

Fiche projet 2021-n°85-MicroPlasticRivers Développement d'une méthodologie harmonisée de mesure des concentrations et des flux de micro-plastiques sur le continuum Rhône-Méditerranée

TITRE DU PROJET : Développement d'une méthodologie harmonisée de mesure des concentrations et des flux de micro-plastiques sur le continuum Rhône-Méditerranée

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET :
(scientifique d'une équipe membre de la ZABR)

Marina Coquery, INRAE RiverLy
Gaëlle Darmon, consultante, CEFE

EQUIPES DE RECHERCHES ZABR CONCERNEES et CONTACT SCIENTIFIQUE DE L'EQUIPE
(équipe membre ou associée de la ZABR)

Jérôme Labille, CNRS CEREGE

Brice Mourier, ENTPE- LEHNA

David Gateuille, EDYTEM

AUTRES PARTENAIRES
(préciser leur degré d'implication et leur accord)

Recherche : Philippe Kerhervé, CEFREM, Perpignan

THEME DE RATTACHEMENT ZABR

Flux Polluants, écotoxicologie, écosystèmes

THEME DE RATTACHEMENT AGENCE DE L'EAU -QUESTIONS AGENCE DE L'EAU

Thème : La protection, la restauration des milieux et les gains écologiques

Thématique : Restauration, fonctionnement physique

2.2 – Mieux évaluer l'état et les risques de dégradation des masses d'eau en améliorant les données et l'utilisation des pressions liées aux activités humaines

SITE OU OBSERVATOIRE DE RATTACHEMENT ZABR

Observatoire des sédiments du Rhône (OSR)

RESUME DU PROJET GLOBAL (15 lignes max)

Plusieurs initiatives portent sur l'évaluation des concentrations de (micro-)plastiques dans l'environnement. La plupart concernent les écosystèmes marins, et les études en systèmes dulçaquicoles sont beaucoup plus récentes. Les méthodologies employées, depuis la collecte des échantillons sur le terrain jusqu'à leur analyse en laboratoire, sont encore très disparates rendant les résultats difficilement comparables entre les études et empêchant une analyse globale fiable. Le Rhône offre de nombreux atouts pour évaluer les méthodologies de surveillance des micro-plastiques dans les rivières. Nous proposons de nous appuyer sur le réseau d'Observation des sédiments du Rhône (OSR) pour documenter les flux de micro-plastiques. L'objectif de ce

projet est de partager les compétences entre des scientifiques experts du domaine afin d'identifier, de comparer et de valider les méthodologies les plus prometteuses pour la mesure des concentrations et des flux de micro-plastiques en milieu fluvial. Il s'agit aussi d'effectuer une première évaluation et d'identifier les facteurs les plus influençant (conditions hydrologiques, saison, occupations des sols) à partir de mesures sur plusieurs stations du réseau de suivi de l'OSR. In fine, ce projet permettra d'élaborer une méthodologie standard pour déterminer les sources principales, les concentrations et les flux majeurs de micro-plastiques des affluents vers le Rhône. Il permettra aussi la mise en place d'une banque d'échantillons pour des analyses complémentaires.

- Livrables :
 - Méthodologie harmonisée pour mesurer les concentrations et les flux de micro-plastiques sur le Rhône et ses affluents
 - Méthodologie de bancarisation des échantillons et des données
 - Résultats des mesures de micro-plastiques sur 4 stations dans le bassin du Rhône
 - Liste des échantillons bancarisés et métadonnées associées

ENCART 2021 – 85-INRAE - RiverLy (Marina COQUERY) (10 lignes max)

- Tache de l'équipe dans le projet :
Coordination, encadrement stagiaires, lien avec OSR et organisation de l'échantillonnage sur les sites du Rhône amont, analyse des données, bancarisation des échantillons et des données.
La station de Jons à Lyon et/ou la station de la Saône serviront en phase 1 : essais de filtration, de centrifugation en ligne et de piège à particule pour la récolte des micro-plastiques. En phases 2 et 3, une station complémentaire permettant l'étude d'effet de l'usage des sols sera sélectionnée parmi les affluents du nord (ex : Saône, Gier).

ENCART CEREGE- (Jérôme LABILLE) (10 lignes max)

- Tache de l'équipe dans le projet
Organisation de l'échantillonnage mensuel sur les sites OSR aval du Rhône. La station Sora à Arles servira en phase 1 : essais de filtration, de centrifugation en ligne et de piège à particules pour la récolte des micro-plastiques. En phases 2 et 3, une station complémentaire permettant l'étude d'effet de l'usage des sols sera sélectionnée parmi les affluents Durance, Drome, Ardèche ou Gardon.
Analyses au laboratoire : les facilités analytiques disponibles au CEREGE permettront de fractionner, concentrer et caractériser en taille les micro-plastiques récoltés.
Pour la préparation des échantillons, la filtration tangentielle avec seuil de coupure variable entre 20 et 500 nm sera pratiquée afin de fractionner et concentrer les classes de taille. L'ultracentrifugation sera également testée pour réaliser un fractionnement densimétrique.
La mesure de taille et forme des micro-plastiques sera réalisée par diffusion dynamique de la lumière (1-1000 nm), diffraction laser (20 nm – 1000 µm) et analyse d'image en flux (0,5-1000 µm).
Lien avec OSR, bancarisation des échantillons et des données aval ; Participation réunion, sollicitation experts.

ENCART ENTPE- LEHNA (Brice MOURIER) (10 lignes max)

- Tache de l'équipe dans le projet :
Participation aux réunions ainsi qu'aux campagnes d'échantillonnage sur le Rhône amont. Participation à la réflexion et aux expérimentations sur le protocole d'extraction des micro-plastiques (digestion de la matière organique, séparation densimétrique) et au protocole de caractérisation des micro-plastiques déposés sur filtre par spectrométrie FTIR : microscope imageur IR (pour l'analyse de particules > ~20µm) et ATR (pour l'analyse de particule plastique isolée > 1 mm).

ENCART EDYTEM- (David GATEUILLE) (10 lignes max)

- Tache de l'équipe dans le projet
L'équipe « Zone Critique » travaille depuis 2019 sur la caractérisation des pollutions plastiques et de leurs sources dans les hydrosystèmes d'altitude. Elle participera aux réunions du projet et en particulier à la réflexion autour de l'inter-comparaison des méthodes de prélèvement.
En complément, l'équipe réalisera des mesures de concentrations en micro-plastiques dans des cours d'eau alimentant le Rhône (Thiou et Canal de Savière). Le choix de ces sites a deux intérêts : 1) ils permettront de faire la jonction avec les travaux déjà menés sur la présence de micro-plastiques dans les hydrosystèmes à

l'amont du Rhône ; 2) il permettront de comprendre le rôle (source ou puit) des grandes masses d'eau alpines dans le transfert des micro-plastiques vers le Rhône, depuis son bassin versant. Ces données permettront d'estimer les apports de micro-plastiques au Rhône par les affluents alpins et de mieux comprendre un éventuel gradient amont-aval.

Les analyses micro-plastiques à EDYTEM sont réalisées grâce à un microscope FTIR (Perkin Elmer Spotlight 400) permettant l'analyse individuelle des particules de plastiques, ainsi que l'imagerie IR de filtres.

ENCART CEFREM- (Philippe Kerhervé) (10 lignes max)

- Tache de l'équipe dans le projet :
Co-encadrement master 2 année 2
Participation réunions, élicitation experts, tests de matériel
Mise à disposition de filets: Mantas (surface), Tucker (3 filets à déclenchement pour distribution verticale + filets à petite ouverture pour étude de crue).
Laboratoire : extraction des micro-plastiques (par digestion du matériel biologique par H₂O₂ et/ou sédimentation dans une solution hyper dense de NaI, et loupe binoculaire/caméra), tri par type (billes, feuillets, fragments et fibres) et couleur de micro-plastiques.

FINALITES ET ATTENDUS OPERATIONNELS :

Les déchets sauvages, plus de 80% étant constitués de plastiques, sont omniprésents et causent des impacts considérables, aux niveaux écologiques, sanitaires et économiques. De nombreuses recherches et actions de restauration portent sur les déchets marins, visés par plusieurs directives qui tentent de restaurer un « Bon Etat Ecologique » qui permettra la résilience des ressources marines. Cependant, la très grande majorité des déchets plastiques marins provient de la terre (UNEP, 2015). Ils se dispersent jusqu'en mer par les vents et en grande partie par les fleuves, qui jouent un rôle majeur dans leur transport jusqu'à la mer, même si plus de 90% des déchets plastiques resteraient bloqués en amont dans les écosystèmes terrestres et fluviaux (Meijer et al., 2019). Or, les mécanismes de dispersion et d'accumulation des déchets plastiques le long des continums fleuve-mer, et leurs impacts environnementaux, sociaux et matériels dans les hydrosystèmes continentaux, sont très peu connus (Horton et al., 2017). Plus particulièrement, les micro-plastiques constituent un problème grandissant, autant d'un point de vue sanitaire (ingestion, passages dans les tissus...) que scientifique et technique, du fait de leur comportement potentiellement différent de celui des macro-déchets (Cole et al., 2011). Une meilleure compréhension de l'origine et de la dispersion des micro-plastiques sur les continuum fleuve-mer est nécessaire pour pouvoir mettre en œuvre des actions concrètes et efficaces sur la réduction des flux globaux et des impacts potentiels.

Plusieurs initiatives portent sur l'évaluation des concentrations de (micro-)plastiques dans l'environnement. La plupart concernent les écosystèmes marins et les études en systèmes dulçaquicoles sont beaucoup plus récentes. Dans les deux cas, les méthodologies employées, depuis la collecte des échantillons sur le terrain jusqu'à leur analyse en laboratoire, sont très disparates (unités de mesure, gammes de taille, etc.), rendant les résultats difficilement comparables entre les études pour établir des conclusions fiables (Assoumani et al. 2020 ; Dusaucy et al. 2021).

Le Rhône offre de nombreux atouts pour évaluer les méthodologies de surveillance des micro-plastiques dans les rivières. En premier lieu, le réseau d'Observation des sédiments du Rhône (OSR) est particulièrement bien instrumenté. Il permet le suivi continu des concentrations et flux de matières en suspension et de contaminants associés sur une douzaine de stations (<http://www.graie.org/osr/spip.php?rubrique59>). Ce réseau de suivi de l'OSR, en place depuis plus de dix ans, peut servir à documenter les flux de micro-plastiques. Il permettra de tester d'autres équipements d'échantillonnage comme les pièges à particules et la centrifugation en continue (ex : centrifugeuse fixe disponible sur les sites de Jons et d'Arles). De plus, la bancarisation des échantillons en vue d'analyse futures pourra être envisagée grâce à la banque d'échantillons Banquise (-80°C) et système informatisé associé « Science-Collect », mis en place à RiverLy. Les réseaux d'acteurs, équipements et les connaissances acquises grâce au programme OSR (analyse fine des variations spatio-temporelles des débits et des flux de MES et contaminants, influence des conditions hydrologiques ...) pourront être exploités pour une meilleure analyse des phénomènes observés.

De plus, une diversité d'acteurs (chercheurs, associations, gestionnaires, collectivités) se mobilise pour partager leurs expertises et effectuer un état des lieux de la problématique des plastiques dans le fleuve (cf. résultats de deux ateliers sur « Les plastiques sur le Rhône » organisés en 2019-2020, projet financé par l'OHM-VR/ LabEx DRIIHM). Par ailleurs, plusieurs études sur la distribution des déchets et leurs impacts sur la faune sont menées à l'embouchure du Rhône (Darmon et al., 2017). Une analyse des micro-plastiques le long du Rhône apparaît

ainsi d'autant plus pertinente qu'une analyse globale dans son continuum avec la Méditerranée pourra être envisagée. La diversité des milieux naturels et anthropiques le long de la Vallée du Rhône constitue aussi une opportunité de tester les facteurs influençant les entrants, l'accumulation et les flux de déchets sur les fleuves (production industrielle plastique importante à l'échelle du bassin, forte urbanisation le long du continuum fluvial avec le maillage de grandes villes, Genève, Lyon, Avignon, Arles, et des apports potentiellement importants du fait du ruissellement).

Toutefois, aucun état des lieux n'a été effectué, mise à part une étude menée dans le cadre du projet RIMMEL, ciblant les macro-plastiques, et évaluant un flux de 0,7 tonnes de plastique par an à l'embouchure du Rhône (Castro-Jimenez et al., 2019), confirmant donc l'intérêt et la nécessité de la mise en œuvre d'un programme spécifique aux micro-plastiques et au Rhône.

A l'échelle du Rhône, plusieurs programmes de recherche portent sur le suivi des contaminants ou des plastiques dans les hydrosystèmes :

- Le programme tri-annuel OSR6 (avril 2021-mars 2024). Le réseau de suivi de l'OSR (<http://www.graie.org/osr/spip.php?rubrique59>), en place depuis 2009, permet de mesurer les concentrations et des flux de MES et contaminants sur le Rhône et ses principaux affluents. Les opérations d'échantillonnage du présent projet pourront être réalisées dans ce cadre et bénéficier d'un support technique des personnels RiverLy et CEREGE impliqués, et d'un soutien scientifique pour le calcul des flux.
- Le projet Plastic Rhône (Plastic@Sea) s'inscrit sur une durée limitée (2021-2023). Ce projet a notamment pour objectif de fournir une première évaluation des macro, micro et nano-plastiques sur 5 points du Rhône.
- Le projet PlasticLac s'intéresse exclusivement aux hydrosystèmes d'altitude délimités par les grands lacs périalpins. Il vise à étudier les sources de la contamination, le devenir des micro-plastiques dans les écosystèmes lacustres et leur transfert dans les rivières alpines (Gateuille et al., 2020).
- Ciblant la rivière Ain, le projet AquaPlast a pour but d'étudier la pression des micro-plastiques sur les invertébrés, et se concentre sur les eaux hyporrhéiques.

Le présent projet vise une approche complémentaire à ces initiatives. Nous proposons d'engager les réseaux scientifiques dans une action commune de recherche innovante. L'objectif est de partager les compétences afin i) d'identifier des méthodologies pour la mesure des concentrations et des flux de micro-plastiques en milieu fluvial, puis ii) de tester et comparer les méthodologies les plus prometteuses sur plusieurs stations du réseau de suivi du Rhône, et iii) d'effectuer un état des lieux des concentrations, des flux et des facteurs les plus influençant (conditions hydrologiques, saison, occupations des sols) sur les sites d'étude. In fine, ce projet permettra de déterminer une méthodologie standard pour déterminer les sources principales de micro-plastiques et mesurer les concentrations et les flux majeurs des affluents vers le Rhône.

Les résultats attendus de ce projet sont :

- Des méthodes harmonisées d'échantillonnage et de bancarisation (échantillons et méta-données/données) pour les hydrosystèmes continentaux (concentrations, flux) mobilisables par une diversité d'acteurs (pas uniquement des scientifiques), afin de construire un suivi de plus long terme ;
- Un réseau d'acteurs structuré pour travailler sur les enjeux plastiques de manière intégrée à l'échelle du bassin ;
- Une première évaluation des micro-plastiques transitant sur le Rhône et des facteurs influençant les concentrations et les flux ;
- Des données scientifiques standards co-construites.

OBJECTIFS ET METHODOLOGIE :

Objectifs détaillés :

- 1) Comparer les méthodes d'observation existantes pour les cours d'eau et proposer des méthodes harmonisées (simple, représentative, intégrative), pour la mesure des concentrations et des flux de micro-plastiques.

Cela inclut d'harmoniser les méthodes d'échantillonnage (e.g., durée d'exposition, type d'équipement, maillage) et les méthodes de caractérisation (quantité, nature), les unités de mesure, et les méthodes de stockage/conserver des échantillons avant analyse.

- 2) Tester ces méthodes pour mesurer les concentrations et les caractéristiques des micro-plastiques dans l'eau sur des sites pilotes
 - Etudier la variabilité (gradient amont-aval) des concentrations de micro-plastiques le long du Rhône entre l'amont à Jons et l'embouchure (Arles) ;

- Evaluer l'influence des conditions hydrologiques (débit du fleuve) sur les concentrations transportées vers l'aval ;
 - Caractériser les types de plastiques retrouvés et identifier des indicateurs des sources principales ;
 - Suivre les concentrations de micro-plastiques dans la colonne d'eau (mesures dans l'eau, si possible à plusieurs profondeurs, et aussi les matières en suspension).
- 3) Tester ces méthodes pour estimer les flux de micro-plastiques sur les sites pilotes ciblés
- Comparer la contribution de différents affluents du Rhône ; notamment, évaluer le rôle (source ou puit) des grandes masses d'eau alpines dans le transfert des micro-plastiques vers le Rhône depuis son bassin versant ;
 - Evaluer la contribution/impact des zones urbaines/agricoles/industrielles ;
 - Evaluer l'influence des conditions hydrologiques (ex : crues), météorologiques (précipitation, vent), ou des saisons.

Méthodologie :

Le projet est construit en 3 phases :

- **la 1^{ère} phase** (année 1) visera à évaluer puis proposer des méthodes standards pour quantifier et caractériser les micro-plastiques. Il s'agira notamment de bénéficier des expertises des différents acteurs du projet pour le choix et la mise en œuvre des méthodes d'échantillonnage, en vue de comparer leur efficacité de piégeage (quantité, nature) et facilité d'utilisation.
 - i) Travail bibliographique et élicitation d'experts (notamment ceux impliqués dans le projet)
 - Méthodologies pour la mesure et le calcul des flux de micro-plastiques dans les fleuves ;
 - Méthodologie d'échantillonnage : filtration, filet à plancton ou manta (taille/maille/diamètre d'ouverture), piège à particules (système intégratif), centrifugeuse en continue (fixe et mobile) ; prise en compte des contaminations potentielles (e.g., méthodes de nettoyage entre deux échantillonnages, « blanc échantillonnage ») ;
 - Méthodologies de préparation et conservation des échantillons avant analyse (en vue de leur bancarisation) : digestion H₂O₂, fractionnement densimétrique des micro-plastiques par NaI ou ZnCl₂, filtration.
 - Caractérisation des micro-plastiques : nombre, taille et nature des polymères.
 - ii) Design expérimental
 - Choix des sites (entre 2 et 4) et des périodes d'échantillonnage ; et choix des systèmes d'échantillonnage à comparer sur ces sites.

Tous les sites de l'OSR permettent la mesure du débit et de la turbidité (MES) en continue, et sont équipés d'un piège à particules. Les stations de Jons et d'Arles/SORA sur le Rhône sont équipées d'une centrifugeuse en continue. La station SORA dispose d'un robinet de prélèvement (eau du Rhône) qui permettra de tester facilement le dispositif de prélèvement par filtration.
 - iii) Evaluation de la faisabilité de terrain
 - Tests de comparaison sur 2 sites sur le Rhône (ex : Jons et Arles sur le Rhône) ou sur des affluents (ex : Saône, Gier).
- **la 2^{ème} phase** (année 2) visera à collecter des données à partir des méthodes sélectionnées, déployées en simultanée lorsque c'est possible, notamment à l'exutoire des affluents du Rhône, en lien avec le réseau de mesure existant de l'OSR. Il s'agira de :
 - Mettre en œuvre les méthodologies sélectionnées lors de la phase 1 sur 4 sites : 2 stations Rhône amont et 2 stations Rhône aval. Les stations/affluents seront ciblés pour obtenir un gradient marqué d'occupation des sols sur les bassins versants (ex : urbanisation, sites industriels, agriculture, zones alpines) (ex : Saône, Gier, Thiou et Canal de Savière au Nord ; Durance, Drome, Ardèche ou Gardon au Sud). Les prélèvements de terrain seront effectués sur un an.

- Evaluer l'efficacité des méthodes d'échantillonnage intégré dans le temps (ex : pièges à particules) pour déterminer les concentrations de micro-plastiques sur le bassin du Rhône. Les pièges à particules qui équipent le réseau de l'OSR sont des outils d'échantillonnage intégré adaptés à la collecte des matières en suspension (MES). Il s'agira d'évaluer leur capacité de piégeage pour les micro-plastiques. Une hypothèse à vérifier est si l'approche par piège à sédiments défavorise le piégeage des plastiques les moins denses et conduirait ou non à un bilan tronqué. Nous proposons de réaliser ces essais sur des stations permanentes du réseau qui bénéficient d'un accès protégé (ex : Jons, Saône). Les plastiques récoltés seront extraits des MES, puis mesurés en taille et caractérisés notamment par FTIR. Cette approche exploratoire au sein de l'OSR s'inspirera des travaux déjà menés sur cette problématique.
- **la 3^{ème} phase** (année 2) consistera à analyser les données collectées pour d'une part, évaluer la comparabilité/complémentarité des méthodes sélectionnées et, d'autre part, déterminer les facteurs d'influence sur les apports des plastiques (ex : conditions hydrologiques, saison, occupation des sols).

ORIGINALITE ET RETOMBÉES DU PROJET

Un atout important de ce projet est son adossement à l'Observatoire des Sédiments du Rhône, qui met à disposition de nombreuses facilités pour l'échantillonnage sur le continuum Terre-Mer, pour la bancarisation des échantillons et pour le suivi des flux de MES et de contaminants. Les partenaires en charge de l'échantillonnage mensuel sur toutes les stations de l'OSR sont impliqués dans ce projet (INRAE Riverly, CNRS CEREGE). Cette initiative créera une synergie bénéfique aux deux projets, pour qu'à terme ce projet permette d'inclure le suivi du flux de micro-plastiques dans le Rhône dans les mesures de l'OSR.

Outre les facilités d'échantillonnage permises par l'OSR, la localisation géographique des stations de mesure permettra d'appréhender plusieurs questions scientifiques sur les paramètres déterminants les flux de micro-plastiques. A l'échelle locale, l'effet de l'occupation des sols ou de la saisonnalité peut être appréhendé sur un affluent impacté par l'activité anthropique (ex : Gier /industriel & urbain ou Drome/agricole). A l'échelle du bassin versant, un bilan de masse des flux de plastiques sera possible à moyen terme par la multiplication des sites, avec en particulier, ceux de Jons et Arles qui offrent un transect longitudinal du continuum jusqu'à l'exutoire en Méditerranée. En complément, les mesures réalisées dans le Thiou et le Canal de Savière, alimentant le Rhône, permettront d'estimer les apports de micro-plastiques au Rhône par les affluents alpins et de mieux comprendre un éventuel gradient amont-aval.

Une originalité de ce projet repose sur l'objectif d'harmonisation des méthodes d'échantillonnage et de bilan des micro-plastiques dans l'eau de surface. Alors que beaucoup d'initiatives de recherche voient le jour sur cette problématique émergente, de nombreuses questions restent ouvertes quant à la pertinence de la méthodologie expérimentale mise en œuvre. Ici, plusieurs méthodes d'échantillonnage, de pré-traitement et d'analyse des micro-plastiques seront testées dans le but de proposer un protocole harmonisé à l'issue du projet.

Une retombée future de ce projet sera aussi de mieux comprendre le rôle des micro-plastiques présents dans l'eau du Rhône sur les flux de contaminants (ex : PCB, HAP, métaux). Qu'ils soient des additifs associés au plastique lors de la fabrication, ou bien des contaminants adsorbés sur le plastique pendant le transport dans l'environnement, le rôle de vecteur joué par les plastiques peut être important sur le flux de contaminants.

DUREE DU PROJET: 2 ans

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Assoumani A. et al., 2020. Microplastiques dans les eaux de surface continentales. *AQUAREF*, 63p.

Castro-Jiménez J., González-Fernández D., Fournier M., Schmidt N., Sempéré R., 2019. Macro-litter in surface waters from the Rhone River: Plastic pollution and loading to the NW Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 60-66.

Cole, Matthew, et al., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62.12: 2588-2597

Darmon G., Miaud C., Claro F., Doremus G., Galgani F., 2017. Risk assessment reveals high exposure of sea turtles to marine debris in French Mediterranean and metropolitan Atlantic waters. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Abundance, distribution and habitats of Atlantic and Mediterranean marine megafauna. 141, 319–328.

Dusaucy Julia, et al., 2021. Microplastic pollution of worldwide lakes. *Environmental Pollution*, 284:117075. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117075>

Gateuille David, et al, 2020. Microplastic contamination in remote alpine lakes. In: EGU general assembly 2020. VIENNE, Austria.

Horton Alice A., et al., 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586: 127-141.

Meijer L.J.J., van Emmerik T., van der Ent R., Schmidt C., Lebreton L., 2019. Over 1,000 rivers accountable for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. EarthArXiv, 24 Octobre 2019. Web.

UNEP/MAO, 2015. Marine Litter Assessment in the Mediterranean. Report by United Nations Environmental Programme.