

## L'EFFET DES PLASTIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

Gérard FONTY

*Directeur de recherche honoraire au CNRS, Président du GREFFE*

Flottant à la surface, tapissant les fonds marins ou échoués sur les plages, les plastiques menacent les écosystèmes aquatiques. Le devenir des déchets plastiques dans les océans et les mers est une préoccupation environnementale majeure. Ces plastiques représentent de 40 à 80 % des pollutions marines. Des données récentes estiment à plus de 5200 milliards le nombre de particules plastiques qui flottent à la surface des mers et des océans ce qui équivaut à près de 270 000 tonnes (Ericksen *et al.*, 2014).

La pollution par les déchets plastiques impacte tous les océans et toutes les mers (Andrady, 2011). Cependant, des courants marins, que l'on nomme gyres océaniques, créent des zones d'accumulation. La plus connue de ces zones est celle située dans le pacifique Nord. Quatre autres zones importantes d'accumulation sont observées, elles situent respectivement, dans le pacifique sud, l'Atlantique Nord, l'Atlantique Sud et l'Océan indien). En raison de son caractère fermé, la Méditerranée constitue également une zone de forte accumulation des plastiques et de grande pollution (Lebreton *et al.*, 2012).

Le septième continent aussi appelé Great Pacific Garbage Patch est une zone de convergence des déchets flottants située dans le Pacifique Nord, entre la Californie et le Japon. En réalité, il existe cinq zones de convergence, ou « gyres » de ce type, sur le globe. Prenant la forme d'une « soupe de plastique », ces gyres sont composés pour l'essentiel de petites particules de plastique inférieures à 5 mm. On estime que le Great Pacific Garbage Patch pourrait contenir entre 45 et 129 000 tonnes de déchets (Lebreton *et al.*, 2018).

Cette pollution par les plastiques est relativement récente. Elle est la conséquence de l'usage intensif des matières plastiques dans les différentes activités humaines au cours des dernières décennies. Elle affecte profondément toute la vie aquatique. Pour comprendre et juger de cet impact de façon pertinente, il est nécessaire de se remémorer le fonctionnement des réseaux trophiques (chaînes alimentaires) des écosystèmes marins et océaniques.

*La revue du Centre Michel de L'Hospital, n°23, 2021.*

## I. Fonctionnement de la chaîne trophique marine ou océanique

Comme tous les écosystèmes, les écosystèmes marins et océaniques sont des systèmes très organisés, à la fois spatialement, temporellement et fonctionnellement. Toutes les espèces vivant dans l'écosystème et qui constitue la biocénose, tissent entre-elles au fil du temps de multiples interactions. Les interrelations qui unissent les espèces sont le plus souvent d'ordre alimentaire. Ces relations forment des séquences où chaque individu mange le pr c dent et est mangé par celui qui le suit ; on parle de « chaîne alimentaire ». Chaque maillon constitue un niveau trophique. Une chaîne alimentaire est donc une suite d'êtres vivants de différents niveaux trophiques dans laquelle chacun mange des organismes de niveau trophique inférieur dans le but d'acquérir de l'énergie.

Le niveau le plus bas qui est le premier maillon d'une chaîne contient les producteurs primaires que sont les espèces autotrophes. Viennent ensuite les herbivores, considérés comme les premiers consommateurs, se nourrissant des espèces basales. On retrouve ensuite les carnivores primaires (seconds consommateurs) et les carnivores secondaires (consommateurs tertiaires). Les taxons se trouvant à différents niveaux trophiques sont liés par des interactions plus ou moins fortes de type consommateur/consommé. Les liens d'un réseau trophique sont alors unidirectionnels.

Les réseaux trophiques peuvent être plus ou moins compartiment s, par exemple, en milieu marin, on trouve le compartiment benthique (organismes vivant sur le fond océanique) et le compartiment pélagique (organismes vivant en pleine mer). Ces compartiments interagissent entre eux par des relations plus faibles que les interactions existant au sein même du compartiment. Les réseaux peuvent aussi être plus ou moins complexes ce qui rend difficile de prédire la modification des interactions trophiques entre ces espèces suite à une perturbation (Boeuf, 2016).

### A. Les producteurs primaires

Dans les mers et les océans, le phytoplancton chlorophyllien (microalgues pélagiques, les macroalgues benthiques) assure ce rôle. Grâce au phénomène de photosynthèse, le phytoplancton transforme la matière inerte (minérale) en matière vivante (organique). Ces algues sont des êtres autotrophes puisqu'elles produisent elles-mêmes leur propre matière organique nécessaire à leur croissance en puisant dans le milieu les sels minéraux dont elles ont besoin. Les algues chlorophylliennes étant les producteurs de matières organiques, sont toujours à l'origine des chaînes alimentaires. Ce sont elles qui font entrer l'énergie dans l'écosystème. Elles seront consommées par les consommateurs primaires qui seront ensuite la proie des consommateurs secondaires et ainsi de suite (figure 1).

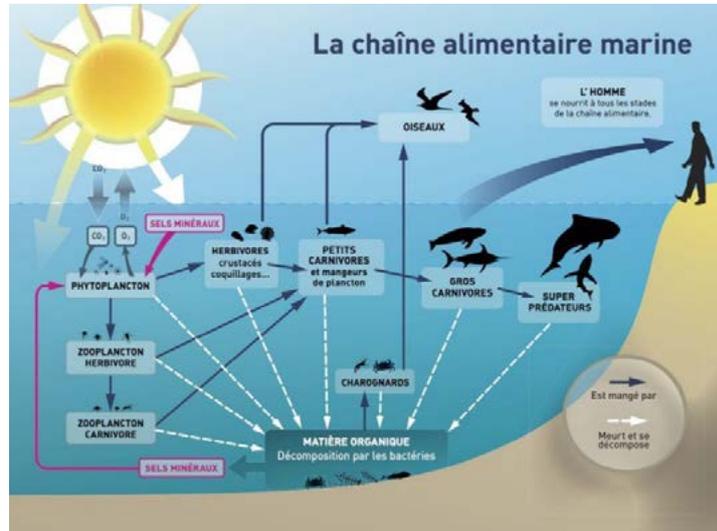


Figure 1 : La chaîne alimentaire marine.

### B. Les consommateurs

Les mécanismes par lesquels les animaux s'alimentent varient en fonction du type de nourriture recherché et du milieu dans lequel ils vivent. Il existe dans cette catégorie-là aussi des êtres de différentes tailles variant de quelques millimètres (copépodes) à plusieurs mètres (cétacés). Les consommateurs primaires forment le zooplancton qui est composé d'organismes de différents types qui vivent dans la masse d'eau, il comprend : les organismes de petite taille vivant toute leur vie dans le plancton tels que les copépodes, les organismes pouvant atteindre des tailles conséquentes tels que les méduses et les larves ou méroplancton de divers organismes benthiques. Les organismes vivant sur le fond, fixés comme les hydraires, les bryozoaires, les éponges ou mobiles comme les échinodermes, la plupart des vers polychètes, des crustacés ou des mollusques forment le zoobenthos.

Les organismes des différents groupes trophiques se classent selon la manière dont ils se nourrissent en filtreurs, brouteurs, prédateurs, nécrophages, ou selon le type de nourriture qu'ils consomment en herbivores, carnivores, détritivores. Les filtreurs filtrent l'eau les environnant, pour en absorber les particules nutritives vivantes et inertes. Il existe de très gros animaux filtreurs comme les baleines qui filtrent leur nourriture au moyen de leurs fanons. Les animaux filtreurs comme les moules sont de

très bons indicateurs de la qualité des eaux. Ces organismes concentrent les polluants, métaux lourds ou autres, dans leur tissu. Ils donnent une représentation fidèle de la qualité du milieu. Les brouteurs possèdent un organe qui leur permet de brouter, de racler le substrat. Il s'agit d'une « radula » chez les patelles, des mâchoires broyeuses chez les crustacés amphipodes, les polychètes. L'oursin est également un animal macrophage herbivore brouteur.

Les consommateurs secondaires sont des prédateurs carnivores ou omnivores, les prédateurs chassent leur proie. Ils utilisent diverses stratégies pour les capturer. La chasse est la plus fréquente mais certains modes d'alimentation sont particulièrement originaux. Les étoiles de mer sont des carnivores qui s'attaquent surtout aux mollusques comme les moules ou les coquilles Saint-Jacques, mais aussi aux crabes et aux poissons morts. L'étoile entoure la coquille de sa proie avec ses bras, se fixe solidement et force l'ouverture des valves. La pieuvre *Octopus vulgaris* est un carnivore qui se nourrit principalement de crustacés, de mollusques bivalves et de poissons benthiques. Ces espèces seront à leur tour mangées par d'autres et ainsi de suite, on peut donc avoir des consommateurs tertiaires voire plus (Bellan-Santini, 2020).

*Les détritivores* consomment des déchets organiques, c'est-à-dire les restes d'animaux ou de végétaux. Cela est fréquent chez de nombreux crustacés, vers et  chinodermes. L'holothurie ou « concombre de mer » en est un bon exemple, elle absorbe le sable et le nettoie dans son organisme pour se nourrir des particules organiques.

*Les minéralisateurs* assurent le recyclage de la matière organique morte qu'ils transforment en éléments minéraux consommés ensuite par les végétaux. Cette étape est cruciale dans tous les cycles biogéochimiques. Les déjections des animaux, les cadavres, tombant sur le sol sont décomposés par les organismes coprophages, les champignons et les bactéries. L'importance des microorganismes dans l'équilibre écologique de notre planète a longtemps été sous-estimée. Ils restent encore actuellement très mal connus. Les bactéries constituent la moitié du carbone organique sur terre et près de 90 % de l'azote et du phosphore contenus dans les cellules vivantes.

## II. Devenir des plastiques dans les océans et les mers

Les déchets plastiques sont partout dans les océans :  les, grands fonds, littoraux, mangroves, gyres océaniques (Jambeck *et al.*, 2015, Lebreton *et al.*, 2017). Ces déchets, qu'ils soient flottants, échoués ou immergés, sont solides et persistants. Ils sont classés en fonction de leur taille et se répartissent entre les « macrodéchets » (> 5 mm) et les « microd chets » (< 5 mm).

Les déchets proviennent majoritairement des activités humaines de l'intérieur des terres et sont transportés par les vents, les pluies, ainsi que les cours d'eau jusqu'à l'océan. Ce sont entre 1,15 et 2,41 millions de tonnes de plastique qui se déversent dans l'océan par les rivières chaque année. Les cours d'eau transportent de multiples éléments (emballages alimentaires, canettes, mégots, etc.). Les déchets peuvent aussi

être abandonnés sur les plages ou en mer du fait des activités d'aquaculture, de pêche et de transport maritime.

Une petite partie de ces déchets s'échoue sur les plages mais la plus grande partie coule et se dépose sur les fonds marins. Les déchets flottants dérivent avec les courants marins sur des distances impressionnantes. C'est ainsi que certains déchets peuvent se retrouver dans des zones où il n'existe pas, ou très peu, d'activité humaine. On retrouve par exemple de grandes quantités de débris plastique en Arctique. Les courants marins jouent ici le rôle de véritables « voies navigables » pour les déchets. Les courants marins ont donc un rôle crucial dans le transport et la répartition des déchets présents en mer à l'échelle de la planète.

La dégradation des plastiques conventionnels en mer est un processus très lent (supérieur à cent ans) qui conduit à leur accumulation dans les océans (Fanon, 2016). Ainsi, on estime, par exemple que la concentration des microplastiques en Méditerranée augmentera de 8 % dans les trente prochaines années (Lebreton *et al.*, 2012).

Plusieurs études se sont attachées à décrire les étapes physiques, chimiques et biologiques intervenant dans la décomposition des plastiques.

### Les étapes de la dégradation

Le plastique qui arrive en mer subit d'abord une dégradation abiotique, c'est-à-dire non biologique. Des dégradations physiques (vagues et UV provenant du soleil) et chimiques (oxydation ou hydrolyse) fragilisent les structures des polymères et réduisent le plastique en particules de petite taille. La dégradation biologique qui intervient ensuite se déroule en 4 étapes successives (Fanon, 2019, Dussud et Ghiglione, 2021). Elle est majoritairement exercée par des microorganismes, essentiellement des bactéries qui sont les organismes les plus abondants dans les océans (environ un milliard de cellules bactériennes et plus de 500 espèces par litre d'eau). Ces bactéries possèdent, en effet, de grandes et diverses capacités métaboliques. Les bactéries jouent, en quelque sorte, le rôle d'éboueurs des océans puisqu'elles minéralisent la moitié du carbone organique qui provient des déchets de la chaîne alimentaire. De nombreuses espèces bactériennes sont également spécialisées dans la dégradation des hydrocarbures, composants majeurs des plastiques (Shah *et al.*, 2008). L'action microbienne se déroule en plusieurs étapes :

- Un biofilm bactérien se forme à la surface des plastiques et le fissure progressivement par action mécanique. Cette biodétérioration physique est complétée par une action chimique due à la production de composés acides par les bactéries chimiolithotrophes et organotrophes ;
- Les enzymes extracellulaires sécrétées par les bactéries clivent les polymères en courtes séquences, en oligomères puis monomères, c'est la biofragmentation. Les oxygénases, par exemple, rendent les polymères des plastiques plus hydrosolubles et donc plus facilement dégradables par les bactéries. Les lipases et les estérases

attaquent spécifiquement les groupes carboxyliques et endopeptidases les groupes amines. Plusieurs espèces bactériennes sont impliquées dans le processus ;

- L'assimilation consiste au transfert des molécules simple de très petite taille dans les cellules bactériennes qui les utilisent pour leur croissance ;
- La minéralisation correspond à la dégradation complète du plastique en molécules oxydées (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O).

### III. Conséquences des plastiques sur les chaînes trophiques marines

Les conséquences de la pollution par les plastiques sont nombreuses. Au-delà de la pollution visuelle qu'ils engendrent, les plastiques impactent directement ou indirectement tous les échelons de la chaîne alimentaire. Les plastiques ne contaminent pas seulement les côtes. En effet, ils affectent toute la faune marine. Aucun organisme marin (oiseaux marins, poissons, coraux, phoques, cétacés, coquillages, plancton, etc.) n'échappe à l'emprise des m gaplastiques ou des nanoplastiques. Les effets délétères des plastiques sur les organismes résultent à la fois de leur action physique et de leur action chimique (Thompson et Galloway, 2013, Dussud et Ghiglione, 2021, Gall et Thomson, 2015) et par le transport d'espèces invasives. Flottant à la surface, tapissant les fonds marins ou échoués sur les plages, la pollution plastique menace les écosystèmes aquatiques. Aujourd'hui, ce sont 693 espèces marines qui sont directement menacées par la pollution plastique. Cette pollution des mers et des océans a un impact profond sur toute la vie aquatique.

#### A. Action physique

De nombreuses espèces de la faune marine (oiseaux, poissons) s'enchevêtrent dans les déchets, provoquant de multiples blessures et entravant leur mobilité. Cela peut empêcher l'animal de se nourrir, de respirer ou même provoquer sa mort. Par exemple, les filets de pêche abandonnés ou perdus piègent pendant plusieurs années des milliers de poissons, tortues, oiseaux et mammifères marins. Ce phénomène est appelé la « pêche fantôme ». Le matériel de pêche abandonné ou perdu représente 640 000 tonnes de déchets. Les animaux marins se coincent dans les plus grands déchets ce qui accroît leur vulnérabilité en facilitant l'action des prédateurs (Thompson et Galloway, 2013).

De nombreux animaux tels que les poissons, les tortues de mer, les oiseaux, les mammifères confondent les petits fragments de plastique avec leurs proies et de la nourriture, ce qui provoque leur intoxication et entraîne leur mort. Ces débris sont également des vecteurs de dispersion d'algues toxiques ou de microorganismes pathogènes (Maso *et al.*, 2007, Zettler *et al.*, 2013). Les déchets plastiques constituent, en effet, des « leurres » pour la faune marine qui les confond avec ses proies habituelles (Cole *et al.*, 2013, Salis et Raynaud, 2020). C'est le cas, par exemple, de certaines tortues qui assimilent les sacs plastiques aux méduses et peuvent s'étouffer en les avalant.

C'est aussi le cas pour les oiseaux de mer qui confondent les plastiques avec leur nourriture. On estime que 90 % des oiseaux de mer ont des fragments de plastique dans l'estomac. D'ici 2050, ce chiffre pourrait atteindre 99 % si l'on ne prend pas des mesures efficaces afin de réduire le flux de plastique entrant dans l'océan.

Les grands cétacés   fanons qui filtrent l'eau de mer ingèrent d'importantes quantités de microplastiques. Les mollusques, telles les moules, filtrent plusieurs m<sup>3</sup> d'eau contenant des microparticules. Des microd chets peuvent être ingérés également par le plancton, les invertébrés de petites tailles. Ces microd chets peuvent bloquer les systèmes digestifs, car ils ne sont pas digérés du fait de l'absence d'équipement enzymatique. Ils peuvent également bloquer leur système respiratoire. Des fragments de plastiques ingérés par les animaux se retrouvent également dans leurs déjections. Ils coulent au fond avec les cadavres ou être transférés aux prédateurs et ainsi affecter les échelons supérieurs de la chaîne trophique (Cozar *et al.*, 2014).

### B. Action chimique

La dégradation chimique des plastiques lib re de nombreuses molécules dont certaines sont très toxiques pour les organismes vivants. Les microparticules de plastique fixent et accumulent divers polluants. Ces polluants comportent des risques toxiques pour les animaux marins qui les ingèrent (Dussud et Ghiglione, 2021). Les actions délétères des plastiques engendrent une dégradation et une régression des milieux et des espèces. En effet, plus la chaîne trophique est « attaquée » à sa base, plus l'impact sur ce réseau est important. D'une manière générale, les altérations d'un maillon du réseau trophique perturbent ou détruisent l'équilibre de l'ensemble. Les dégâts se répercutent loin dans l'espace et dans le temps.

### C. Le transport d'espèces invasives *via* le plastique

Les déchets peuvent également transporter des espèces invasives. Ce transport d'espèces invasives sur de longues distances altère l'équilibre des écosystèmes et constitue un vrai danger pour la vie marine. Ce phénomène perturbe les écosystèmes en profondeur. Ce sont généralement des mollusques ou des algues mais aussi des microbes qui se fixent sur ces déchets pour se retrouver ensuite à des milliers de kilomètres de leur lieu d'origine (Ter Halle et Perez, 2018). Certains déchets sont, en effet, d'efficaces supports flottants pour des bactéries (certaines pathogènes pour les organismes marins comme pour l'Homme), des unicellulaires ou des invertébrés, vers, insectes... capables de s'acclimater dans une zone autre que leur biotope d'origine, notamment en relation avec le changement climatique. Ainsi, « *comment ne pas considérer comme un problème majeur l'arrivée de 54 espèces nouvelles sur les côtes du Canada, fixées sur des débris de grosse taille, ayant circulé des mois dans le Pacifique Nord après le tsunami de 2011 au Japon ?* » (Galgani *et al.*, 2013). Peu d'études ont été menées sur ce thème, mais le risque est bien là, avec ses conséquences environnementales, sanitaires et économiques (algues invasives, bactéries dans les zones ostréicoles ou de pisciculture).

## IV. Conséquences des plastiques sur le fonctionnement de la biosphère

Les écosystèmes marins et océaniques exercent des fonctions majeures pour le fonctionnement général de la biosphère, les perturbations de ces fonctions vont donc impacter profondément toute la vie sur la planète.

### A. Conséquences sur la biodiversité marine

Les océans sont l'un des principaux réservoirs de la biodiversité dans le monde (Boeuf, 2016). Ils constituent plus de 90 % de l'espace habitable sur la planète et abritent quelque 250 000 espèces connues ainsi que beaucoup d'autres qui ne sont pas encore répertoriées.

La biodiversité ne saurait être assimilée à une simple liste d'espèces peuplant un écosystème particulier, elle est considérablement plus qu'un catalogue ou un inventaire. C'est en fait tout l'ensemble des interactions établies entre les êtres vivants, ainsi qu'avec leur environnement.

La pollution par les plastiques entraîne de profondes modifications, biodiversité, abondance des populations, répartition géographique, périodes de reproduction sont fortement perturbées. On assiste à une réorganisation globale de la biodiversité, avec un effondrement de la diversité de certains groupes ou au contraire une augmentation de certaines espèces résistantes, à des migrations d'espèces vers les pôles, au remplacement d'espèces par d'autres qui n'offrent pas toujours les mêmes services, à des perturbations dans les relations entre proies et prédateurs, menaçant la chaîne alimentaire. Les invasions plastiques induites par l'Homme ont déjà compl tement transformé les écosystèmes.

La prévision des réponses aux changements est difficile et les effets conjugués des différents facteurs encore mal connus. Les perturbations ne sont pas uniformes et l'on peut s'attendre à des réponses différenciées en fonction des régions, des communautés et des espèces ; les pressions agissent en synergie et s'ajoutent aux pressions humaines, sans que l'on connaisse l'effet de ces synergies. De grandes incertitudes demeurent, mais les bouleversements sont déjà bien réels.

Les biomasses marines peuvent être considérables et la seule performance du phytoplancton dans sa capacité à se renouveler peut dépasser les 50 % de la productivité biologique de la planète. Le phytoplancton est le poumon de la planète. La quantité d'oxygène qu'il lib re représente plus d'un tiers de l'oxygène de toute la planète. Les végétaux chlorophylliens étant les producteurs de matières organiques, ils seront toujours (ou presque)   l'origine des chaînes alimentaires. Le phytoplancton est ainsi responsable de plus de la moitié de la production primaire nette. Il est, de ce point de vue, plus important que les plantes terrestres ! Les diatomées représentent une part importante de cette production et sont particulièrement abondantes dans les zones riches en nutriments, aux hautes latitudes et dans les zones de remontées d'eaux froides.

L'environnement marin a donc joué un rôle déterminant dans l'histoire de la vie et l'océan actuel garde son rôle primordial dans l'évolution de la vie et du climat.

### **B. Conséquences sur le climat**

Les océans et la vie marine sont essentiels au bon fonctionnement de la planète, fournissant la moitié de l'oxygène que nous respirons et absorbant environ 26 % des émissions de dioxyde de carbone anthropique dans l'atmosphère par an. Le phytoplancton est le poumon de la planète.

Les océans, qui recouvrent plus de 70 % de la surface de la Terre, jouent un rôle majeur dans la régulation du climat de la planète (Étienne et Gabrié, 2016). Au-delà des phénomènes strictement physico-chimiques (évaporation, transfert d'énergie par les courants entre les pôles et les régions équatoriales) les êtres vivants qui peuplent cet immense réservoir contribuent aussi à cette régulation : ils limitent le réchauffement climatique globale (pompe biologique à CO<sub>2</sub>) et participent à la formation des nuages. Réciproquement, le réchauffement climatique global actuel affecte les écosystèmes marins qui subissent des transformations variées.

L'océan est aussi un réservoir de carbone, il en contient 50 fois plus que l'atmosphère. Les échanges de CO<sub>2</sub> entre l'atmosphère et le reste de la planète ont toujours été équilibrés et la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> est restée constante pendant plusieurs millions. Le phytoplancton océanique stocke également du CO<sub>2</sub> dans la couche de surface ainsi que tous les bioclassificateurs. Les transports océaniques redistribuent chaleur et salinité, ces deux effecteurs contrôlant grandement la machine climatique. La quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et dans l'océan augmente. Les températures moyennes de l'air de la couche inférieure de l'atmosphère et de la surface de l'océan sont en hausse. Les changements rapides de la composition chimique de l'eau de mer ont un effet délétère sur les écosystèmes océaniques déjà stressés par la surpêche et la pollution. Les échanges océan-atmosphère sont contrôlés par deux « pompes » : la pompe de solubilité régie par les équilibres physico-chimiques à l'interface air-mer, et la pompe biologique, régie par l'activité des écosystèmes marins.

Les organismes marins photosynthétiques (algues, bactéries) ont un impact majeur sur la concentration atmosphérique du CO<sub>2</sub>. La fixation du CO<sub>2</sub> atmosphérique par des bactéries primitives est d'ailleurs apparue très tôt avant la diversification du vivant, il y a près de 3,5 milliards d'années. La photosynthèse permet ainsi de recycler le carbone dans la biomasse des producteurs primaires (cycle court), puis de la transférer aux consommateurs tout au long de la chaîne alimentaire. Une partie du carbone est restituée à l'atmosphère par la respiration et les décomposeurs.

Sur des échelles de temps beaucoup plus longues, des processus tels que l'enfouissement des matières organiques dans les sédiments alimentent l'immense réservoir que sont les roches sédimentaires carbonatées qui constituent un véritable puits de carbone sur le long terme. En mer, le carbone organique synthétisé en surface est transféré dans les profondeurs sous forme de carbone organique particulaire. Les

coccolithophoridés avec leurs écailles calcaires plus denses que l'eau participent à ce piégeage en lestant les agrégats de matière organique.

La contribution de ces écosystèmes marins à la régulation du climat ne concerne pas que le cycle du carbone. Certains organismes planctoniques, comme les coccolithophoridés, participent à la floculation des nuages en sécrétant des gaz, tels que les diméthylsulfures (DMS). Les grandes algues brunes, quant à elles, sécrètent, lorsqu'elles sont stressées, une forme très réactive d'iode qui contribue à la formation de nuages comme les stratocumulus.

Les plastiques altèrent les capacités de régulation de ces écosystèmes, qui, pourtant grâce à la complexité de leurs interactions et leur biodiversité, contribuent à renforcer la stabilité et la résilience de notre planète. L'importance du rôle des écosystèmes marins et côtiers dans la régulation du climat est souvent sous-estimée et mal comprise. La biodiversité marine est pourtant indispensable pour atténuer les effets du changement climatique.

## V. Effets des plastiques sur les sociétés humaines

La biodiversité des océans est un aspect essentiel des trois piliers du développement durable – économique, social et environnemental. Elle est indispensable au bon fonctionnement de la planète et fournit des services qui assurent la santé, le bien-être et la prospérité de l'humanité.

La biodiversité marine et les écosystèmes marins assurent la santé de la planète mais également et le bien-être social (Palmer, 2021). Les écosystèmes marins fournissent de nombreux services aux communautés côtières dans le monde. Environ 61 % du produit intérieur brut total mondial vient des océans et des régions côtières situées à moins de 100 km du littoral. Ces régions, où la densité de la population est 2,6 fois plus élevée qu'à l'intérieur des terres, bénéficient directement ou indirectement des biens et des services fournis par les écosystèmes marins, ce qui contribue à l'éradication de la pauvreté, à la croissance économique durable, à la sécurité alimentaire, aux moyens de subsistance durables. La pêche est, en effet, une source de revenus pour des centaines de millions de personnes, en particulier pour les familles à faible revenu, et contribue directement et indirectement à leur sécurité alimentaire. Par exemple, les écosystèmes de mangroves sont une source importante de nourriture pour plus de 210 millions de personnes, mais fournissent aussi de nombreux autres services, comme des moyens de subsistance, de l'eau salubre, des produits forestiers ainsi que la protection contre l'érosion et les phénomènes météorologiques extrêmes.

En plus de ces ressources vivantes, l'océan fournit également des molécules d'intérêt pharmacologique ou cosmétique tirées d'espèces marines, ainsi que d'extraordinaires et fort pertinents modèles pour la recherche scientifique et les applications biomédicales ou agronomiques.

Les déchets marins provoquent des pertes économiques pour les secteurs qui dépendent de la mer et pour la production en général. Les perturbations et les phéno-

mènes qui ont des incidences négatives sur la biodiversité marine et qui dégradent les environnements océaniques compromettent aussi le bon fonctionnement de la planète, ainsi que sa capacité à fournir les services dont les humains ont absolument besoin pour vivre et prospérer. La fourniture continue de ces services devient critique. La perte de la biodiversité a, en outre, des conséquences plus graves pour les populations qui dépendent des services fournis par les écosystèmes au niveau local pour assurer leurs moyens de subsistance et qui sont très vulnérables.

Les humains ingèrent eux aussi ce plastique qui se retrouve dans la chaîne alimentaire. Cependant, les conséquences que cela entraîne ne sont toujours pas clairement connues.

## Conclusion

La biodiversité marine et les écosystèmes produisent un vaste éventail de services qui sont essentiels aux humains et au développement durable. Le rôle essentiel de la biodiversité marine a été reconnu dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030 où les dirigeants mondiaux ont souligné qu'il était urgent de prendre des mesures pour améliorer la conservation et l'utilisation durables de la biodiversité marine. Les décisions doivent impérativement entrer en application rapidement. Parmi les actions à engager d'urgence, l'arrêt de la pollution des mers par les plastiques est une priorité. Les actions à mettre en œuvre doivent viser à mieux comprendre l'importance écologique et biologique des océans et à identifier les pressions et les menaces sur la biodiversité marine et côtière. C'est la vie terrestre qui est en jeu et notamment celle de l'espèce humaine.

## Bibliographie

- ANDRADY Anthony L., « Microplastics in the marine environment », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, n° 8, 2011, p. 159 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.
- BELLAN-SANTINI D., « Qui mange quoi ? Les réseaux trophiques de la grande bleue », L'office de la mer.com, 2020 [En ligne] URL : <https://officedelamer.com/wp-content/uploads/2018/07/Qui-mange-quoi.pdf>.
- BCEUF G., « La biodiversité dans l'océan », *Planet-Vie*, 2016 [En ligne] URL : <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/la-biodiversite>.
- COLE M., LINDEQUE P., FILEMAN E., HALSBAND C., GOODHEAD R., MOGER J., GALLOWAY T.S., « Microplastic Ingestion by zooplankton », *Environmental Science and Technology*, vol. 47, n° 12, 2013, p. 6646-6655 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1021/es400663f>.
- CÓZAR A., ECHEVARRIA F., GONZALES-GORDILLO J.I., IRIGOIEN X., UBEDA B.,

- HERNANDES-Leon S., PALMA A.T., NAVARRO S., GARCIA-DE-LOMAS J., RUIZ A., FERNANDES-DE-PUELLES M.L. et DUARTE C., « Plastic debris in the open ocean », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, n° 28, 2014, p. 10239-10244.
- DUSSUD C. et GHIGLIONE J-F, « La dégradation des plastiques en mer », Société française d'écologie et d'évolution, 2021, [En ligne] URL : <https://www.sfecologie.org/regard/r63-plastiques-en-mer-dussud-et-ghiglione/>.
- ERIKSEN M., LEBRETON L. C., CARSON H. S., THIEL M., MOORE C. J., BORRERO J. C., REISSER J. (2014), « Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea », *PLoS one*, vol. 9, no 12, 2014, DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>.
- ÉTIENNE J. et GABRIE C., « Écosystèmes marins et climat », *Planet-Vie*, 2016, [En ligne] URL : <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/ecosystemes-marins-et-climat>.
- FANON J., « La lente fragmentation des plastiques décryptée », *The Conversation*, 2019, [En ligne] URL : <https://theconversation.com/bd-sciences-en-bulles-disparition-des-matieres-plastiques-en-mer-125075>.
- GALGANI F., POITOU I. et COLASSE L., *Une mer propre, mission impossible ? 70 clés pour comprendre les déchets en mer*, Paris, Éditions Quae, 2013.
- GALL S. C. et THOMPSON R. C., « The impact of debris on marine life », *Marine pollution bulletin*, vol. 92, n° 1-2, 2015, p. 170-179, [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>.
- JAMBECK J. R., GEYER R., WILCOX C., SIEGLER T. R., PERRYMAN M., ANDRADY A., ET LAW K. L., « Plastic waste inputs from land into the ocean », *Science*, vol. 347, n° 6223, 2015, p. 768-771 [En ligne] DOI : [10.1126/science.1260352](https://doi.org/10.1126/science.1260352).
- LEBRETON L.C., GREER S.D., BORRERO J.C., « Numerical modelling of floating debris in the world's oceans », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, n° 3, 2012, p. 653-661 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.027>.
- LEBRETON L. C., VAN DER ZWET J., DAMSTEEG J. W., SLAT B., ANDRADY A., REISSER J., « River plastic emissions to the world's oceans », *Nature communications*, n°8, 2017, 15611.
- LEBRETON L.C., SLAT P., FERRARI F., SAINTE-ROSE B., AITKEN J., MARTHOUSE R., HAJBANE S., CUNSOLO S., SCHWARZ A., LEVIVIER A., NOBLE K., DEBELJAK P., MARAL H., SCHOENEICH-ARGENT R., BRAMBINI R. ET REISSER J., « Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic ». *Scientific Reports*, n° 8, 2018, 4666, [En ligne] URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-018-22939-w>.
- MASO M., GARCES E., PAGES F. ET CAMP J., « Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species », *Sci. Mar*, vol. 67, n° 1, 2007, p. 107-111 [En ligne] URL : <https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/459>.

- PALMER C.P., « La biodiversité marine et les écosystèmes marins assurent la santé de la planète et le bien-être social », *Chronique ONU*, 2021 [En ligne] URL : <https://www.un.org/fr/chronicle>.
- SALIS P. et RAYNAUD M., « Quand les jeunes poissons mangent du plastique au lieu du plancton », *The Conversation*, 2020 [En ligne] URL : <https://theconversation.com/quand-les-jeunes-poissons-mangent-du-plastique-au-lieu-du-plancton-130586>.
- SHAH A.A., HASAN F, HAMEED A. et AHMED S, « Biological degradation of plastics : a comprehensive review », *Biotechnology advances*, n° 26, n° 3, 2003 p. 246-265 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.12.005>.
- TER HALLE A. et PEREZ E. « La pollution plastique en mer », *Encyclopédie de l'environnement*, 2018, [En ligne] URL : <https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/pollution-plastique-en-mer/>.
- THOMPSON, R. C., & GALLOWAY, T. S., « The physical impacts of microplastics on marine organisms : a review », *Environmental pollution*, n° 178, 2013, p. 483-492 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.
- ZETTLER E.R., MINCER T.J. ET AMARAL-ZETTLER L.A., « Life in the “plastisphere” : microbial communities on plastic marine debris », *Environmental Science and Technology*, n° 47, 2013, p. 7137-7146 [En ligne] DOI : <https://doi.org/10.1021/es401288x>.