



Adapter son comportement : une nécessité vitale !



STÉPHAN JACQUET (INRA & LONGITUDE 181)
Responsable de rubrique



Jean-François Ghiglione est directeur de recherche au CNRS affecté au Laboratoire d'océanographie microbienne et aussi directeur adjoint de l'Observatoire océanologique de Banyuls. Spécialiste, entre autres choses, de la pollution plastique au sein des océans, il fait un point détaillé sur le sujet pour *Subaqua*.

LES DÉCHETS PLASTIQUES EN MER : LA PARTIE ÉMERGÉE DE L'ICEBERG

Au port, occupé par les dernières vérifications de matériel et la prise de contact avec la palanquée, le plongeur ne se préoccupe pas trop des morceaux de plastiques qui flottent à la surface autour du bateau. Sous l'eau, on s'est habitué à voir des déchets (sacs plastiques, lignes et filets de pêche...) mais notre œil tente d'ignorer ces « parasites » pour se focaliser sur les merveilles de la nature. Sur la plage, les enfants rencontrent de nombreux bâtons de sucettes, bouchons... quand ils apprennent à connaître la variété des formes des coquillages.

POURQUOI LE PROBLÈME DE LA POLLUTION PAR LES PLASTIQUES EST-IL SI IMPORTANT EN MER ?

Notre société de consommation est de plus en plus gourmande de produits à base de plastiques. Depuis leur apparition sur le marché il y a une soixantaine d'années, ils ont envahi notre quotidien. La raison de leur succès est leur coût extrêmement bas et la grande variété des produits qui en émanent par rapport au bois, au verre, au papier ou au métal. Aujourd'hui, les plastiques sont fabriqués essentiellement à base de polymères issus de l'industrie pétrochimique, qui utilise les ressources fossiles limitées de notre planète et qui est une des causes majeures de la pollution de notre atmosphère et des dérèglements climatiques que nous observons. En faisant entrer notre planète dans l'aire de l'Anthropocène, l'homme a également

inventé des déchets dont la durée de vie est supérieure à la sienne.

La mer est le réceptacle final de tous les déchets qui viennent de la terre. En laissant négligemment s'envoler un emballage plastique qui emballait lui-même l'emballage d'une friandise, le montagnard n'a pas conscience qu'il lègue ce déchet à ses enfants et petits-enfants qui batifoleront dans la mer. On estime la durée de vie des plastiques entre 100 et 1 000 ans, selon leur composition. Charriées par les vents et descendant les rivières, des tonnes de plastiques se concentrent dans les fleuves et se déversent en mer

chaque année. Entre 1 et 10 % des 300 000 tonnes de plastique produites par an ne seront pas collectées et finiront dans les océans. Qui est responsable ? Cette fois, on ne peut pas tout reprocher aux industries qui sont souvent montrées du doigt par leurs choix économiques souvent loin des préoccupations écologiques. La décharge directe par les ménages (vous, nous, moi !) arrive en tête, devant les installations touristiques, les rejets par les décharges et par les fleuves. Les rejets directs en mer par les plaisanciers et les bateaux représentent 13 %. La pollution vient donc massivement du continent.



Que deviennent-ils ?

Cinq billions de particules de plastique recouvrent aujourd'hui la surface des océans, représentant un poids global de 250 000 tonnes. La plupart sont des particules inférieures à 5 mm appelées « micro-plastiques ». Ce chiffre éloquent ne représente malheureusement que la partie émergée de l'iceberg. En effet, seulement 1 % du plastique déversé dans les océans est comptabilisé. Où sont les 99 % restants ? La réponse est fondamentale pour déterminer la nature et l'importance de la pollution plastique des océans. Cette question interpelle les scientifiques depuis une dizaine d'années. Certains pensent que le plastique se fragmente en si petits morceaux qu'ils passent à travers les mailles des filets de prélèvement. D'autres, qu'il est déposé sur les côtes. Ou bien qu'il est colonisé par des petits organismes qui augmentent sa densité et le font plonger au fond des océans. Il transite également dans les animaux marins. Une partie peut être dégradée et digérée par les bactéries. La diversité des hypothèses, sans pouvoir relativiser l'une par rapport à l'autre, montre notre incapacité à répondre à des questions cruciales sur l'impact de nos activités humaines sur l'environnement.

La découverte du « 7^e continent de plastique » a défrayé la chronique en 1997, révélant une pollution de grande envergure, de l'ordre de trois fois la superficie de la France. Plus récemment, en 2014, l'expédition Tara Méditerranée a montré que cette mer semi-fermée était une autre victime de la pollution, avec des concentrations de microplastiques aussi importantes que dans le 7^e continent de plastique et une augmentation de 8 % de ces déchets prévue d'ici 2030. La concentration de microplastiques est parfois équivalente à celle du zooplankton, un poisson ayant alors une chance sur deux de manger du plastique en le prenant pour une proie. Mais il existe aussi une pollution diffuse dans tous

les océans. Une fois en mer, les plastiques vont se disperser au gré des vents et des courants. L'anecdote des 30 000 canards jaunes en plastique perdus en 1992 au large de Hong Kong par un porte-containers en est un exemple saisissant. Après s'être accumulés dans le gyre subtropical du Pacifique Nord (le 7^e continent de plastique), ils ont été retrouvés sur les côtes australiennes, indonésiennes et chiliennes et certains ont rejoint l'Atlantique par le détroit de Béring et atteignant les côtes américaines en 2000. Certains sont arrivés en 2007 jusqu'aux plages bretonnes. Plus alarmant que cette anecdote, on estime que plus de 10 000 containers de ce type sont perdus en mer chaque année...

LES DÉCHETS PLASTIQUES PEUVENT-ILS ÊTRE (BIO) DÉGRADÉS ?

La dégradation des plastiques est d'abord mécanique (ultraviolets et vagues) et chimique (oxydation ou hydrolyse). Ces processus vont contribuer à fragiliser le plastique et le réduire en morceaux de plus petite taille. Le plastique va attirer les composés huileux (matière organique, polluants) qui flottent, se collent au plastique et qui vont servir de nourriture à des bactéries qui vont immédiatement coloniser ce nouvel écosystème. Le biofilm bactérien qui va se former à la surface du plastique va contribuer à la bio-détérioration qui va agrandir les fissures déjà présentes. Une dégradation chimique peut également être orchestrée par la grande diversité des espèces présentes dans le biofilm, telle que la production de composés acides par les bactéries chimiolithotrophes et chimioorganotrophes. Une deuxième étape de bio-fragmentation est l'action d'enzymes bactériennes libérées à l'extérieur de leurs cellules (exoenzymes) pour cliver les polymères en oligomères et monomères. Les oxygénases, par exemple, ajoutent un atome d'oxygène à la longue



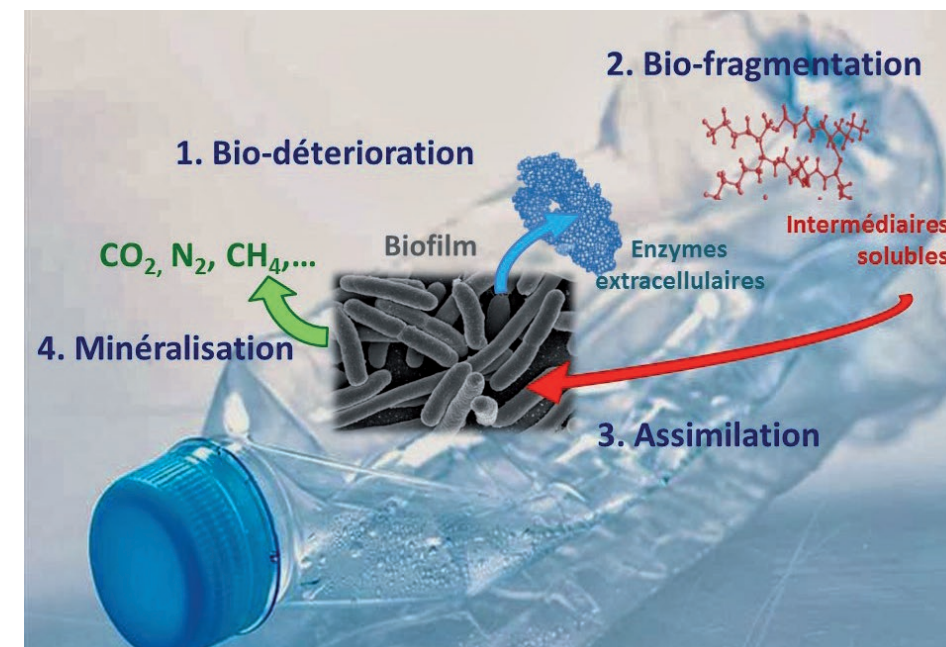
Macro-déchets plastiques : pas forcément les pires...

chaîne de polymères composés essentiellement de carbone et d'hydrogène. Cette oxygénation est une étape clé de la biodégradation. L'assimilation consistera ensuite au transfert des molécules plastiques de taille < 600 Da dans les cellules bactériennes et à leur transformation en composés cellulaires et en biomasse. La minéralisation correspondra enfin à la dégradation complète du plastique en molécules oxydées (CO₂, N₂, CH₄, H₂O).

La biodégradation de polymères plastiques a été démontrée par des bactéries isolées en conditions de laboratoire. Par exemple, la souche *Rhodococcus ruber* C208 peut contribuer en un mois à la perte de 8 % du poids sec d'un plastique composé de polyéthylène pré-oxydé. Si d'autres exemples de ce type ont été rapportés dans la littérature, ces observations reposent néanmoins sur des études en conditions de laboratoire qui utilisent une seule espèce bactérienne. Or, le processus en milieu naturel est beaucoup plus complexe, beaucoup plus long et il résulte de l'action concomitante de nombreuses espèces bactériennes. Plusieurs travaux ont montré la grande diversité des bactéries capables de coloniser les plastiques en mer, mais ils ne donnent aucune indication sur leur capacité de dégradation des plastiques. Actuellement, des actions soutenues par l'agence nationale de la recherche (ANR) tentent de répondre à cette question, tel que le programme OXOMAR coordonné par le Laboratoire d'océanographie microbienne de Banyuls. Il propose une approche originale utilisant le marquage isotopique des plastiques et le suivi de leur incorporation par les bactéries pour accéder à la communauté fonctionnelle des « bactéries plasticiastes ».

EST-CE QU'IL EXISTE DES SOLUTIONS À LA POLLUTION PAR LES PLASTIQUES EN MER ?

Comme nous l'avons souligné précédemment, la solution ne viendra pas de la mer qui ne peut pas être considérée éternellement comme une poubelle. La dégradation des plastiques conventionnels par les bactéries marines est trop lente pour faire face à



⇒ cette pollution croissante. La question des déchets plastiques en mer est un exemple de choix pour lequel le concept d'économie circulaire propose sept entrées pour résoudre ce type de pollution et donner le cahier des charges du « plastique de demain » :

> **L'utilisation de ressources durables** À l'heure actuelle, il existe plusieurs solutions de substitution aux plastiques conventionnels d'origine fossile, dont les plastiques « biosourcés » constitués de polymères d'origine totalement ou partiellement renouvelable. On distingue ceux produisant une structure identique à celle des polymères d'origine fossile (polyéthylènes issus de canne à sucre par exemple) et ceux ayant une structure innovante, c'est-à-dire différente de celles des polymères pétrochimiques existants (PLA issu d'amidon ou PHBV issu de bactéries par exemple).

> **L'éco-conception durable** Attention, biosourcé ne veut pas dire biodégradable, d'autant que différents additifs pourront être ajoutés pour modifier les propriétés du polymère pour le rendre plus élastique ou plus résistant ! Il est nécessaire d'anticiper le devenir des polymères innovants avant leur commercialisation, mais il existe actuellement trop peu de recherches scientifiques sur la biodégradabilité des polymères biosourcés en milieu marin.

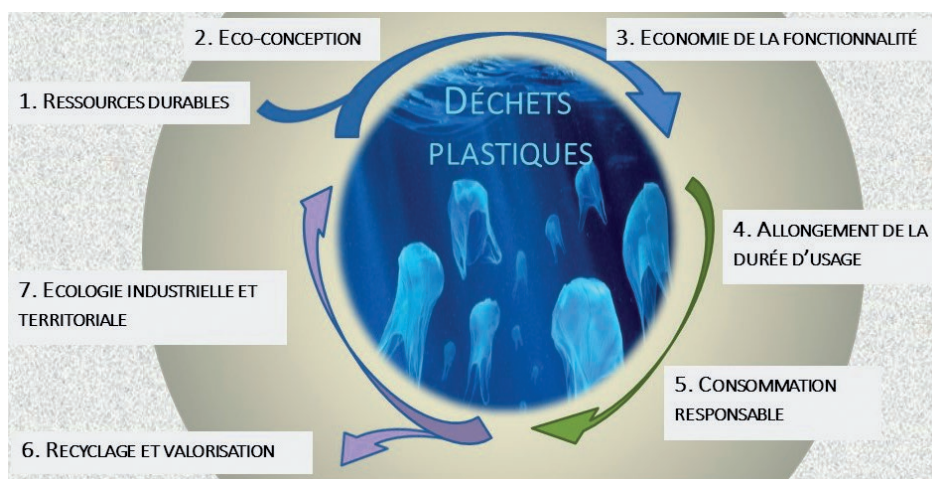
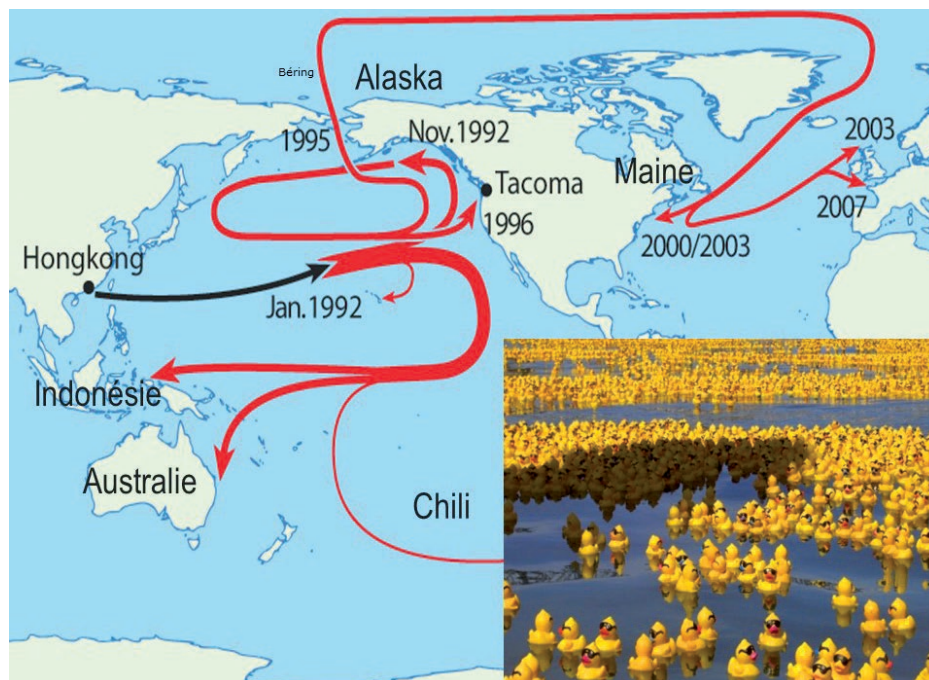
> **Économie de la fonctionnalité** La grande diversité des produits plastiques dans notre maison n'est utilisée que trop peu souvent. La mutualisation de ces produits peut facilement s'organiser avec son entourage, diminuant ainsi sa consommation.

> **Allongement de la durée de vie** Les plastiques sont souvent considérés comme ayant une très faible valeur marchande. La mode du « produit jetable » a largement été véhiculée par les produits plastiques. Abîmés, inutiles, plus à la mode, certains produits plastiques à longue durée de vie peuvent être donnés ou revendus.

> **Consommation raisonnable et durable** Limiter l'usage des produits plastiques dans notre quotidien est un changement d'habitude qu'il faut rapidement adopter. Le choix des produits requérant moins d'emballage nous fait passer de consommateur passif à consommateur actif.

> **Recyclage et valorisation** La collecte des déchets plastiques est très inégale entre les régions et les pays. Entre 1 et 10 % des déchets plastiques ne sont pas collectés et finiront en mer. Plusieurs associations de défense de l'environnement proposent des actions de collectes sur les plages ou dans les ports. Le changement de mentalités repose aussi sur les campagnes de sensibilisation à l'intérêt du tri sélectif.

> **Écologie industrielle et territoriale** La prise de conscience de la pollution par les plastiques a



conduit la France à légiférer l'interdiction des sacs plastiques à usage unique depuis le 1^{er} janvier 2016, suivie de l'interdiction des microbilles de plastique contenues dans les produits cosmétiques ou l'interdiction des tiges de bâtonnets ouatés à usage domestique (cotons tiges), respectivement prévus pour 2018 et 2019. C'est également un sujet de préoccupation au niveau international : les conventions de mers régionales, telles que la convention OSPAR (pour la protection de l'Atlantique Nord-Est) ou la convention de Barcelone (pour la protection de la Méditerranée), ont identifié des besoins de connaissances en particulier sur les microplastiques, tant sur leurs sources que sur leur devenir. Les nouveaux plastiques non conventionnels ne représentent aujourd'hui qu'un très faible pourcentage de l'énorme marché des plas-

tiques encore dominé par des produits d'origine pétrolière, et un changement de cette tendance prendra encore beaucoup de temps.

De nombreuses initiatives montrent que notre dépendance au plastique peut être levée en encourageant les comportements éco-citoyens et en favorisant l'émergence de nouveaux polymères biosourcés et biodégradables. L'engagement dans une transition éco-responsable est la solution à la pollution par les plastiques, dont les ménages sont la principale cause.

Lecteurs de *Subaqua*, vous êtes les témoins de cette pollution quand vous êtes dans les ports, sur les plages ou quand vous visitez le monde sous-marin. Adopter les gestes éco-citoyens et sensibiliser vos proches à ce problème, c'est préserver et respecter la mer que vous aimez tant ! ■