

Evolution de la concentration en microplastiques dans le bassin de la Seine lors de la crue de janvier 2018

Robin Treilles^{1*}, Johnny Gasperi¹, Romain Tramoy¹, Vincent Rocher², Bruno Tassin¹

¹ Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains (LEESU)

² Service public de l'assainissement francilien (SIAAP)

*robin.treilles@enpc.fr

Résumé

Les sources de microplastiques ainsi que leur transport par les rivières jusqu'au milieu marin sont encore trop peu documentés. Les crues pourraient fortement participer au transfert des microplastiques vers l'océan. En janvier 2018, le bassin de la Seine a connu une crue importante ($Q_{\max \text{ Austerlitz}} = 1710 \text{ m}^3/\text{s}$ le 28 janvier 2018). Dans le but d'estimer l'évolution de la concentration en microplastiques dans la Seine au cours d'un tel évènement, trois sites de prélèvement ont été étudiés au cours des différentes phases de la crue. Un site de référence a été choisi à 100 km en amont de Paris (appelé « Amont ») tandis que deux sites ont été choisis à 20 et 45 km en aval (respectivement « Aval 1 » et « Aval 2 »). Trois campagnes de prélèvement ont été mises en place, une lors de la phase de montée des eaux et deux autres au cours de la décrue. Deux filets de prélèvement ont été utilisés, un filet de maille 300 μm et un filet 80 μm . Les échantillons ont été tamisés puis une séparation densimétrique au NaI et une digestion au H_2O_2 30% a permis d'extraire les microplastiques présents, après filtration. Les microplastiques sont observés et comptés avec un stéréomicroscope et un logiciel d'analyse d'images. Les fragments et une partie des fibres (30 %) seront analysés à l'aide d'un spectroscope Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF). A ce jour, seuls les microplastiques dont la taille est comprise entre 1 et 5 mm, collectés avec le filet 300 μm , ont été observés, comptés et caractérisés. Les plus importantes concentrations en microplastiques sont observées avant le pic de la crue : $C_{\text{Amont}} = 0,2$, $C_{\text{Aval 1}} = 0,7$ et $C_{\text{Aval 2}} = 1,03$ fragments/ m^3 tandis que les concentrations les plus faibles correspondent à la phase de décrue. Nous observons un gradient de concentrations croissant de l'amont vers l'aval pour les 3 campagnes effectuées. Les crues pourraient provoquer la remise en suspension des microplastiques présents dans les sédiments de la Seine.

Points clefs

- ✓ Des concentrations comprises entre 0,2 et 1,03 fragments/ m^3 en microplastiques 1-5 mm sont observées avant le pic de la crue.
- ✓ Nous observons un gradient de concentration croissant en fragments microplastiques entre l'amont et l'aval de l'agglomération parisienne.
- ✓ Ces résultats étant partiels, les concentrations réelles pourraient être bien plus importantes.

Introduction

Les déchets plastiques constituent aujourd'hui un enjeu environnemental important. Du fait de leurs propriétés physico-chimiques remarquables (légèreté, faible réactivité, etc.), la production de plastiques a connu une augmentation exponentielle, passant de 1,5 million de tonnes produites en 1950 à 335 millions de tonnes en 2016 (PlasticsEurope, 2017). L'usage massif des plastiques s'accompagne d'un transfert dans l'environnement, en raison des fuites se produisant tout au long de leur cycle de vie. Chaque année entre 1 et 2,5 millions de tonnes de déchets plastiques sont rejetés dans les mers par le biais des fleuves (Lebreton et al., 2017). Or, la très grande majorité des plastiques étant non biodégradable, ces matériaux s'accumulent, et sont aujourd'hui présents partout, dans tous les compartiments de l'environnement. Cette accumulation est susceptible de perturber les écosystèmes à différentes échelles et de multiples manières. Les déchets plastiques pourraient également présenter un risque pour les populations humaines notamment du fait de leur inhalation ou ingestion. La présence avérée de micropolluants (phtalates, bisphénol A, métalloïdes, PCB, ...) adsorbés sur les matières plastiques pourrait accentuer ce risque. D'autre part, les plastiques favorisent la colonisation des milieux par des espèces exogènes et/ou invasives (Barnes, 2002).

En 2004, une distinction est établie entre les macroplastiques, déchets plastiques de plus de 5 mm, et les microplastiques, déchets de moins de 5 mm (Thompson et al., 2004). Les microplastiques peuvent être qualifiés de primaires ou secondaires. Les microplastiques primaires sont des déchets plastiques présentant une taille inférieure à 5 mm dès leur conception et qui sont rejetés dans l'environnement sous leur forme de départ tandis que les microplastiques secondaires sont issus de la fragmentation de plastiques de taille supérieure. Du fait de leur taille, les microplastiques pourraient présenter des risques différents de ceux des macroplastiques. En effet, différents travaux ont révélé de possibles transferts trophiques au sein de la chaîne alimentaire (Farrell and Nelson, 2013). Plusieurs travaux ont révélé que les déchets plastiques retrouvés en mer étaient principalement d'origine continentale (Jambeck et al., 2015 ; Lebreton et al., 2017 ; Schmidt et al., 2017). Cependant, le transport des microplastiques des rivières jusqu'aux océans est encore peu documenté.

Une piste qui permettrait de mieux comprendre et de quantifier les relargages de microplastiques vers les océans serait l'étude de l'influence des crues sur la concentration en microplastiques. En effet, des travaux récents ont montré que les crues pouvaient augmenter drastiquement la concentration en microplastiques rejetés dans la mer (Gündoğdu et al., 2018). De plus, d'autres travaux ont révélé des appauvrissements en microplastiques dans les sédiments de rivière après des périodes de crues, qui confirmeraient des phénomènes de remise en suspension de sédiments dans la colonne d'eau (Hurley et al., 2018). En janvier 2018, une crue importante s'est déroulée dans le bassin de la Seine ($Q_{maxAusterlitz} = 1710 \text{ m}^3/\text{s}$ le 28 janvier 2018). D'une surface de $75\,000 \text{ km}^2$, le bassin de la Seine est une zone densément peuplée (16 millions d'habitants principalement regroupés au sein de la mégapole parisienne), qui pourrait rejeter une quantité importante de microplastiques dans l'environnement. Au cours de la crue, la concentration en microplastiques a été évaluée et comparée aux périodes de temps sec, afin d'évaluer l'influence de cet évènement.

1. Matériel et méthode

1.1. Site d'étude

Trois différents sites de prélèvement ont été choisis : (i) un site à 100 km en amont de Paris, à Marnay-sur-Seine et noté « Amont » ; (ii) deux sites situés à 20 et 45 km en aval de Paris, respectivement à Bougival et à Meulan-en-Yvelines notés « Aval 1 » et « Aval 2 ». Les différents points de prélèvements sont présentés sur la figure 1.

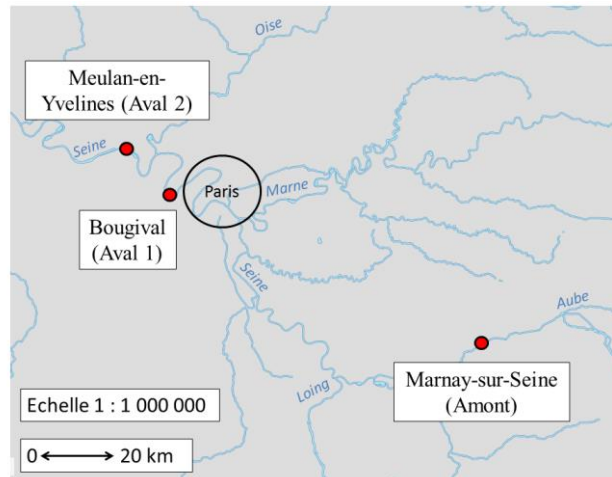


Figure 1. Position géographique des différents points de prélèvements (fond de carte issu du site Géoportail)

Trois campagnes d'échantillonnage ont été effectuées : le 26/01/18, le 05/02/18 et le 21/02/18. La première campagne correspond à la montée des eaux (juste avant le pic de la crue), tandis que les autres campagnes correspondent à la phase de décrue. La deuxième campagne s'est effectuée quelques jours après le pic de la crue. La dernière campagne s'est déroulée trois semaines après ce pic. Chaque campagne a duré un jour durant lequel les trois sites ont été prélevés. Les hydrogrammes de chacun des sites de prélèvements, ainsi que les dates des différentes campagnes (notées 1, 2 et 3) sont présentés dans la figure 2.

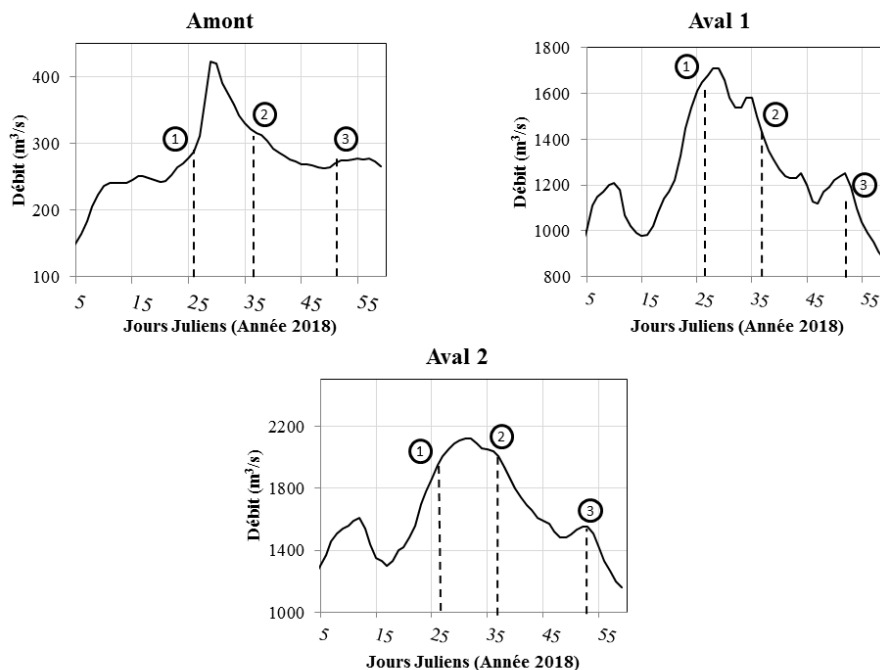


Figure 2. Date des différentes campagnes de prélèvement en fonction des hydrogrammes de crue (Source : Banque Hydro)

1.2. Méthode de prélèvement des microplastiques

Les prélèvements de microplastiques ont été effectués avec deux filets : un filet de maille 300 μm et un filet 80 μm . Le filet 300 μm est présenté dans la figure 3.

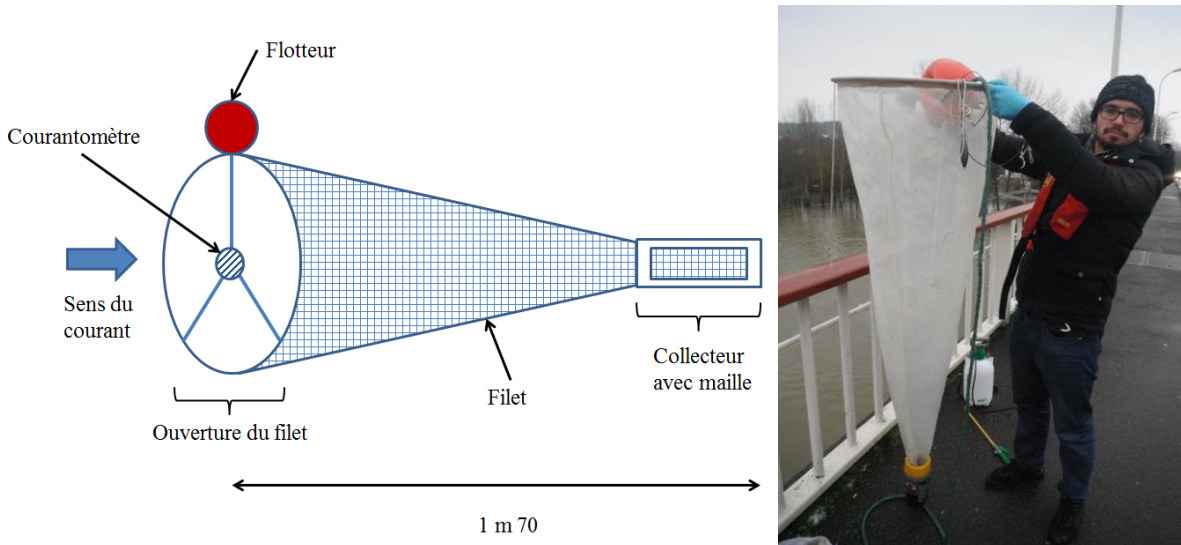


Figure 3. Schéma et photographie du filet 300 μm (Photographie R. Tramoy)

Pour permettre des prélèvements d'eau de surface et de subsurface, le filet 300 μm est déployé au milieu du cours d'eau pendant 5 minutes (un courantomètre, fixé à l'ouverture de ce filet permet d'estimer la vitesse du courant). Les volumes prélevés avec ce filet sont compris entre 12 et 60 m^3 . De plus, à peu près 20 L d'eau de rivière sont prélevés à l'aide d'un seau puis filtré dans le filet 80 μm . Du fait des conditions météorologiques difficiles, il n'a pas été possible de prélever des répliquas. L'extraction des microplastiques présents dans ces échantillons se fait en 3 étapes. (i) Tout d'abord les échantillons sont passés dans une colonne de tamis (5 mm et 1 mm) afin d'extraire à la loupe binoculaire les microplastiques 1-5 mm. (ii) Une phase de séparation densimétrique à l'iodure de sodium (NaI) permet ensuite d'enlever une grande partie de la matière minérale présente dans l'échantillon. (iii) Une digestion chimique utilisant du peroxyde d'hydrogène de concentration 30% pendant 48 heures va permettre d'oxyder la matière organique résiduelle. Les échantillons sont filtrés sur des filtres en fibre de verre de porosité 0,22 μm puis observés au stéréomicroscope. Les microplastiques sont comptés grâce à un logiciel d'analyse d'image (Histolab®). Enfin, les fragments et une partie des fibres (30 %) sont analysés à l'aide d'un spectroscope infrarouge à transformée de Fourier (IRTF). Afin d'éviter les contaminations, une blouse en coton est utilisée pour les manipulations. De plus, l'ensemble de la verrerie a été préalablement rincé à l'eau osmosée et passé au four à 450°C pendant au moins 6 heures. Les différentes solutions utilisées sont filtrées sur des filtres de porosité 0,22 μm avant utilisation. Enfin, trois filtres témoins seront utilisés lors des différentes étapes de ce protocole pour estimer la contamination atmosphérique.

2. Résultats et discussions

2.1. Présentation des premiers résultats

Seuls les microplastiques 1-5 mm, collectés avec le filet 300 μm , sont aujourd'hui entièrement dénombrés et caractérisés en spectroscopie IRTF-ATR (Attenuated Total Reflectance). L'autre fraction est actuellement en cours d'analyse.

Nous avons sélectionné les particules qui présentaient un spectre infrarouge avec plus de 60% de ressemblance avec le spectre d'un polymère. La plupart des particules étant très dégradées, il n'a pas toujours été simple de confirmer la nature des particules trouvées. Des analyses supplémentaires seront effectuées en microspectroscopie infrarouge pour confirmer ces résultats. L'ensemble des résultats obtenus est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Proportion et nature des microplastiques 1-5 mm des échantillons de crue

	Nombre total de particules après tamisage	Proportion de microplastiques 1-5 mm observés par IRTF ATR (%)	% PE	% PS	% PA
26/01/18 Amont	14	93	0	100	0
26/01/18 Aval 1	20	40	0	100	0
26/01/18 Aval 2	75	48	10	80	10
05/02/18 Amont	3	0	0	0	0
05/02/18 Aval 1	3	0	0	0	0
05/02/18 Aval 2	48	44	40	47	13
21/02/18 Amont	8	0	0	0	0
21/02/18 Aval 1	24	22*	50	0	25
21/02/18 Aval 2	29	43	25	67	8

* Une particule de résine phénoxy a été retrouvée le 21/02/18 au point Aval 1.

Nous n'observons que 3 types de polymères pour l'ensemble des microplastiques trouvés : polyéthylène haute ou basse densité (PE), polystyrène (PS) et polyamide (PA) à l'exception d'une particule de résine phénoxy trouvée le 21/02/18 au point Aval 1. Ces plastiques ayant une faible densité (comprise entre 0,9 et 1,1), il semble logique qu'ils constituent les principaux plastiques retrouvés. Nous observons un pourcentage important de PS avant le pic de la crue (correspondant à la campagne du 26/01/18) puis une concentration plus hétérogène. La figure 4 présente les concentrations de microplastiques 1-5 mm reportées sur les hydrogrammes des différents sites.

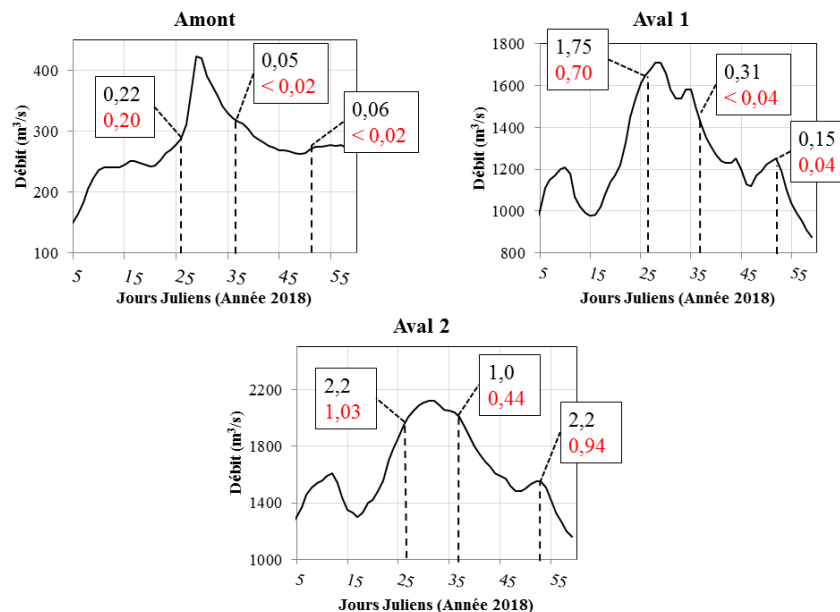


Figure 3. Concentrations en (i) Particules observés (en noir), (ii) microplastiques 1-5 mm observés par l'IRTF ATR (en rouge), en fragments/m³ en fonction des hydrogrammes de crue (les différentes dates de prélèvement sont notées en jour julien)

Nous observons des valeurs maximales avant le pic de la crue, tandis que les valeurs chutent après ce pic à l'exception de la dernière campagne de prélèvement pour le site Aval 2 où nous retrouvons des concentrations en microplastiques 1-5 mm de 1,03 fragments/m³.

Nous observons que pour une même date de prélèvement les concentrations en microplastiques sont toujours plus importantes en aval qu'en amont. Autrement dit, pour un temps t fixé et pour une concentration C à un moment t et à un endroit x donné (noté C_x^t) nous observons un gradient de concentrations en microplastiques tel que :

$$C_{Amont}^t < C_{Aval 1}^t < C_{Aval 2}^t$$

2.2. Interprétation et discussion

Nous ne disposons pour l'instant que des données concernant les microplastiques 1 – 5 mm, ce qui ne donne qu'une vision partielle. Cependant nous pouvons déjà observer des tendances qui peuvent s'avérer intéressantes. En effet, ces résultats peuvent être comparés à de précédents travaux. Pour les eaux de la Seine, une concentration de 0,54 fragments/m³ (n = 17 échantillons) avait été relevée hors période de crue (Dris et al., 2018). A une échelle plus globale, les concentrations en fragments microplastiques relevées dans la Seine en crue restent très faibles par rapport aux concentrations relevées dans la rivière des Perles en Chine, comprises entre 136 et 790 fragments/m³ (n = 14) (Lin et al., 2018), ou encore dans la rivière Saigon au Vietnam où l'on retrouve entre 10 et 223 fragments/m³ (n = 6) en période de basses ou moyennes eaux (Lahens et al., 2018). Ces deux rivières font partie des dix rivières les plus polluées en microplastiques (Schmidt et al., 2017).

Il est cependant important de noter que les microplastiques 1-5 mm constituent en général la fraction la moins abondante en termes de nombres de fragments retrouvés dans les échantillons d'eau de rivière (bien qu'ils constituent la fraction majeure en termes de masse). Les travaux de thèse de Rachid Dris sur la Seine au sein de l'agglomération parisienne ont révélé que les microplastiques ayant une surface supérieure à 500 000 µm² (c'est-à-dire l'équivalent d'un rectangle de 2,5 mm * 2 mm) ne constituent que 8 % des fragments retrouvés tandis que les fragments compris entre 500 et 50 000 µm² constituent plus de 40% des fragments retrouvés dans les échantillons de la Seine hors période de crue (Dris, 2016). Ainsi, dans l'hypothèse où la crue ne modifie pas la répartition des tailles de microplastiques, nous pourrions potentiellement retrouver des concentrations en microplastiques à l'aval de Paris de 12,9 fragments/m³ avant le pic de la crue. Cela correspondrait à des concentrations 24 fois supérieures aux concentrations en périodes de basses ou moyennes eaux.

Comme présenté précédemment, nous observons un gradient de concentrations croissant entre l'amont et l'aval de l'agglomération parisienne. Ce gradient est certainement lié aux rejets anthropiques de déchets plastiques, au niveau des zones densément peuplées. Le site de prélèvement Amont, site de référence du fait de son éloignement de la mégalopole parisienne, semble en effet peu pollué par les activités anthropiques. Il pourrait s'avérer intéressant d'étudier les concentrations en fibres sur ce site de référence et de rechercher l'origine de ces fibres, en particulier la fraction provenant des apports atmosphériques.

Si l'on observe à présent les variations de concentrations au fil du temps, les premières tendances révéleraient que la remise en suspension des microplastiques s'effectuerait avant le pic de la crue. Ces observations, pourraient être mises en relation avec la dynamique des matières en suspension (MES). En effet, lors d'une période de crue, il est observé que le pic de concentration en MES précède le pic de la crue (Tockner et al., 1999). Lors de la décrue, les concentrations relevées pour les points Amont et Aval 1 chutent fortement. Cependant, le site de prélèvement Aval 2, qui présente des concentrations globalement constantes et importantes, ne vérifie pas cette règle. Une hypothèse qui viendrait éclaircir cette observation serait que l'Oise, qui était aussi en crue lors du dernier prélèvement, pourrait participer aux apports de microplastiques retrouvés au site Aval 2. En effet, ce site d'étude situé au niveau de la commune de Meulan est à 22 km en aval de la confluence entre la Seine et l'Oise contrairement au site Aval 1 qui se situe 20 km en amont de cette confluence.

3. Conclusions et perspectives

Les résultats finaux permettront de conclure sur la répartition des microplastiques lors de cette crue. Nous pourrons ainsi savoir si la répartition des tailles de microplastiques est similaire aux périodes de temps sec ou si celle-ci diffère. De plus une quatrième campagne pour ces mêmes points de prélèvement en période d'étiage a été effectuée au mois de juillet 2018 afin de comparer les concentrations en microplastiques obtenues. En plus d'apporter des données supplémentaires sur les fragments dans les milieux continentaux, cette campagne permettra d'estimer les concentrations en fibres synthétiques lors d'événements hydrologiques majeurs. Nous pourrons ainsi affiner l'estimation du nombre de microplastiques rejetés en mer.

Bibliographie

- Barnes, D.K.A., (2002). Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature* 416, 808–809. <https://doi.org/10.1038/416808a>
- Dris, R., (2016). First assesement of sources and fate of macro and micro plastics in urban hydrosystems : Case of Paris megacity (phdthesis). Université Paris-Est.
- Dris, R., Gasperi, J., Tassin, B., (2018). Sources and Fate of Microplastics in Urban Areas: A Focus on Paris Megacity. *Freshw. Microplastics* 69–83. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5_4
- Farrell, P., Nelson, K., (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ. Pollut.* 177, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>
- Gündoğdu, S., Çevik, C., Ayat, B., Aydoğan, B., Karaca, S., (2018). How microplastics quantities increase with flood events? An example from Mersin Bay NE Levantine coast of Turkey. *Environ. Pollut.* 239, 342–350. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.042>
- Hurley, R., Woodward, J., Rothwell, J., (2018). Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nat. Geosci.* <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0080-1>
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Lahens, L., Strady, E., Kieu-Le, T.-C., Dris, R., Boukerma, K., Rinnert, E., Gasperi, J., Tassin, B., (2018). Macroplastic and microplastic contamination assessment of a tropical river (Saigon River, Vietnam) transversed by a developing megacity. *Environ. Pollut.* 236, 661–671. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.005>
- Lebreton, L.C.M., Zwet, J. van der, Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J., (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.* 8, ncomms15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Lin, L., Zuo, L.-Z., Peng, J.-P., Cai, L.-Q., Fok, L., Yan, Y., Li, H.-X., Xu, X.-R., (2018). Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: A case study in the Pearl River along Guangzhou City, China. *Sci. Total Environ.* 644, 375–381. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.327>
- PlasticsEurope, (2017). *Plastics - the facts 2015/2016*.
- Schmidt, C., Krauth, T., Wagner, S., (2017). Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368>
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W., McGonigle, D., Russell, A.E., (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838–838.
- Tockner, K., Pennetzdorfer, D., Reiner, N., Schiemer, F., Ward, J.V., (1999). Hydrological connectivity, and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river–floodplain system (Danube, Austria). *Freshw. Biol.* 41, 521–535. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.00399.x>