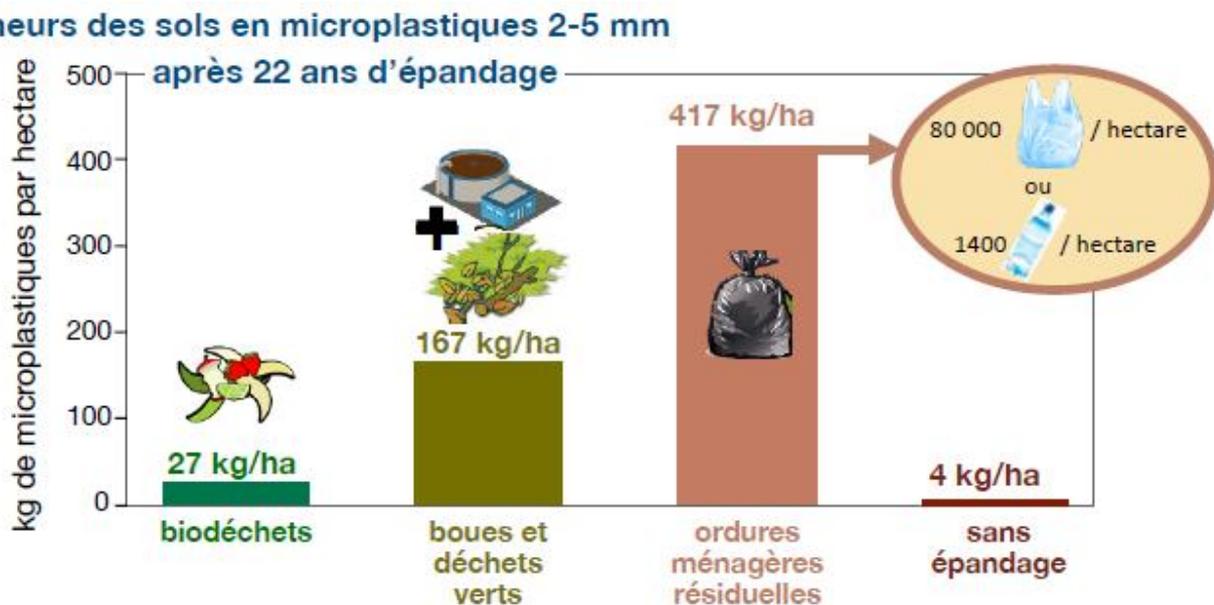
Une source majeure d'apport des microplastiques dans les sols est l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.

C'est en effet là que se retrouvent tous les produits de la fragmentation des macroplastiques. La carte d'Europe ci-contre de la répartition des apports annuels de microplastiques par m² dans les sols montre un gradient ouest-est. Les densités les plus élevées étant au Royaume Uni (500 à 1000 millions de microparticules par m² par an), viennent ensuite la façade atlantique (Espagne, France, Allemagne, Suède, 100 à 499 millions microparticules par m² par an).



Une autre source est l'épandage des composts fabriqués à partir des déchets urbains.

La figure ci-



dessous montre que l'apport de microplastiques est maximal avec l'épandage d'ordures ménagères non triées à la source : 417 kg/ha contre 167 kg/ha pour les boues et déchets verts et 27 kg/ha pour les biodéchets. (D'après Colombini et al. 2022)

L'accumulation de microplastiques dans les sols est un processus continu et quasi exponentiel. **En 20 ans de 2001 à 2021. La quantité a été multipliée par un facteur 10 environ.** En France, 75% des 33 échantillons prélevés du nord au sud et d'est en ouest sont contaminés. Le taux de contamination est plus élevé dans les grandes cultures, les prairies et les vergers et il n'est pas nul dans les forêts.

IV. Impact des plastiques sur les écosystèmes

A. Impact sur les sols

Les impacts sont à la fois chimiques, physiques et biologiques. Ils altèrent la porosité et l'agrégation des sols donc la circulation de l'eau. Ils affectent la biodiversité des microorganismes donc les cycles biogéochimiques indispensables pour la minéralisation de la matière organique.

Au niveau de la faune du sol, on observe des effets sur les escargots (diminution de l'alimentation, lésions intestinales, les vers de terre (mortalité et diminution de croissance), des collemboles, petits insectes indispensables (diminution de croissance et de reproduction, perturbation de la mobilité). Un impact sur les abeilles est aussi rapporté. Les mécanismes de stress sont multiples, stress chimique (toxicité des plastiques et des substances qu'ils adsorbent, stress mécanique (accumulation dans le système gastrique et diffusion dans les tissus), stress biologique (perturbation du microbiome et transport de pathogènes).

B. Impact sur les plantes

Dans la mesure où les nanoplastiques peuvent rentrer dans les plantes au niveau des feuilles par les petits orifices qui permettent le passage du CO_2 (les stomates) ou par les racines ils provoquent des stress oxydatifs avec des conséquences négatives sur la croissance racinaire et la germination. En même ils favorisent le transfert d'autres polluants tels que les pesticides. L'ensemble provoquant une génotoxicité. Au total on observe une baisse des rendements agricoles.

Une réduction des teneurs en chlorophylle, au maximum de 5 à 17% pour les plantes terrestres est notée, mais les conséquences sur la photosynthèse sont discutables car cette variation est largement

inférieure à celle que l'on observe naturellement. (cf. les plantes panachées qui contiennent 50% de moins de chlorophylle et se développent normalement).

V. Impact des plastiques sur la santé humaine

Les impacts sur la santé résultent d'un triple effet : par les particules de microplastiques elles-mêmes, par les substances chimiques associées aux plastiques, par les polluants environnementaux adsorbés.

A. Les voies d'exposition et effet des particules

L'exposition humaine aux microplastiques et nanoplastiques se fait par trois voies principales : l'ingestion par l'alimentation et l'eau de boisson, la peau et l'inhalation des particules présentes dans l'air. Elles passent ensuite dans les trachées puis les poumons. Les particules de nanoplastique les plus fines passent ensuite dans le sang et dans la lymphe et vont s'accumuler dans le foie et dans les reins. On en retrouve dans le placenta. Une autre voie est le système digestif estomac, intestin. Une partie des particules ingérées est éliminée dans les selles.

Dans les maladies inflammatoires de l'intestin on trouve 1,5 fois plus de MP dans les selles des malades que chez les patients sains. Il y a de même une corrélation très forte entre les MP et la sévérité de la maladie de Crohn. Il reste toutefois à établir le lien de causalité.

En revanche, le lien de causalité entre les MP et les lésions intestinales, l'altération du microbiome et les réponses inflammatoires et immunitaires a pu être établi sur des modèles animaux. Il y a aussi des preuves émergentes de lien avec le cancer colorectal.

B. L'effet cheval de Troie des microplastiques

Les microplastiques adsorbent de nombreux éléments en particulier des ions métalliques toxiques comme ceux de Cadmium (Cd^+) ou de Chrome. Chez la souris on a montré qu'ils sont ainsi véhiculés au niveau des villosités intestinales où ils sont absorbés, repris dans la circulation sanguine ils vont jusqu'au foie où leur accumulation provoque une inflammation.

C. Impacts des substances chimiques contenues dans les plastiques

Les effets des substances chimiques présentes dans les plastiques sont bien décrits. Ils sont retrouvés aux niveaux neurologique, cardiovasculaire, pulmonaire, reproducteur.

Les principales classes d'agents toxiques sont :

Les Phtalates

Obésité, diabète, infertilité, maladies cardiovasculaires

Le Bisphenol A

Obésité, diabète, infertilité, thyroïde, cancers hormono-dépendants (sein, prostate)

Les retardateurs de flamme bromés

Neurotoxiques, système immunitaire, perturbations endocriniennes

PFAS

Obésité, diabète, infertilité, endométriose, pneumonie

Les coûts pour la santé liés aux substances chimiques des plastiques sont estimés à 250 milliards \$/an aux USA

VI. Les fausses (bonnes) solutions

A. Les Plastiques biodégradables

Les plastiques biodégradables utilisés pour le paillage en agriculture contiennent et libèrent des substances toxiques lors de leur dégradation. Ils provoquent des stress oxydatifs et ont une activité anti-androgène. De plus la dégradation dépend des conditions de milieu ce que ne les rend pas toujours effectivement dégradables. Ils nécessitent une collecte séparée ce qui suppose de bien informer les consommateurs sur les conditions de tri et sur leur écotoxicité.

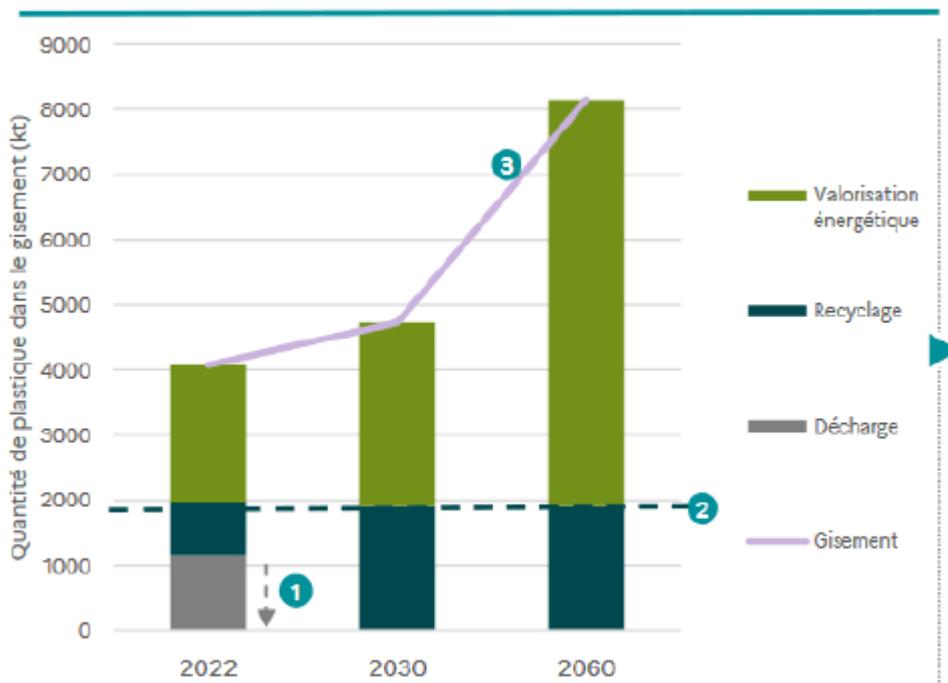
B. Les plastiques biosourcés

Les plastiques fabriqués à partir de composés biologiques (exemple amidon) ne sont pas forcément biodégradables, car les matériaux d'origine biologique subissent des transformations chimiques pour fabriquer les matériaux plastiques. De plus, ils contiennent les mêmes substances toxiques que les plastiques pétro-sourcés. Leur production est génératrice de pollution et entre en compétition avec la production de biomasse à des fins alimentaires.

C. Le mythe du recyclage

Dans la situation actuelle en France, 400 000 tonnes de plastique sont récoltées pour le recyclage (= le gisement) mais seulement 20% sont réellement recyclés alors que 53% sont incinérés (valorisation énergétique) et 27% vont à la décharge. La figure ci-dessous qui illustre l'évolution prévisible dans le temps jusqu'en 2060 montre que l'augmentation du gisement se traduira surtout par une augmentation de la valorisation énergétique, une disparition de la mise en décharge qui sera compensé par l'augmentation du recyclage, qui sera beaucoup plus lente que l'augmentation du gisement. Toutefois le recyclage ne représenterait que 26% en 2060

Evolution théorique des types de traitement en France



Un aspect économique qui explique ces tendances est le prix des différentes filières. L'enfouissement ou l'incinération coûte 100 €/t alors qu'il est de 250 à 600 €/t pour le recyclage.

VII. Les vraies bonnes solutions

Si l'on considère la hiérarchie des solutions et leur coût pour la société et l'environnement, il faut distinguer les interventions en amont (pendant la production), des interventions en aval (pendant l'utilisation et le recyclage).

Intervention en amont c'est-à-dire l'extraction des ressources, la production des monomères et polymères et la fabrication des produits. **Toute réduction en amont a un faible coût** pour la société et les émissions de gaz à effet serre. **C'est ce qu'il faut privilégier.**

Intervention en aval

Ces interventions ont au contraire des coûts élevés pour la société et l'environnement, spécialement en termes de gaz à effet serre, de pollution et d'impacts sur la santé humaine.

Comme il s'agit d'un problème où les solutions doivent être considérées au niveau mondial. Les discussions ont lieu au niveau du Programme des Nations unies pour l'Environnement qui doit élaborer le **Traité mondial sur les plastiques**. Dans sa résolution de mars 2022, il a établi un mandat de négociation

pour créer un : **Instrument international juridiquement contraignant pour mettre fin à la pollution plastique**, en tenant compte du **cycle de vie complet des plastiques** dans **tous les environnements**, y compris le milieu marin. Ce traité est négocié par les 193 états membres de l'ONU.

Questions

Q. La pollution marine représente 20 % de la pollution totale. D'où vient cette pollution ?

R. Au-delà de ce qui vient de eaux des ruissellement véhiculées par les fleuves, il y a les filets de pêche, la peinture des bateaux.

Q. Part des microplastiques par rapport aux macroplastiques ?

R. les microplastiques sont la partie immergée de l'iceberg de la pollution plastique mais c'est très difficile à quantifier. Des études récentes montrent que, dans les rivières, les nanoplastiques représentent une masse plus importante que les microplastiques.

Q. Ne peut-on pas remplacer les contenants en plastiques par le verre ?

R. Bien sûr, le Danemark l'a fait en rendant obligatoire le système des consignes. Il y a des essais en France mais aussi de vives résistances, en particulier par les communautés de communes qui ont fait des investissements considérables pour mettre en place des filières de tri et de recyclage [Ndr cas du président de la SIOM]. Cela suppose aussi du point de vue industriel une relative uniformisation des contenants.

Q. Comment se passer des serres et paillages en plastiques ?

R. Il est sûr que ce sont uniquement des réponses à court-terme. Il faut souligner que le problème est cornélien en agriculture biologique car le recours aux plastiques est un moyen commode pour se passer d'herbicides avec le paillage et d'insecticides avec les filets sur les arbres fruitiers. D'autres alternatives existent, développées pendant des millénaires, comme l'agroécologie par exemple.

Q. Qu'en est-il du plastique à usage unique dans les hôpitaux ?

R. En effet c'est un problème. Une réflexion est en cours pour chercher des alternatives. Pas plus que les autres secteurs le secteur de la santé ne doit être exempté d'effort de réduction de la consommation de plastiques. Certains pourraient être évités.

Q. Peut-on espérer l'apparition d'une dégradabilité naturelle des plastiques ?

R. Peut-être si on attend des millions d'années pour que les microorganismes évoluent pour s'adapter à la dégradation de ces matériaux synthétisés par l'Homme.

Q. Est-ce que le pic de production de pétrole à prévoir ne ralentira-t'il pas la production de plastiques ?

R. Non car le naphta est un sous-produit qui sera toujours disponible en quantité suffisante. Certaines déclarations de la COP29 laissaient au contraire craindre que le plastique devienne une solution de replis des pays producteurs de pétrole face à la diminution des énergies fossiles.

Q. Qu'en est-il des terrains de sport en pelouse synthétique ?

R. Oui il faut interdire ces plastiques qui se dégradent rapidement et sont source de pollution. Ils émettent des composés volatiles et des particules qui peuvent présenter un risque pour la santé humaine et pour l'environnement. Souvent produits à partir de plastiques recyclés, ils sont de mauvaise qualité et contiennent beaucoup de substances toxiques.

Q. la pollution plastique dans les pays en voie de développement

R. Oui c'est un très gros problème car outre la pollution par les produits utilisés localement, certains pays reçoivent, souvent de manière illégale, des déchets en provenance des pays développés qui veulent s'en

séparer. Ce fut le cas pour la Chine qui procédait à leur pyrolyse en générant beaucoup de pollution aérienne mais maintenant elle l'interdit. Certains pays africains ont émis des interdictions, plus ou moins respectées, contre les sacs plastiques. Le Rwanda a récemment interdit les bouteilles de Coca-Cola en plastiques.

Q. Peut-on obtenir des enzymes ou des bactéries capables de dégrader les plastiques ?

R. C'est une solution dangereuse car elle laisse planer un espoir vain qui découragerait les efforts pour réduire la production et la consommation

Q. Que faire contre la pollution systématique des parcelles ?

R. Les microplastiques qui sont dans les sols ne peuvent pas être éliminés car ils sont inclus dans la structure du sol et sont présents jusqu'en profondeur. Il est difficile d'évaluer les coûts de ces pollutions pour faire payer les responsables, il faudrait évaluer les impacts économiques et sur la santé et faire payer les pollueurs à condition de pouvoir les identifier.

Q. Quels sont les impacts macroéconomiques de la baisse des rendements et de la réduction de la biodiversité ?

R. Pour répondre il faut une approche pluridisciplinaire et comparer le prix de l'action vis-à-vis du coût de l'inaction.