

# Fiche Matériau : PLASTIQUE

## Analyse des impacts potentiels et recommandations

Ces fiches ont été réalisées dans le cadre d'un stage au sein du Centre de ressources Génie écologique de l'Office français de la biodiversité (OFB) intitulé « ÉCOCONCEPTION DES SOLUTIONS UTILISÉES DANS LE CADRE DU GÉNIE ÉCOLOGIQUE » (Camille Kuntz, 2019)

Elles s'adressent à l'ensemble des acteurs impliqués dans la conception, le pilotage, le financement, la mise en œuvre et la réalisation de projets de génie écologique. Ce premier travail a vocation à être enrichi et alimenté.

### I. Enjeux

Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels. Ces matériaux sont régulièrement employés dans les opérations de génie écologique, notamment de génie végétal pour le paillage et la protection des plants.

### II. Matières premières

**350 millions de tonnes** de plastique sont produites chaque année.<sup>1</sup> Le plastique est principalement issu de la **pétrochimie** à partir du pétrole ou du gaz naturel. En effet, les bioplastiques ne représentent que 0,75 % du marché mondial.<sup>2</sup> Les bioplastiques sont des plastiques soient issus de ressources renouvelables soient biodégradables. Dans certains cas, ils peuvent être les deux. Plusieurs étapes de l'exploitation du pétrole engendrent des émissions de **gaz à effet de serre**, le raffinage rejette des oxydes de soufre, des oxydes d'azote, des composés organiques volatils (COV), du monoxyde de carbone, et autres. Les émissions de particules sont au centre des préoccupations du fait de leurs impacts sur la santé et sur la biodiversité. L'industrie du pétrole est d'ailleurs la plus grande source industrielle de COV. Elle nécessite aussi des quantités importantes de **matières brutes** et **d'énergie** pour fonctionner. **L'eau** est utilisée de manière intensive comme eau de procédé et pour le refroidissement. Son utilisation peut entraîner sa **contamination** par des produits huileux. Se rajoutent à tous ces risques, les **fuites de**

**pétrole** et de plastique qui sont désastreuses pour l'environnement. Toutefois, il s'agit d'une industrie mature, de nombreuses réglementations sont mises en place pour **limiter et prévenir ces risques** pour l'environnement (filtres pour les particules, traitements de l'eau, protocoles pour éviter les fuites...).<sup>3</sup>



#### CHIFFRES CLÉS :

- 350 millions de tonnes de plastiques produites par an
- Seulement 0,75% sont des bioplastiques

### III. Fabrication

Le plastique est composé de **polymères**, de **charges**, de **plastifiants** et **d'additifs**. En effet, lors de la synthèse des polymères, on y ajoute des adjuvants pour donner certaines propriétés au plastique. Les additifs sont des colorants (pigments organiques ou pigments minéraux), des retardateurs de flamme (oxyde d'antimoine ou paraffines chlorés), ou encore des antioxydants. La plupart de ces adjuvants sont toxiques pour l'homme et pour l'environnement (cancérigène, mutagène, reprotoxique, perturbateurs endocriniens...). L'un des exemples le plus connu est l'utilisation de phtalates comme plastifiant pour le PVC, les phtalates étant des perturbateurs endocriniens.<sup>4</sup>

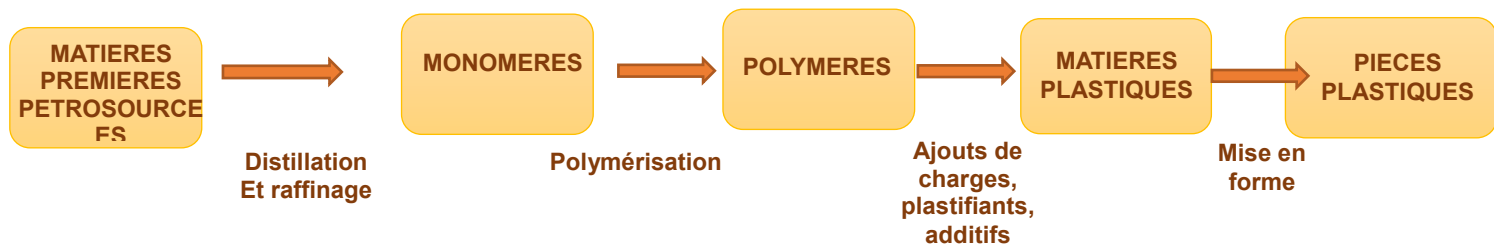


Schéma 1 - Fabrication des pièces plastiques

Les **colles** et les **thermoliants** sont aussi des plastiques de la famille des **polyépoxydes**. Il s'agit d'un matériau thermodurcissable : une résine époxyde réagit avec un durcisseur sous l'effet de la chaleur pour former un polyépoxyde. Les deux réactifs de départ sont **toxiques**. En effet, dans plus de 75% des cas, on fait réagir de l'**épichlorhydrine** (cancérigène possible)<sup>5</sup> avec du **bisphénol A** (perturbateur endocrinien)<sup>4</sup> pour former la **résine époxyde**. Elle réagit ensuite avec des **diamines** comme l'éthylènediamine (Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme)<sup>6</sup>, pouvant aussi être **toxiques**. On peut y ajouter comme dans un plastique classique des **plastifiants**, des **charges** et autres **additifs**.

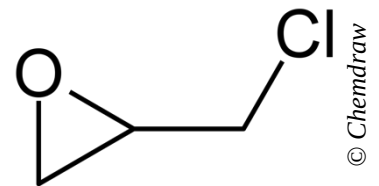


Figure 1 - Molécule d'épochlorhydrine pouvant provoquer le cancer

La **pétrochimie**, qui va à la fois permettre d'obtenir les polymères mais aussi la plupart des additifs, est la **troisième** industrie responsable des **émissions de CO<sub>2</sub>** (environ 18% des émissions industrielles mondiales). Ces émissions viennent en grande partie de la consommation d'énergie mais aussi de la transformation des matières en d'autres produits. Dans le secteur industriel, l'industrie de la pétrochimie est aussi responsable **d'un tiers** des **émissions de SO<sub>2</sub>** et de presque **20 %** des oxydes d'azote (**NO<sub>x</sub>**). Ce secteur est aussi responsable de 20 % des particules fines en suspension dans l'air.

L'eau utilisée par la pétrochimie représente **4 %** de l'eau utilisée en **industrie** et **1 %** de l'eau prélevée.<sup>7</sup>



#### CHIFFRES CLÉS :

- La pétrochimie représente 18% des émissions industrielles mondiales
- Cette industrie est responsable de 33% des émissions de SO<sub>2</sub> et de 20% des émissions de NO<sub>x</sub>

## Industry direct CO2 emissions

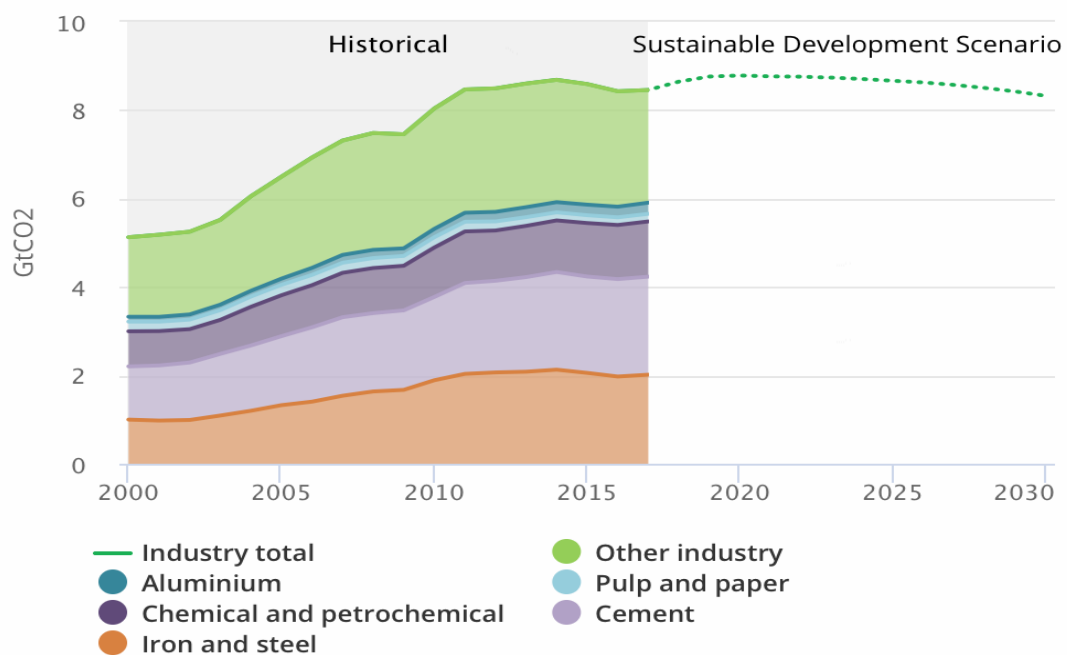


Figure 2 - Emission directe de CO<sub>2</sub> par secteur industriel.

La chimie est 3ème avec 1,2 GtCO<sub>2</sub> en 2017

## IV. Impacts lors de l'utilisation

le plastique peut relarguer des molécules toxiques et se dégrade en micro puis nanoparticules qui peuvent avoir d'importantes conséquences sur les milieux.<sup>8</sup> Il est dangereux car il est résistant dans le temps et ingéré par les organismes vivants. Les particules de micro-plastiques sont soit produites **intentionnellement** soit produites lors de la **dégradation d'éléments**. En effet, le plastique peut se dégrader de différentes façons : biologique, photochimique, thermique, mécanique, thermo-oxydative et par hydrolyse.<sup>9</sup> Les produits de dégradation sont alors de taille micrométrique voire nanométrique.

Les milieux aquatiques sont pollués par l'évacuation des stations d'épuration, le débordement des canalisations lors de fortes intempéries ou encore lors du ruissellement sur les sols et les boues utilisés dans l'agriculture.<sup>10</sup> La pollution de ces milieux conduit ensuite à la pollution des milieux marins. Les micro-plastiques ont souvent une densité supérieure à celle de l'eau, ils ont donc tendance à se **déposer sur les fonds** mais des turbulences peuvent remettre ces particules en suspension dans la colonne d'eau. La dégradation en micro-plastique est beaucoup plus rapide sur les plages et les berges du fait de températures et de niveaux d'oxygène plus élevés qu'en pleine eau. Des micro-plastiques ont été retrouvés dans les **sédiments**, dans la **colonne d'eau**, dans des systèmes **digestifs** de différents organismes vivants, dans des structures **respiratoires** et dans des **tissus** d'organismes marins.<sup>11</sup> Ils ont tendance à s'accumuler près des **zones d'habitation** mais on en retrouve aussi dans des **zones très reculées**. Le temps requis pour que le plastique soit complètement minéralisé est parfois de **plusieurs milliers d'années**,<sup>12</sup> la minéralisation correspondant à la dégradation complète du plastique en molécules oxydées ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Les organismes vivants peuvent assimiler les plastiques de différentes manières : par **l'alimentation**, par **l'inhalation**, par la consommation de **proies** ayant ingéré des micro-plastiques ou par **ingestion** directe.<sup>13</sup> La propension des micro-plastiques à entrer à différents niveaux de la chaîne alimentaire pose un véritable problème étant donné la difficulté à le retirer de l'environnement.

La potentielle toxicité des micro-plastiques pour les organismes aquatiques découle de trois voies :

- **Stress** lors de l'ingestion (blocage, dépense d'énergie lors de l'ingestion...)
- **Relargage** d'additifs (ex. : les plastifiants)
- **Exposition** a des **contaminants** associés aux micro-plastiques (ex. : les polluants organiques persistants ou POP).<sup>4</sup>

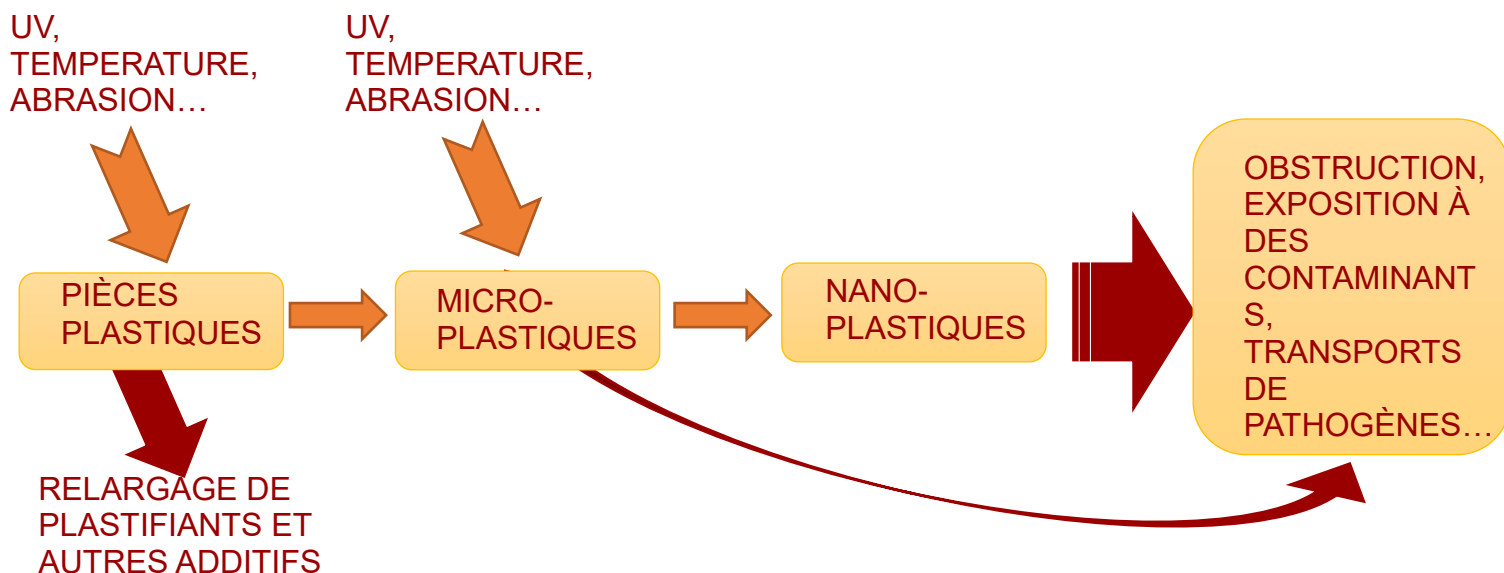


Schéma 2 - Dégradation du plastique et quelques conséquences

Les effets de l'exposition aux micro-plastiques dépendent de l'**accumulation** et de la **translocation** dans les tissus, de l'habilité des organismes à **évacuer** ces particules et du potentiel **transfert** dans la chaîne alimentaire.<sup>14</sup>

Les micro-plastiques peuvent **réduire** la **photosynthèse** de certaines algues ce qui peut avoir des impacts négatifs sur la chaîne alimentaire.<sup>15</sup> L'exposition chronique peut entraîner des effets sur la **reproduction** et le **développement** chez les crustacés.<sup>16</sup> Certains poissons prennent ces particules pour de la nourriture ce qui induit en plus de l'ingestion de micro-plastiques une réduction de la performance prédatrice. En plus des effets directs, les prédateurs avec un niveau trophique supérieur consomment des proies contaminées. On peut alors observer des **changements de comportements**, des **métabolites** dans le foie et les muscles et de l'**histologie** (anatomie des tissus biologiques) du cerveau.<sup>17</sup>

Les micro-plastiques sont **hydrophobes** et ont de grandes surfaces relatives d'absorption ce qui permet l'**accumulation** des **polluants organiques** à leur surface. Les polluants ont aussi plus tendance à s'adsorber sur des micro-plastiques que sur des plus larges fragments du fait du ratio entre le volume et la surface d'absorption. De même, les plastiques peuvent se lier avec des **métaux** qui sont accumulés en plus grandes concentrations qu'avec les sédiments naturels.<sup>18</sup> La possibilité pour ces polluants de contaminer la chaîne alimentaire à travers l'ingestion des micro-plastiques est une vraie préoccupation. Certains additifs aux plastiques peuvent perturber le système endocrinien, comme le Bisphénol A pour les crustacés, les poissons et les invertébrés.<sup>4</sup>

Les micro-plastiques peuvent aussi être des **vecteurs** pour les agents **pathogènes** et/ou pour les **espèces exotiques envahissantes**.<sup>19</sup>



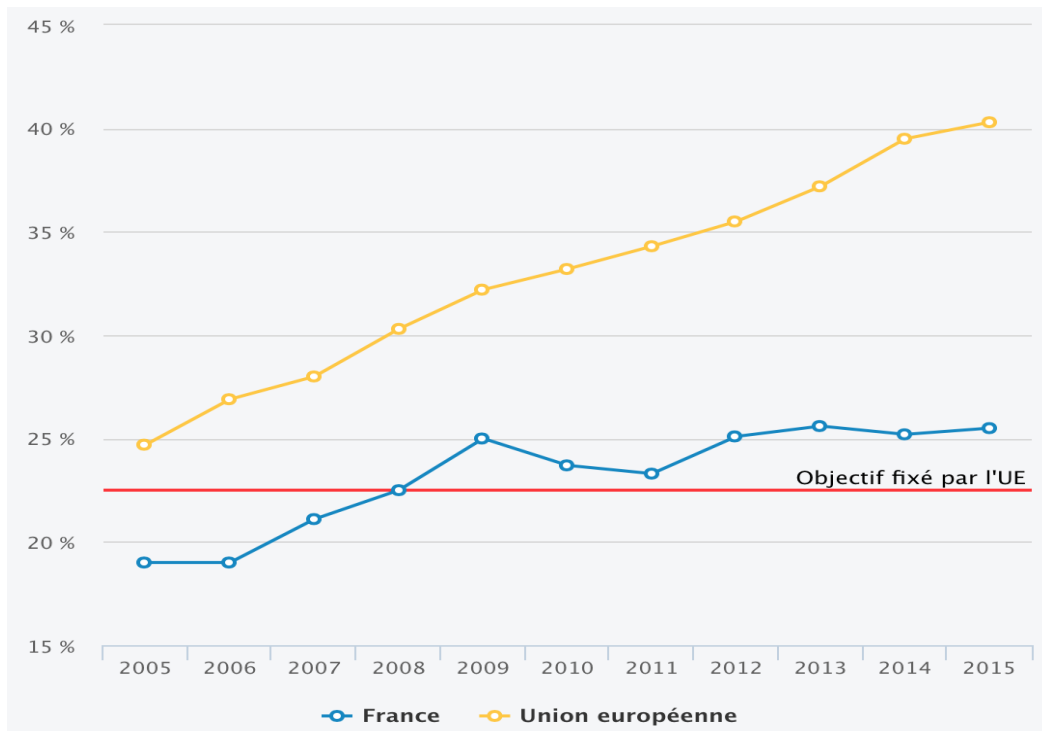
### **A RETENIR :**

- On retrouve du plastique dans les sédiments, dans la colonne d'eau, dans les tissus, le système digestif et le système respiratoire des organismes vivants.
- Les conséquences possibles de la présence de micro-plastiques dans le milieu sont l'obstruction de systèmes digestifs, des perturbations endocriniennes, la contamination de la chaîne alimentaire, la pénétration dans les organismes vivants de polluants toxiques et le transport d'agents pathogènes.

## **V. Fin de vie**

Le plastique est généralement considéré comme très stable et non-biodégradable. Seulement **9 % du plastique est recyclé** dans le monde et 30% en Europe. Il existe deux autres façons de le traiter : l'**incinération** ou l'**enfouissement**. Ces deux techniques sont beaucoup moins chères que le recyclage et sont donc plus utilisées pour gérer le plastique. Cependant, l'incinération émet des gaz toxiques dans l'atmosphère et l'enfouissement est responsable de pollution de l'eau, de l'air et des émissions de gaz à effet de serre. De plus, certains centres d'incinération ne récupèrent pas la chaleur comme source d'énergie. En fonction des différentes méthodes de gestion des pays, une partie des déchets plastiques se retrouve sur le marché international : la Chine recevait jusqu'à récemment la moitié des déchets plastiques présents sur le marché.

Sans gestion efficace, le plastique peut finir dans les milieux marins et causer de graves dommages à la faune et à la flore aquatique. On estime que **300 millions de tonnes** de plastique sont déjà dans les océans.<sup>8</sup> La dégradation du plastique a des effets négatifs sur les espèces comme vu dans le paragraphe précédent.



© EUROSTAT

Figure 3 - Evolution du taux de recyclage des déchets d'emballages plastiques en France et en moyenne dans l'Union européenne entre 2005 et 2015.

## VI. Perspectives

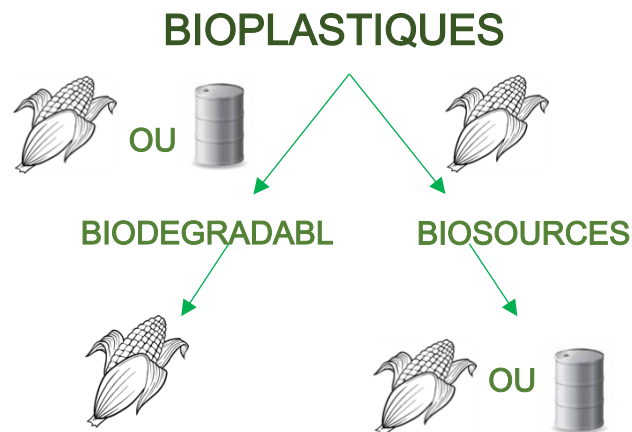


Schéma 3 - Origines et fins de vie des bioplastiques

De plus en plus de recherches apparaissent sur les **bioplastiques**. Différents matériaux voient le jour en étant **biosourcés et/ou biodégradables**.

Par exemple, les polyhydroxyalcanoates (PHA) sont des polymères issus de ressources renouvelables, obtenus par fermentation en présence de certaines espèces de bactéries. Ils forment une famille de polyesters thermoplastiques biodégradables fournissant une alternative prometteuse aux polymères issus de la pétrochimie. Des

études récentes ont démontré leur biodégradabilité toute particulière, en milieu marin notamment. Ces polymères sont toutefois toujours à un niveau de recherche.

Une vigilance doit être portée sur le développement du bioplastique qui peut vouloir signifier biosourcé et biodégradable ou l'un ou l'autre. Malheureusement, leurs propriétés ne correspondent pas aux attentes pour différentes applications, attentes le plus souvent accessibles uniquement avec les plastiques conventionnels pour l'instant.



**RECOMMANDATION :**

Préférez des matériaux issus de ressources renouvelables qui auront moins d'impacts sur l'environnement

*Relue et corrigée par Pierre-François Staub, chargé de mission Pollution des écosystèmes et Métrologie au sein de la direction de la recherche, de l'expertise et des données à l'Agence française pour la biodiversité.*

*Relue et corrigée par certains membres du Comité scientifique et technique du centre de ressources Génie écologique de l'Office français de la biodiversité.*

## VII. Bibliographie

1. Statista. Global plastic production from 1950 to 2017. Available at: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>. (Accessed: 30th July 2019)
2. European Bioplastics, nova-I. Global production capacities of bioplastics. (2018).
3. Commission Européenne. Document de référence sur les meilleures techniques disponibles Raffineries de pétrole et de gaz. (2003).
4. Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* **62**, 2588–2597 (2011).
5. SigmaAldrich. Fiche de données de sécurité - Epichlorhydrine. (2013).
6. SigmaAldrich. fiche de données de sécurité - Ethylènediamine. (2018).
7. International Energy Agency. The Future of Petrochemicals Towards more sustainable plastics and fertilisers. (2018).
8. AFB & LEESU. *Journées Plastique & Environnement*. (2019).
9. Browne, M. A., Galloway, T. & Thompson, R. Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? *Soc. Environ. Toxicol. Chem.* **3**, 559–566 (2007).
10. Eriksen, M., Mason, S. & Wilson, S. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.* **77**, 177–182 (2013).
11. Andrady, A. L. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* **62**, 1596–1605 (2011).
12. Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. & Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **364**, 1985–1998 (2008).
13. Baulch, S. & Perry, C. Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans. *Mar. Pollut. Bull.* **80**, 210–221 (2014).
14. Wright, S. L., Thompson, R. & Galloway, T. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* **178**, 483–492 (2013).
15. Bhattacharya, P., Lin, S., Turner, J. P. & Chun Ke, P. Physical Adsorption of Charged Plastic Nanoparticles Affects Algal Photosynthesis. *J Phys Chem* **114**, 16556–16561 (2010).
16. Lee, K.-W., Shim, W., Kwon, O. Y. & Kang, J.-H. Size-Dependent Effects of Micro Polystyrene Particles in the Marine Copepod *Tigriopus japonicus*. *Env. Sci Technol* **47**, 11278–11283 (2013).
17. Mattson, K. *et al.* Altered Behavior, Physiology, and Metabolism in Fish Exposed to Polystyrene Nanoparticles. *Env. Sci Technol* **49**, 553–561 (2014).
18. Ashton, K., Holmes, L. & Turner, A. Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* **60**, 2050–2055 (2010).
19. Zettler, E. R., Mincer, T. J. & Amaral-Zettler, L. A. Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Env. Sci Technol* **47**, 7137–7146 (2013).