

Intégration des micro-déchets plastiques dans la chaîne trophique marine et dans les produits de la mer : une voie d'exposition du consommateur aux polluants chimiques

Période : avril 2013 à août 2013

Gilles BOCQUENÉ | gilles.bocquene@ifremer.fr

Ifremer – RBE/BE/ARC – Nantes – France

Mots clés : Contamination, Consommateur, Microplastiques, PolyBromoDiphénylEthers (PBDE), Perturbateurs endocriniens, Poisson, Pollution, Produits de la mer

La quantité de déchets plastiques entrant dans les océans chaque année est estimée à 6,5 millions de tonnes qui s'ajoutent à un stock difficile à évaluer. Sous l'action combinée de la lumière, de l'oxydation et de l'érosion mécanique, une partie de ces plastiques se fractionne en microparticules granuleuses ou fibreuses de taille généralement inférieure à 5 mm, dont le comportement dans l'océan est proche de celui du plancton marin (1). Ces microplastiques, concentrés par le jeu des courants marins, peuvent intégrer les premiers maillons de la chaîne trophique marine. Or, ces particules ont la faculté d'adsorber, de concentrer et de transporter un grand nombre de contaminants chimiques (2,3). La question du transfert trophique et de la contamination potentielle des produits de la mer par ces particules synthétiques est tout à fait récente. Les trois études qui font l'objet de cette note montrent, successivement, le transfert trophique de ces microplastiques de la moule au crabe, puis la présence de ces microparticules dans le tractus digestif de poissons destinés à l'alimentation humaine capturés dans la Manche et enfin la présence de contaminants chimiques dans la chair de poisson, liée à l'ingestion de débris plastiques. Ces trois publications, très complémentaires, explorent les mécanismes d'une nouvelle voie d'exposition du consommateur aux contaminants chimiques.

Transfert trophique des microplastiques de la moule (*Mytilus edulis* (L.)) au crabe (*Carcinus maenas* (L.))

Farrell P, Nelson K. Trophic level transfert of microplastic: *Mytilus edulis* to *Carcinus maenas*. *Environ Pollut* 2013;177:1-3

Résumé

Chez les organismes filtreurs tels que la moule bleue (*Mytilus edulis*), certaines microparticules de plastique d'une taille de l'ordre de 10 µm ont la faculté de pénétrer le système circulatoire à partir de l'intestin (4). Des moules, source importante de nourriture dans l'écosystème marin, ont été exposées en aquarium à des microsphères de polystyrène fluorescentes de 0,5 µm pendant une heure, puis ont été données en nourriture à des femelles de crabe vert (*Carcinus maenas*). Une partie des crabes a été sacrifiée à 1, 2 et 4 heures après l'ingestion. Le reste des crabes, placé en eau saine, et nourri avec du poisson ne contenant pas de microbilles a été prélevé à un, sept, quatorze, vingt et un jours afin de suivre le devenir des microbilles absorbées. Pour chacun des crabes, des prélèvements d'hémolymphe¹ ont été réalisés et différents organes (estomac, hépatopancréas, ovaires et branchies) ont été examinés au microscope à fluorescence afin de compter le nombre de microsphères.

Les billes de plastiques ont été retrouvées dans tous les organes des crabes. Les plus fortes concentrations sont observées une heure après ingestion à des valeurs décroissantes dans le temps. Après 21 jours de décontamination en eau saine, aucune microbille n'est observée dans les organes testés. D'autre part, les auteurs constatent une augmentation significative du nombre de microbilles dans l'hémolymphe des crabes remis en eau saine pendant les 24 premières heures, puis une décroissance sur les jours suivants. Des billes étaient toutefois encore présentes dans l'hémolymphe après 21 jours. La discussion présente d'autres études montrant que la contamination par les microplastiques peut aussi se faire à différents niveaux trophiques, au niveau primaire avec l'adsorption de particules qui limitent la photosynthèse du phytoplancton (5) ou sur des espèces pélagiques² ou démersales³ (6).

Bien que le taux de rétention des microbilles par la moule soit faible (0,28 %) de même que le taux de transfert des microbilles entre la moule et le crabe (0,04 %), cette étude montre que ce transfert est une réalité et qu'il atteint des fluides tels que l'hémolymphe. La question du transfert à des niveaux trophiques supérieurs se pose, y compris pour l'espèce humaine, dont la consommation de produits de la mer ne cesse d'augmenter.

Commentaire

Les auteurs font la démonstration que les microdéchets plastiques ont la capacité d'être transférés, lors de l'absorption d'espèces contaminées, vers des niveaux trophiques supérieurs et que cette contamination ne concerne pas seulement le système digestif mais aussi d'autres organes ou fluides biologiques vitaux. Si les microparticules sont rapidement excrétées par le filtreur, elles persistent chez le consommateur secondaire. Compte tenu du potentiel de ces micro-déchets à contenir, concentrer et transporter de nombreux contaminants, la question de cette nouvelle voie de contamination des espèces de niveaux supérieurs se pose réellement, y compris vis-à-vis de l'espèce humaine qui en fait la consommation. Ce constat amène de nombreuses questions qui ne sont pas abordées dans cette étude, notamment la question du transport membranaire de ces particules et par conséquent du rapprochement de cette thématique avec celle des nanoparticules, bien que l'exposition du milieu naturel aux teneurs indiquées dans cette expérience soit peu probable. Certains aspects techniques de l'expérimentation, tels que la vigilance particulière qui doit être apportée à la décontamination des locaux de toutes les particules endogènes, doivent aussi être discutés.

Présence de microplastiques dans le tractus gastro-intestinal de poissons pélagiques² et demersaux³ capturés en Manche

Lusher AL, McHugh M, Thompson RC. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar Poll Bull* 2013;67:94-9

Résumé

Les débris marins sont représentés à 60-80 % par des débris plastiques. Leurs impacts sont rapportés, notamment ceux qui concernent leur ingestion par les oiseaux et les mammifères marins (7). Les études sur l'ingestion de microparticules, définies comme ayant une taille < 5 mm, sont plus récentes. L'ingestion de microplastiques provoque des troubles digestifs tels que la fausse sensation de satiété. De plus, les microplastiques ingérés peuvent favoriser la contamination de l'hôte par les différents composés chimiques utilisés lors de leur fabrication tels que le bisphénol A.

Les auteurs de cette publication ont mesuré l'ingestion de microplastiques chez dix espèces de poisson pêchés en Manche. Cinq espèces de poissons pélagiques² et cinq espèces demersales³, la plupart consommées par l'Homme, ont été échantillonnées, à 10 km au sud de Plymouth, à une profondeur moyenne de 55 m. Cinq cent-quatre poissons ont été prélevés pour observation du tractus digestif au microscope. Chaque microplastique prélevé est caractérisé par FT-IR⁴. Parmi les 504 poissons analysés, 184 (36,5 %) d'entre eux avaient ingéré des particules. Chez 2 espèces, le merlan bleu (*Micromesistius poutasou*) et le grondin rouge (*Aspitrigla cuculus*), cette proportion dépasse 50 % alors que chez la sole perdrix (*Microchirus variegatus*) et chez la sole jaune (*Buglossisium luteum*), le pourcentage d'ingestion est de 22 et 28 %, respectivement. L'abondance de présence varie de un à

15 morceaux de microplastiques avec une moyenne de $1,9 \pm 0,1$ morceau par poisson. Les microplastiques identifiés sont pour 58 % des polymères semi-synthétiques (rayonne⁵) et pour 36 % du polyamide, 5 % du polyester et 1 % du polystyrène. Enfin, la taille moyenne des morceaux de microplastique récupérés est de 1-2 mm.

La proportion de 36,5 % d'animaux ayant ingéré des plastiques est comparable à celle observée dans d'autres études dans le Pacifique ou sur les côtes brésiliennes (8-9). Les polyamides et polyesters seraient issus de l'industrie de la pêche alors que la rayonne proviendrait essentiellement de fibres de vêtements et de produits d'hygiène féminine apportés par les rejets de stations d'épuration.

Commentaire

Ce travail montre la contamination d'environ un poisson sur trois par les microplastiques dans la Manche. Ce chiffre est aussi celui observé lors d'un travail plus récent sur le cabillaud capturé en Manche (10). Ces plastiques sont, soit des dérivés semi-synthétiques de la cellulose, substances peu rémanentes, soit des polymères polyamide, polyester et polystyrène non dégradables. Le nombre de morceaux observés dans chaque animal est faible mais il ne concerne que les fragments compris entre un et deux mm. Les nano-plastiques de taille inférieure (jusqu'à 1 µm) ne sont pas pris en compte dans cette étude, or ce sont ces nanoparticules qui sont susceptibles de passer les barrières biologiques et de favoriser le transfert des contaminants vers les fluides biologiques, notamment le sang. Huit espèces de poissons sur les 10 concernées par cette étude sont des poissons exploités, destinés à la consommation humaine. Bien que le tractus gastro-intestinal ne soit pas consommé, la question du transfert potentiel vers d'autres organes, des éléments constituant ces déchets synthétiques ainsi que leur capacité à fixer et concentrer un certain nombre de contaminants organiques doit être posée car elle concerne aussi le transfert vers le consommateur.

Détection du nonylphénol et de polluants organiques persistants dans les poissons du gyre océanique central du Nord Pacifique (NPCG)

Gassel M, Harwani S, Park JS, Jahn A. Detection of nonylphenol and persistent organic pollutants in fish from the North Pacific Central Gyre. *Mar Poll Bull* 2013;73:231-42

Résumé

Dans la zone maritime NPCG⁶ à 1800 km des côtes californiennes, 19 juvéniles⁷ de sériole (*Seriola lalandi*) ont été échantillonnés. Le corps, débarrassé des viscères a été lyophilisé puis broyé pour analyses des concentrations en PCB⁸, en PBDE⁹, en NPE¹⁰ et en OCP¹¹, les estomacs étant conservés pour la numération de débris plastiques. Les résultats montrent que 2 individus (10,5 % de l'effectif) ont ingéré des débris plastiques juste avant leur capture. Ce pourcentage est inférieur aux données d'autres travaux sur la même zone (8-11).

Les PCB⁸, les PBDE⁹ et OCP¹¹ ont été identifiés chez tous les

individus. Les plus fortes concentrations sont mesurées pour les OCP¹¹ avec l'ensemble des congénères de DDT² à $1\,425 \pm 1\,118 \text{ ng g}^{-1}$ de lipide (moyenne des 19 individus), pour les PCB⁸ avec la somme de 14 congénères à $352 \pm 240 \text{ ng g}^{-1}$ de lipide et pour les PBDE⁹ avec la somme de 18 congénères à $5,34 \pm 3,06 \text{ ng g}^{-1}$, plus le congénère BDE 209¹³ qui atteint lui seul $3,7 \pm 8,7 \text{ ng g}^{-1}$ de lipide. La concentration moyenne en nonylphénol⁹ est de $235 \pm 391 \text{ ng g}^{-1}$ de poids sec mais ne concerne que 32 % des individus. Aucun NPE¹⁰ n'a été détecté. La forte corrélation entre les concentrations de PCB⁸ et PBDE⁹ suggère que ces molécules proviennent de la même source d'exposition. La présence du congénère p,p'-DDE¹⁴ produit de métabolisation du DDT², indique une exposition historique plutôt qu'un usage récent de cet insecticide.

L'origine de la contamination des sérioles par les PCB⁸ est incertaine, il est difficile d'estimer la part correspondant à la bioaccumulation de celle venant directement des plastiques ingérés. En revanche, le niveau élevé du congénère BDE 209¹³ suggère une exposition récente aux PBDE⁹. De plus, plusieurs arguments scientifiques sur le comportement et la répartition des congénères de PBDE⁹, notamment celle du BDE 209¹³, supportent l'hypothèse d'une exposition récente aux déchets plastiques concentrés dans le NPCG⁶.

Commentaire

Le NPCG⁶ est l'une des quelques zones océaniques de très forte accumulation de débris plastiques. Les PCB⁸, les PBDE⁹ et les OCP¹¹ ont été analysés sur un échantillon de 19 juvéniles de sériole et ils ont tous été identifiés dans la plupart des individus. Ces substances sont des constituants des différents polymères plastiques et aussi des composés véhiculés par ces débris. Si l'origine des PCB⁸ et des OCP¹¹ n'est pas facilement localisable, la présence massive des microplastiques sur cette zone comme source de PBDE⁹ est fortement étayée (12-14). Il faut noter que l'échantillon prélevé est faible et qu'il ne permet pas la mise en évidence de la présence systématique de microparticules dans le tractus digestif des poissons. D'autre part, l'observation du contenu digestif est visuelle et ne permet pas la reconnaissance d'éléments synthétiques de dimensions très inférieures à 1 mm. La comparaison avec les mêmes contaminants, sur la même espèce mais dans une zone éloignée du NPCG⁶ aurait pu conforter encore l'hypothèse que la contamination des poissons par les PBDE⁹ sur cette zone est liée aux fortes concentrations de débris plastiques qui y ont été retrouvées.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les trois publications citées ont pour sujet la contamination des eaux marines par les particules de plastique et sont très complémentaires. À partir du constat que certaines microparticules ont la capacité de passer les membranes biologiques et de s'intégrer dans la chaîne trophique, la question du niveau de contamination des espèces exploitées par ces débris plastiques est posée. La seconde étude réalisée sur des poissons capturés dans la Manche, montre qu'une proportion importante d'entre eux a ingéré des microparticules peu avant la capture. Cette proportion atteint notamment plus de 50 % chez le merlan, espèce pélagique importante dans la chaîne trophique marine mais aussi largement consommée par l'homme. Par leur taille proche des éléments planctoniques et leur présence dans le sédiment marin, les microparticules plastiques peuvent donc être ingérées par les espèces pélagiques² et démersales³. Mais ces plastiques transportent aussi des contaminants chimiques de synthèse : d'une part les substances qui les constituent (plastifiants, retardateurs de flamme) et d'autre part celles qui s'y sont adsorbées et concentrées lors de leur interaction dans l'environnement. La troisième étude, menée sur une espèce de poisson capturé dans le NPCG⁶, zone de forte accumulation de déchets plastiques, montre la présence de PBDE⁸ dont la source est très probablement due à la concentration de particules microplastiques dans cette partie du Pacifique Nord. Les PBDE⁹ sont reconnus comme ayant des effets de perturbation endocrine chez de nombreuses espèces, y compris chez l'Homme.

Il est donc démontré que certains microplastiques sont transférés d'un niveau trophique à l'autre et la question est posée de la bioaccumulation et de la bioconcentration dans les produits de la mer de ces particules et des substances qui les constituent ou qu'elles transportent car les poissons et les produits de la mer sont des contributeurs majeurs de l'exposition alimentaire aux polluants organiques persistants, à hauteur de 75 % pour les PCB⁸ et de 30 % pour les PBDE⁹ (15-17).

GENERAL CONCLUSION

*The three reviewed publications are about contamination of marine waters the plastic particles. They are complementary. From the observation that some microparticles of plastic have the ability to pass through biological membranes and enter the food chain, the question points the level of ingestion of plastic debris by exploited marine fishes. In a second study, it has been shown that a significant proportion of fish from the English Channel have ingested microplastics shortly before their capture, the proportion reaches more than 50 % for the whiting, a key pelagic species in the local ecosystem also consumed by humans. As the microplastics in marine waters mixed with plankton and enter the sediment, plastic microparticles can be ingested by pelagic and benthic species. These plastics also carry synthetic chemical contaminants: substances of the microplastic itself (plasticisers, flame retardants) and substances that are adsorbed and concentrated when debris enter the environment. The third work shows that juveniles of *Seriola* caught in the NPCG (the North Pacific Central Gyre) a zone of high plastics accumulation, present high levels of PBDEs and that the source of PBDEs is most likely related to the high concentration of plastic debris in this area of the North Pacific ocean. PBDEs are known to be endocrine disruptors for many species including humans. In conclusion, there is evidence that some microplastics are transferred from one trophic level to another, thereby there is concern that bioaccumulation and bioconcentration processes of chemicals may occur in seafood as fishes and sea food are major contributors of food exposure to persistent organic pollutants, at a level of 75 % for PCBs and 30 % for PBDE compounds (15-17).*

Lexique

- (1) Hémolymphe : Liquide circulant des invertébrés
- (2) Pélagique : Se dit d'organismes vivant dans la colonne d'eau
- (3) Démersal : Se dit d'organismes vivant à proximité du fond
- (4) FT-IR ou IRTF : Spectroscopie infra rouge à transformée de Fourier. Méthode permettant l'analyse des constituants d'un matériau par l'absorption d'un rayonnement infrarouge
- (5) Rayonne : Fibre semi-synthétique à base de cellulose
- (6) NPCG : North Pacific Central Gyre. Courant giratoire responsable de l'accumulation de déchets plastiques dans l'océan Pacifique Nord
- (7) Juvénile : Phase de développement d'un poisson précédant la maturation sexuelle
- (8) PCB : Polychlorobiphényles. Famille de composés chlorés rémanents
- (9) PBDE : Polybromodiphényléthers. Famille de composés bromés retardateurs de flamme, ingrédient de nombreux plastiques
- (10) NPE : Nonylphénols éthoxylés. Famille des alkylphénols, tensio-actifs à usages industriels et cosmétiques
- (11) OCP : Organochloride Pesticide. Pesticides organochlorés
- (12) DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane. Insecticide organochloré, aujourd'hui interdit dans de nombreux pays
- (13) BDE209 : Un des congénères de PBDE, le plus retrouvé dans l'environnement
- (12) p,p'-DDE : Dichlorodiphényldichloroéthylène. Un des produits de dégradation du DDT

Publications de référence

- (1) **Thompson RC, Olsen Y, Mitchell, et al.** Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 2004;**304**:838.
- (2) **Teuten EL, Rowland SJ, Galloway TS.** Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environ Sci Technol* 2007;**41**:7759-64.
- (3) **Koelmans AA, Besseling E, Wegner A, et al.** Plastic as a carrier of POPs to aquatic organisms: a model analysis. *Environ Sci Technol* 2013;**47**:7812-20.
- (4) **Browne MA, Dissanayake A, Galloway TS, et al.** Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel (*Mytilus edulis*). *Environ Sci Technol* 2008;**42**:5026-31.
- (5) **Bhattacharya P, Lin S, Turner JP.** Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *J Physic Chem* 2010;**C114**:16556-61.
- (6) **Murray F, Cowie PR.** Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Mar Poll Bull* 2011;**62**:1207-17.
- (7) **Derraik JGB.** The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar Poll Bull* 2002;**44**:842-52.
- (8) **Boerger CM, Lattin GL, Moore SL, et al.** Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar Poll Bull* 2010;**60**:2275-8.

- (9) **Possato PE, Barletta M, Costa MF, et al.** Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. *Mar Poll Bull* 2011;**62**:1098-102.
- (10) **Foekema EM, de Grijter C, Mergia MT, et al.** Plastic in North Sea Fish. *Environ Sci Technol* 2013;**47**:8818-24.
- (11) **Davison P, Asch RG.** Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Central Subtropical Gyre. *Mar Ecol Prog Ser* 2011;**432**:173-80.
- (12) **Hirai H, Takada H, Ogata Y, et al.** Organic micropollutants in marine plastic debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Mar Poll Bull* 2011;**62**:1683-93.
- (13) **Tanaka K, Takada H, Yamashita R, et al.** Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Mar Poll Bull* 2013;**69**:219-22.
- (14) **Teuten EL, Saquing JM, Knappe DRU, et al.** Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Phil trans R Soc* 2009;**B364**:2027-45.
- (15) **Leblanc JC, Volatier JL, Sirot V, et al.** CALIPSO: Étude de la consommation alimentaire de produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3, *Afssa/Inra* Editeurs, 2006, 160 p
- (16) **Abarnou A, Fraise D.** Dioxins and dioxin-like PCBs in mussels and fishes from the French coastal water. *Organohalogen Compounds* 2002;**56**:469-72
- (17) **Chevrier C, Warenbourg C, Gaudreau, et al.** Organochlorine Pesticides, Polychlorinated Biphenyls, Seafood Consumption, and Time-to-Pregnancy. *Epidemiology* 2013;**24**(2):251-60

Revue de la littérature

- Wright SL, Thompson RC, Galloway TS.** The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ Poll* 2013;**178**:483-92.
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, et al.** Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ Sci Technol* 2013;**47**:6646-55.
- Eriksen M, Maximenko N, Thiel M, et al.** Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Mar Poll Bull* 2013;**68**:71-6.
- Thiel M, Hinojosa IA, Miranda L, et al.** Anthropogenic marine debris in the coastal environment: A multi year comparison between coastal waters and local shores. *Mar Poll Bull* 2013;**71**:307-16.
- Collignon A, Hecq JH, Galgani F, et al.** Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Mar Poll Bull* 2012;**64**:861-4.
- Cauwenberghe L, Claessens M, Vandeghechuchte MB.** Assessment of marine debris on the Belgian Continental Shelf. *Mar Poll Bull* 2011;**62**:2199-204.
- Anastasopoulou A, Mytilineou C, Smith CJ.** Plastic debris ingested by deep-water fish of the Ionian Sea (Eastern Mediterranean). *Deep-Sea Res I* 2013;**74**:11-3.
- Jantz LA, Morishige CL, Bruland GL, et al.** Ingestion of plastic marine debris by longnose lancetfish (*Apelipsaurus ferox*) in the North Pacific Ocean. *Mar Poll Bull* 2013;**69**:97-104.

Autres publications identifiées

- Mato YN, Isobe T, Takada H, et al.** Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemical in the marine environment. *Environ Sci Technol* 2001;**35**:318-24.
Une des premières publications émettant l'hypothèse du transport des contaminants en milieu marin via les billes de plastique, matière première destinée à l'industrie des plastiques.
- Claessens M, Cauwenberghe LV, Vandeghechuchte MB, et al.** New techniques for the detection of microplastics in sediment and field collected organisms. *Mar Poll Bull* 2013;**70**:227-33.
Cette publication récente fait le point sur des techniques de dénombrement encore très hétérogènes et qui nécessitent d'être peu à peu normalisées.
- Verlis KM, Campbell ML, Wilson SP.** Ingestion of marine debris plastic by the wedge-tailed shearwater *Ardena pacifica* in the Great Barrier Reef, Australia. *Mar Poll Bull* 2013;**72**:244-9.
Une publication intéressante puisqu'elle décrit le même phénomène d'ingestion des plastiques mais observé cette fois chez les oiseaux marins.
- Stephanis RD, Gimenez J, Carpinelli E, et al.** As main meal for sperm whales: Plastics debris. *Mar Poll Bull* 2013;**69**:206-14.
Même remarque que précédemment. Cette publication, elle aussi très récente, étend aux mammifères cette problématique des déchets plastiques et montre l'expansion de ce phénomène à la plupart des espèces constituant l'écosystème marin.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent :

- n'avoir aucun conflit d'intérêts ;
 avoir un ou plusieurs conflits d'intérêts.