



Réunion du Groupe de correspondance de l'approche écosystémique sur la surveillance des déchets marins

Athènes, Grèce 3 mars 2023

**Point 5 de l'ordre du jour :**

**Élaboration de lignes directrices pour la surveillance des apports fluviaux de déchets marins**

Pour des raisons environnementales et d'économie, ce document est imprimé en nombre limité. Les délégués sont priés d'apporter leurs copies aux réunions et de ne pas demander de copies supplémentaires.

Clause de non-responsabilité :

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat du Programme des Nations Unies pour l'environnement/Plan d'action pour la Méditerranée aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Par ailleurs, le Secrétariat ne saurait être tenu responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans les tableaux et les cartes de ce rapport. En outre, les cartes servent uniquement à des fins d'information et ne peuvent ni ne doivent être interprétées comme des cartes officielles représentant les frontières maritimes conformément au droit international.

### Note du Secrétariat

Les cours d'eau constituent les principales voies de transit entre les sources terrestres de déchets et les milieux marins et côtiers. Les impacts de ce transit sont particulièrement évidents pour les grands fleuves, mais aussi pour les petites rivières, les torrents saisonniers et les ruisseaux. La mer Méditerranée illustre particulièrement bien ce continuum fleuve/mer. Étant donné que les apports fluviaux de déchets marins ne sont pas correctement pris en compte par l'IMAP tel qu'il a été adopté en 2016, le Plan régional actualisé sur la gestion des déchets marins en Méditerranée (Décision IG.25/9, CdP 22) a pris l'initiative d'introduire des dispositions pertinentes. Le Secrétariat soutient également ce processus par la mise en œuvre du projet Marine Litter MED II, financé par l'UE, qui vise en partie à développer ces lignes directrices et à soutenir la mise en œuvre de projets pilotes dans des pays ciblés (Israël et Maroc). Si ce processus donnait de bons résultats et si les Parties contractantes trouvaient un accord, l'IMAP s'engagerait dans un processus de mise à jour pour inclure également les apports fluviaux de déchets marins, soit dans le cadre des indicateurs existants, soit en introduisant un ou plusieurs nouveaux indicateurs.

Compte tenu de la nécessité de combler les lacunes méthodologiques sur les différents aspects de la surveillance des déchets marins, le PNUE/PAM et son programme MED POL ont présenté une première version des lignes directrices pour la surveillance des apports fluviaux de déchets marins lors de la réunion du CORMON sur la surveillance des déchets marins le 31 mai 2022 (UNEP/MED WG.534/4). La réunion a recommandé l'activation du groupe de travail en ligne sur les déchets marins (OWG-ML) dans le but d'améliorer les lignes directrices et de poursuivre leur élaboration. Ce groupe de travail, composé de 22 experts de 9 pays (Croatie, Espagne, France, Israël, Italie, Maroc, Slovaquie, Tunisie, Türkiye) et de la Commission européenne/CCR (voir annexe II), a tenu une série de réunions en ligne consécutives entre novembre 2022 et mai 2023. Ses commentaires ont largement contribué à l'actualisation de la ligne directrice, dont une version avancée a été présentée à la réunion du CORMON sur la surveillance des déchets marins qui s'est tenue le 3 mars 2023 (UNEP/MED WG.555/5). Il convient de noter que ces lignes directrices ont également été communiquées à HELCOM, OSPAR et à la Commission de la mer Noire, et que des réactions positives ont été reçues.

Ces lignes directrices s'inspirent des méthodes les plus couramment utilisées pour surveiller les apports fluviaux de déchets marins. À ce stade, l'accent est mis sur le suivi des macro- et micro-déchets par le biais d'observations visuelles, de relevés sur les berges, de l'utilisation de filets manta, de pompes à eau et de flotteurs. Les présentes lignes directrices visent à aider le personnel technique des instituts et laboratoires compétents de l'IMAP à mettre en œuvre des techniques de surveillance appropriées pour mesurer les apports fluviaux de déchets marins rejetés dans la mer Méditerranée.

La présente ligne directrice est soumise à la présente réunion intégrée de CORMON (27-28 juin 2023) pour examen et approbation en vue de sa soumission à la prochaine réunion du groupe de coordination de l'EcAp qui se tiendra le 11 septembre 2023.

## Table des matières

1.	Introduction .....	1
2.	Apports fluviaux de déchets marins .....	1
3.	Méthodes de surveillance des apports fluviaux de déchets marins .....	2
4.	Surveillance des macro-déchets dans les fleuves .....	4
4.1	Surveillance des macro-déchets flottants par observation visuelle .....	4
4.1.1	Sélection et préparation du site.....	4
4.1.2	Durée et fréquence de l'échantillonnage. ....	5
4.1.3	Collecte des données .....	6
4.1.4	Métadonnées.....	7
4.2	Surveillance des déchets déposés sur les berges des fleuves.....	7
4.2.1	Sélection et préparation du site.....	7
5.	Surveillance des micro-déchets dans les fleuves et leurs embouchures .....	13
5.1	Utilisation d'un filet manta pour l'échantillonnage des microplastiques dans les embouchures des cours d'eau.....	13
5.1.1	Caractéristiques du filet manta .....	14
5.1.2	Utilisation du filet manta dans les fleuves.....	15
5.1.3	Conception d'une campagne de surveillance .....	15
5.1.4	Calcul de la superficie des zones surveillées.....	18
5.1.5	Prélèvement et stockage des échantillons.....	18
5.1.6	Analyses en laboratoire des échantillons prélevés en mer : .....	19
5.1.6.1	Contamination croisée .....	19
5.1.6.2	Équipement du laboratoire .....	20
5.1.6.3	Les cinq étapes de l'analyse en laboratoire .....	20
5.1.7	Principales observations .....	25
5.2.1	Caractéristiques de la pompe à eau et du système de filtration : .....	26
5.2.2	Utilisation des pompes à eau dans les fleuves .....	28
5.2.3	Conception d'une campagne de surveillance .....	30
5.2.4	Prélèvement et stockage des échantillons.....	32
5.2.5	Analyse en laboratoire des échantillons prélevés à l'aide d'une pompe à eau.....	32
5.2.6	Principales observations .....	32
5.2.7	Flotteurs d'échantillonnage.....	32
6.	Synthèse des avantages et des inconvénients des méthodologies proposées .....	33
	Références .....	35

Annexe I : Liste de MED POL pour les déchets marins sur les plages

Annexe II : Experts - Membres du groupe de travail en ligne sur les déchets marins ayant contribué à l'élaboration du présent document

## Liste des abréviations/acronymes

<b>IC</b>	Indicateur commun
<b>UE</b>	Union européenne
<b>FTIR</b>	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
<b>GPS</b>	Système de positionnement global
<b>IMAP</b>	Programme de surveillance et d'évaluation intégrées de la mer et des côtes méditerranéennes et critères d'évaluation connexes
<b>CCR</b>	Centre commun de recherche de la CE
<b>DCSMM</b>	Directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin »
<b>MED POL</b>	Programme d'évaluation et de maîtrise de la pollution en Méditerranée
<b>QSR MED</b>	Rapport sur la qualité de la Méditerranée
<b>PVC</b>	Chlorure de polyvinyle
<b>QSR</b>	Rapport sur la qualité
<b>TGML</b>	Groupe technique sur les déchets marins
<b>UAV</b>	Véhicule aérien sans pilote
<b>PNUE</b>	Programme des Nations Unies pour l'environnement
<b>PNUE/PAM</b>	Programme des Nations Unies pour l'environnement/Plan d'action pour la Méditerranée
<b>WGS</b>	Système géodésique mondial

## 1. Introduction

1. Les présentes lignes directrices et l'aperçu méthodologique qui les accompagnent sont élaborés par le PNUE/PAM et son programme MED POL, avec l'assistance et l'expertise de 22 experts méditerranéens représentant la Croatie, l'Espagne, la France, Israël, l'Italie, le Maroc, la Slovénie, la Tunisie la Türkiye, ainsi que le CCR, dans le cadre du [projet Marine Litter MED II](#) financé par l'UE. Le projet Marine Litter MED II aborde les défis et les solutions s'agissant des aspects opérationnels et des processus de suivi de la mise en œuvre du Plan régional actualisé sur la gestion des déchets marins en Méditerranée. Le projet envisage d'étendre les efforts de surveillance et d'évaluation des déchets marins aux apports fluviaux, en se concentrant sur le comblement des lacunes en matière de connaissances et de données par l'exécution de projets pilotes ciblés en Israël et au Maroc et l'élaboration d'un guide pour la surveillance et l'évaluation des apports fluviaux de déchets marins, en plus de faire le point sur les efforts et les initiatives existants (par exemple, PNUE,<sup>1</sup> CCR/RIMMEL<sup>2</sup> de la CE et MSFD TGML de l'UE) et de chercher à les adapter aux besoins de la Méditerranée. L'élaboration scientifique des méthodologies étant en cours, une variété d'approches est présentée ici, sans qu'il n'y ait encore d'approche unique et harmonisée de la surveillance des déchets en milieu fluvial.

2. Les lignes directrices pour la surveillance des apports fluviaux de déchets marins visent à compléter, soutenir et enrichir le [Programme de surveillance et d'évaluation intégrées de la mer et des côtes méditerranéennes et critères d'évaluation connexes \(IMAP\)](#). Les données acquises grâce aux présentes lignes directrices prépareront le terrain pour l'élargissement des indicateurs communs relatifs aux déchets marins sous les auspices de l'IMAP, afin d'inclure également de nouveaux indicateurs tels que les apports fluviaux, et de contribuer dans la mesure du possible à l'élaboration de rapports d'évaluation dans le cadre du PNUE/PAM.

3. Les lignes directrices décrivent les méthodes d'échantillonnage des macro- et micro-déchets, et en particulier des plastiques, provenant des fleuves et autres cours d'eau du pourtour méditerranéen. Elles définissent et décrivent également les techniques de laboratoire et d'analyse pertinentes pour l'identification, la caractérisation et la quantification des macro- et micro-déchets, aux fins de fournir des conseils techniques et des approches harmonisées aux Parties contractantes de la Convention de Barcelone, y compris pour le développement de programmes de surveillance nationaux spécifiques.

## 2. Apports fluviaux de déchets marins

4. Les fleuves ont été identifiées comme les principales voies de communication entre les sources terrestres de plastiques et les environnements marins. Plusieurs études ont été consacrées à la documentation et à l'évaluation des apports fluviaux de déchets marins entrant dans l'environnement marin (van der Wal et al., 2015 ; González et al., 2016 ; Crosti et al., 2018 ; Schirinzi G.F et al., 2020). Toutes concluent que les systèmes fluviaux jouent un rôle majeur dans le transport des déchets plastiques terrestres vers les océans du monde (van Emmerik, T., et al., 2020). Une fois que les plastiques pénètrent dans l'estuaire, la combinaison de la dynamique fluviale et de la dynamique des marées détermine le devenir des plastiques et leur entrée dans le milieu marin (Tramoy et al., 2020).

5. Les masses d'eau douce telles que les lacs, les réservoirs et les fleuves sont touchées par la contamination par les plastiques au même titre que l'environnement marin. En dépit de sa pertinence, la compréhension actuelle des processus de transport, des charges et des impacts des déchets marins dans les

---

<sup>1</sup> [Programme des Nations Unies pour l'environnement \(2020\). Monitoring Plastics in Rivers and Lakes: Guidelines for the Harmonization of Methodologies. Nairobi](#)

<sup>2</sup> [https://mcc.jrc.ec.europa.eu/main/dev.py?N=simple&O=380&titre\\_page=RIMMEL&titre\\_chap=JRC%20Projects](https://mcc.jrc.ec.europa.eu/main/dev.py?N=simple&O=380&titre_page=RIMMEL&titre_chap=JRC%20Projects)

eaux douces est limitée, principalement parce que les données font défaut mais aussi et parce que la plupart des données publiées sur les plastiques d'eau douce proviennent de projets isolés qui appliquent des techniques d'échantillonnage et d'analyse différentes. Des écarts de plusieurs ordres de grandeur entre les estimations des flux de plastique de la terre vers la mer sont attribués à des simplifications méthodologiques excessives qui amplifient les erreurs dans le processus menant de la quantification individuelle des déchets plastiques dans les fleuves au calcul des bilans fluviaux globaux (Weiss et al. 2022). Le manque d'harmonisation rend difficile la comparaison et constitue un obstacle à la synthèse des données.

6. La fragmentation des rivières par des barrières anthropiques, y compris les barrages, est très répandue dans le monde (Grill et al. 2019 ; Belletti et al., 2020 ; Dhivert et al., 2022). Ces barrières limitent la capacité des rivières à s'écouler librement (Falkenmark et al., 2003), altérant leur connectivité et leur hydrodynamique, et affectant ainsi le transport, la suspension et le dépôt de leur charge sédimentaire (Wu et al. al., 2022).

7. Les changements hydrodynamiques, qui affectent différentes parties des barrages (par exemple, en amont, dans le réservoir et en aval), font des réservoirs un puits pour la pollution plastique dans les grands systèmes fluviaux (Watkins et al., 2019), alors qu'ils constituent souvent une importante ressource d'eau potable. En outre, il a été rapporté que l'abondance de microplastiques à proximité des barrages est beaucoup plus élevée que dans plusieurs autres systèmes marins et/ou d'eau douce, en particulier pendant la période estivale (Norén et al., 2010). Les réservoirs sont donc assez représentatifs de l'ensemble de la zone environnante, et en ce qui concerne la pollution plastique (Zhang et al., 2015).

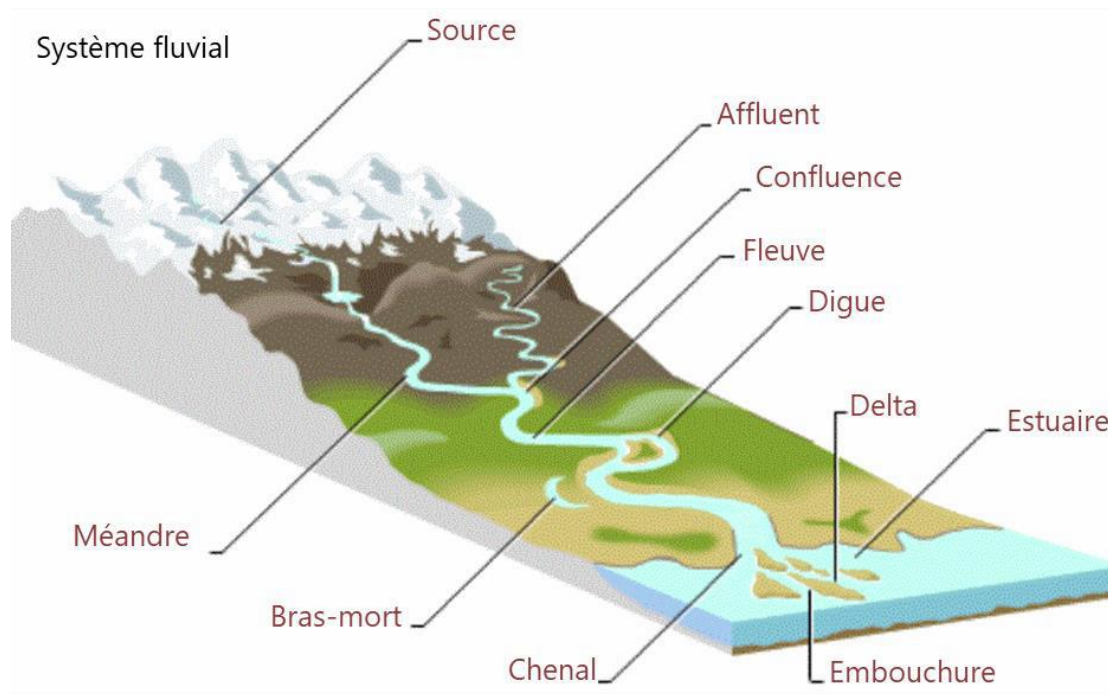
8. En fin de compte, l'accumulation de sédiments dans les réservoirs peut avoir une grande influence sur le transport des plastiques (en particulier des microplastiques) vers l'océan mondial, (Dhivert et al., 2022 ; Wu et al., 2022), ce qui laisse entendre qu'il est important de prendre en compte les barrages lors de la modélisation du transport fluvial global des plastiques (Watkins et al., 2019).

### **3. Méthodes de surveillance des apports fluviaux de déchets marins**

9. Les embouchures des fleuves peuvent fournir des informations substantielles sur l'accumulation et la composition des déchets qui entrent dans l'écosystème marin. Cependant, le lieu d'échantillonnage peut fortement influencer les résultats. Les zones de mélange entre l'eau douce et l'eau salée, ainsi que les turbulences et les régimes de marée peuvent affecter les voies d'acheminement des déchets. Par exemple, il n'est pas recommandé d'échantillonner directement dans l'estuaire ou le delta des fleuves (qui est largement influencé par les apports d'eau de mer), mais plutôt en un point situé un peu plus en amont. Le lieu d'échantillonnage idéal (figure 1) peut être déterminé en fonction des informations disponibles concernant le site choisi et les possibilités d'échantillonnage, telles que la présence de ponts, de pontons ou de toute autre zone surélevée facilitant l'observation des déchets et le déploiement des dispositifs d'échantillonnage. Si l'échantillonnage ne peut être effectué dans un endroit situé à proximité de l'embouchure du fleuve, il est très important de mesurer la distance entre le point d'échantillonnage et l'embouchure et d'évaluer s'il existe de nouvelles sources de déchets entre le point d'observation et la mer. En outre, il est important d'examiner également les petits canaux, qui ne sont pas des affluents de cours d'eau plus importants. Ils peuvent être utilisés comme sites de décharge illégale et les déchets accumulés peuvent être dirigés vers la mer en cas de crue.

10. La période d'échantillonnage est un autre aspect important de la surveillance des apports fluviaux de déchets marins. Les zones fluviales sont soumises à une dynamique d'écoulement complexe et sont influencées par les marées et les rejets d'eau douce. La vitesse et la direction du flux peuvent changer d'heure en heure, ce qui influence le transport et l'exportation des déchets et du plastique dans l'environnement marin. Il convient, dans l'idéal, d'opter pour une surveillance reposant sur un

échantillonnage relativement fréquent et sur le long terme dans un nombre modeste de sites, plutôt que sur un échantillonnage sporadique sur des sites nombreux. La surveillance doit être effectuée dans des conditions moyennes. En outre, étant donné que la plupart des déchets sont susceptibles d'atteindre la mer pendant les crues et que la surveillance est impossible pendant de tels événements, il est recommandé d'évaluer, pour chaque cours d'eau surveillé, le flux de déchets en conditions normales et en conditions de crue. L'utilisation d'un traceur GPS dans les cours d'eau, simulant le flux de déchets macro-plastiques, doit être envisagée avant de lancer le projet de surveillance visuelle (Manghi et al., 2022).



**Figure 1** : Système fluvial (Extrait de : <https://www.geographypods.com>).

11. L'exploitation des métadonnées disponibles (par exemple, le débit du fleuve, la salinité, la matière organique particulaire et dissoute, les nutriments, les populations de poissons typiques, les polluants, etc.) permet le développement d'un plan adéquat et efficace basé sur les ressources de surveillance disponibles. Les informations sur les activités les plus courantes menées autour de la zone d'échantillonnage peuvent également fournir des renseignements importants sur le type de déchets que l'on s'attend à trouver et les zones dans lesquelles on s'attend à les rencontrer (par exemple, zones agricoles, infrastructures urbaines, industries, densité de population, traitement des eaux usées, etc.). De plus, il faut accorder de l'importance aux frontières administratives entre les districts pour éviter tout désaccord éventuel.

12. Cette méthode décrit et élabore plus particulièrement quatre (4) grandes catégories de stratégies de surveillance susceptibles d'être mises en œuvre pour les micro et macro-déchets : i) l'observation visuelle ; ii) la collecte de macro-déchets sur les berges ; iii) l'utilisation de filets manta pour les méso- et micro-déchets ; iv) l'utilisation de pompes à eau équipées de systèmes de filtration.

13. Un bref aperçu de ces méthodes est présenté ci-dessous. Il met l'accent sur les méthodes cohérentes, couramment utilisées et rentables dont l'utilisation pourrait être envisagée par les Parties contractantes pour la surveillance des apports fluviaux de déchets marins autour de la Méditerranée. Des efforts d'harmonisation et un accord sur les bonnes pratiques seront nécessaires pour obtenir des ensembles de données comparables d'un bassin versant à l'autre.



## 4. Surveillance des macro-déchets dans les fleuves

### 4.1 Surveillance des macro-déchets flottants par observation visuelle

14. Dans le milieu marin, des méthodologies et des protocoles d'observation visuelle en mer ont été proposés par plusieurs institutions et groupes de recherche scientifique tels que la Commission européenne (CCR, 2013), le programme sur les débris marins de la NOAA (NOAA, 2013) et le PNUE/PAM (2016). Le comptage visuel des déchets plastiques peut être effectué dans les environnements marins et d'eau douce. Il s'agit d'une méthode assez simple pour déterminer le transport des déchets. Malgré les inconvénients que peut présenter l'observation visuelle (par exemple, les objets flottants immergés ne sont pas visibles dans les eaux troubles et les objets ne peuvent être identifiés que pendant la période où ils flottent), il s'agit d'une option peu coûteuse qui permet un suivi à haute fréquence dans de nombreux sites.

15. Pour obtenir des données plus précises sur la composition et le transport de masse des plastiques, il est conseillé d'effectuer également des échantillonnages physiques en utilisant des filets lorsque cela est possible, afin de convertir le transport mesuré en articles par unité de temps en transport de masse réel.

16. Dans le cadre du [projet RIMMEL<sup>3</sup>](#), Le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne a développé une approche collaborative harmonisée utilisant une application sur tablette pour la collecte de données dans les estuaires des fleuves. La méthode est basée sur des observations visuelles à l'aide d'une liste commune de déchets et de catégories de taille. Le projet a abouti au développement d'une application informatique mobile, la Floating Litter App, qui, associée à un site web de gestion des données, permet un suivi harmonisé des déchets flottants en mer et sur les rivières. L'application permet l'acquisition de données en temps réel pendant les sessions de surveillance, fournissant ainsi un outil pour la collecte de données et l'établissement de rapports<sup>4</sup>.

17. Une méthode similaire d'observation et de collecte d'informations pourrait être harmonisée grâce à l'élaboration de modèles de rapports convenus à l'échelle régionale et favorisant la comparabilité des données. L'utilisation d'une application pour smartphone est une option, qui pourrait être développée ultérieurement pour faciliter la collecte et l'harmonisation des données, tandis que, dans l'idéal, une approche à grande échelle offrirait des avantages pour la collaboration entre les bassins.

#### 4.1.1 Sélection et préparation du site

18. Il est recommandé de choisir une position élevée pour commencer les observations visuelles (par exemple, ponts, jetées, pontons). En tenant compte de la largeur du fleuve et du nombre de personnes impliquées dans l'échantillonnage, la zone d'échantillonnage doit être divisée en différentes sections. La définition de la largeur de la section d'observation (c'est-à-dire la section que l'observateur utilise pour identifier les éléments de déchets) permet d'estimer les flux de déchets par rapport à la largeur totale de la section du fleuve (c'est-à-dire la distance entre les deux marges de la zone de surveillance). La hauteur et la largeur au niveau du lieu d'échantillonnage influencent la largeur de la section qui peut être observée confortablement ; par conséquent, une largeur égale à la hauteur d'observation est généralement

---

<sup>3</sup> Le projet RIMMEL était un projet de recherche exploratoire du CCR, mis en œuvre entre 2015 et 2017, visant à quantifier les charges de macro-déchets flottants sur les fleuves vers les eaux marines, en collectant les données existantes, en développant un réseau d'observation européen, en déployant un système de caméras et en utilisant les données générées pour construire un modèle statistique inverse de la charge de déchets basé sur les caractéristiques des bassins hydrographiques (Gonzalez-Fernandez 2021).

<sup>4</sup> <https://floating-litter-monitoring.jrc.ec.europa.eu>

recommandée. Afin d'éviter une surestimation ou une sous-estimation des flux de déchets, il est important que la largeur totale d'observation (également dans différentes sections), comprenne au moins la moitié du fleuve, en partant de la rive jusqu'au centre du fleuve. Les mesures doivent de préférence être effectuées sur la largeur totale du fleuve pour éviter les extrapolations excessives, si nécessaire avec l'aide d'observateurs supplémentaires.

19. Pour les barrages fluviaux et compte tenu de la superficie relativement limitée de ces structures/zones, de petites embarcations peuvent également être utilisées, avec une hauteur d'observateur d'environ 1 à 2 m au-dessus du niveau de l'eau (Curmi et Axiak, 2021 ; Currie et al., 2017). La hauteur d'observateur est définie comme la distance verticale entre les yeux de l'observateur et la surface de l'eau. Arcangeli et al. (2020) recommande une bande d'observation d'une largeur fixe de 3 m pour les petits bateaux (6 m pour deux observateurs, un de chaque côté du bateau). Cette approche est susceptible de fournir des estimations de concentration plus réalistes, en particulier pour les débris de petite taille, et permet également d'estimer les densités (MEDSEALITTER, 2019).

20. Les méthodes d'observations visuelles présentent certaines limites telles que les conditions météorologiques, l'orientation du soleil, la hauteur du site d'observation (c'est-à-dire la distance verticale entre le cours d'eau observé et un pont, par exemple), ainsi que les caractéristiques des déchets (couleur, taille, forme et flottabilité).

21. Dans le cadre de la directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin » (DCSMM) de l'UE, la surveillance des macro-déchets flottants concerne les éléments de plus de 2,5 cm, du fait de leurs propriétés de flottabilité (les déchets peuvent flotter ou se trouver en suspension dans les eaux de surface des fleuves). Par conséquent, la hauteur du site d'observation sélectionné (c'est-à-dire la distance verticale entre les yeux de l'observateur et la surface du fleuve) doit permettre la détection de déchets d'une taille pouvant aller jusqu'à 2,5 cm. L'utilisation de jumelles peut aider à l'identification des déchets si nécessaire (jumelles à grand angle, max x 5), mais la pertinence de leur utilisation doit être évaluée au cas par cas. Néanmoins, les caractéristiques des fleuves et des ponts varient fortement d'un endroit à l'autre, le protocole déployé doit toujours être adapté aux besoins et aux spécificités du site. Afin de permettre la comparabilité des données, il est important, sur la base de la hauteur d'observation et de la largeur de section, de définir une « meilleure » valeur. La meilleure valeur est la taille de déchet qui permet de ne pas « manquer » le déchet, si celui-ci flotte, depuis le point d'observation. De manière générale, pour évaluer la taille d'un déchet comprise entre 2,5 et 5 cm, la hauteur du ou des points d'observation ne doit pas dépasser 10 m et la largeur de la section ne doit pas excéder 15 m.

22. Pour concevoir une campagne ou un programme de surveillance, il faut tenir compte de l'emplacement du site observé. Par exemple, il est plus facile de visualiser les macro-déchets depuis des ponts et dans l'idéal, le ou les enquêteurs doivent se trouver sur des structures élevées pour avoir un angle de vue favorable. Pour les fleuves de grande largeur dépourvus de structures stables adéquates, les observations visuelles peuvent être entreprises à partir d'un navire<sup>5</sup> (González-Fernández et al., 2018) (tel que mentionné dans le paragraphe 19 sur les barrages de rivière).

#### 4.1.2 Durée et fréquence de l'échantillonnage.

23. La vitesse de l'eau à la surface du cours d'eau doit être mesurée pour établir la durée de l'échantillon ainsi que pour le calcul ultérieur du flux de surface. Pour les cours d'eau dont la vitesse d'écoulement varie considérablement, comme les zones fluviales (figure 1), il est recommandé de prendre

---

<sup>5</sup> Projet MEDSEALITTER, livrable 3.3.2 : [Shared protocols for marine litter monitoring](#) (janvier 2018).

des mesures au moins une fois par heure. La vitesse des eaux de surface peut ensuite être utilisée pour évaluer les densités des déchets marins.

24. Si la charge des déchets transportés influence la durée d'observation optimale, la représentativité de l'échantillonnage bénéficie quoi qu'il en soit de durées/périodes d'observation plus longues, compte tenu également des limites imposées par la fatigue de l'observateur. Pour les fleuves transportant plus de 1 000 déchets par heure, il est recommandé de mesurer une ou deux minutes par section. Pour les fleuves comptant moins de 100 déchets par heure, il est recommandé de mesurer au moins 15 minutes par section<sup>6</sup> (PNUE 2021).

25. La durée de chaque mesure doit être égale à une heure divisée par le nombre de sections. En outre, des échantillonnages fréquents fourniront une variabilité temporelle élevée des charges de déchets. C'est pourquoi, des observations hebdomadaires ou bihebdomadaire, couvrant aussi bien les basses eaux que les hautes eaux, sont recommandées (CCR 2018). La fréquence d'échantillonnage peut être modifiée en fonction des conditions locales/nationales (par exemple, proximité du site d'échantillonnage, nombreux systèmes fluviaux, etc.).

26. Dans le cas des barrages, où de petites embarcations sont utilisées, le choix de la longueur des transects et de la durée de l'observation reste lié aux caractéristiques morphologiques et hydrodynamiques des réservoirs des barrages. En effet, deux facteurs sont à prendre en compte lors de la planification d'une campagne de surveillance :

- a) Le zonage horizontal du réservoir, à savoir (i) une partie plus fluviale avec un débit mesurable, (ii) une zone intermédiaire, et (iii) une zone lacustre près du barrage où le débit est proche de zéro (Uhlmann et al. 2011) ; et
- b) La concentration des déchets flottants en aval et vers les berges des réservoirs, en fonction de l'hydrodynamisme et du régime des vents (observation sur le terrain).

#### 4.1.3 Collecte des données

27. Chaque morceau de plastique visible, qu'il flotte ou qu'il soit superficiellement immergé, doit être compté<sup>7</sup>, indépendamment de sa taille, avec une limite inférieure établie (2,5 cm) permettant la comparabilité des données. Une estimation de la taille moyenne minimale des débris plastiques doit être prise en considération et si la description du déchet est incertaine, il est recommandé de ne pas le compter comme plastique.

28. De préférence, les déchets comptés doivent être normalisés dans le temps et dans l'espace pour obtenir un profil de transport de plastique sur la largeur du fleuve, et un transport total de plastique en éléments par unité de temps (éléments par heure). Le nombre de déchets par heure par section fournit la variation spatiale sur la largeur du fleuve, et la somme des sections fournit le nombre total de morceaux de plastique flottants par heure sur toute la largeur du fleuve. On peut également envisager une unité alternative du type nb. de déchets/unité de temps/largeur du fleuve, ce qui permet d'extrapoler la densité au niveau de l'embouchure du fleuve.

---

<sup>6</sup> Remarque : un nombre très élevé d'objets peut également nécessiter des périodes plus longues, afin d'éviter de ne surveiller que les pointes de débit.

<sup>7</sup> Dans la bande des 3 mètres en cas d'utilisation de petites embarcations avec un observateur (6 mètres avec deux observateurs).

29. Pour classer les déchets observés, il est recommandé d'utiliser la liste commune MED POL pour les déchets marins sur les plages (indicateur commun 22 de l'IMAP) afin de garantir la comparabilité des données. La liste MED POL peut être modifiée au niveau local et la liste amendée peut être utilisée pour réduire les options disponibles en fonction des éléments qui sont le plus souvent enregistrés dans les différentes zones fluviales concernées (annexe I). La liste commune des catégories de déchets du CCR/TGML peut également être utilisée, à condition d'être compatible avec la liste MED POL.

#### 4.1.4 Métadonnées

30. La vitesse d'écoulement des eaux de surface du fleuve doit être mesurée plusieurs fois au cours de l'exercice et, en particulier, à chaque fois qu'une altération est observée. L'évaluation de la surface du fleuve (par exemple, les remous et la présence de mousse naturelle), la direction et l'intensité du vent, la nébulosité/la pluie (le jour de l'observation, un jour avant, et en tenant également compte des moyennes mensuelles), les conditions de luminosité (par exemple, les reflets, la direction du soleil et l'ombre), les conditions de marée et la visibilité (par exemple, présence de brouillard) doivent également être enregistrées. Il convient de noter que les activités de surveillance doivent être évitées lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises, en particulier lorsque la visibilité est faible, car elles peuvent avoir un impact sur les observations et les comptages. Ceux-ci risquent alors de ne pas refléter la quantité réelle d'objets présents et peuvent conduire à des extrapolations erronées. En outre, en cas d'événements de marée, il est recommandé de compter les conditions moyennes.

31. Pour chaque section observée, les coordonnées GPS (grades et millièmes, GG, GGGGG) doivent être enregistrées en WGS 84.

## 4.2 Surveillance des déchets déposés sur les berges des fleuves

32. Ce type de surveillance est en grande partie fondée sur les méthodologies de surveillance des déchets marins sur les plages, moyennant une adaptation aux besoins spécifiques du suivi des déchets déposés sur les berges des fleuves. Il faut tenir compte du fait que le dépôt de déchets sur le littoral et le dépôt sur les berges des fleuves ont des dynamiques très différentes, et que les méthodes et les résultats ne sont donc pas comparables. À ce jour, plusieurs études ont été réalisées, dans lesquelles le protocole relatif aux déchets sur les plages a été adapté afin d'être utilisé sur les berges des fleuves (Schone Rivieren, 2017 ; Bruge et al., 2018 ; Van Emmerick et al., 2020 ; UNEP, 2020 ; Cedre, 2022).

### 4.2.1 Sélection et préparation du site

33. Les berges présentant un intérêt sont situées le long des fleuves qui traversent des zones anthropisées (par exemple, des zones urbaines, industrielles ou agricoles) (figure 2). Elles peuvent être situées dans l'estuaire ou immédiatement au-dessus, à une distance suffisante pour empêcher l'entrée des déchets marins.

34. Les berges des fleuves, où se trouvent les sites de surveillance, doivent être sélectionnées sur la base des critères suivants :

- a) **Sécurité** : le site doit être sûr pour les opérateurs (les berges instables, trop abruptes, recouvertes d'une abondante végétation, etc., sont à éviter) ;
- b) **Localisation du site** : il doit être situé au-delà de la limite de l'entrée possible des déchets marins en provenance de la mer (sous l'effet du vent, des courants ou des vagues) ;

- c) **Longueur du site**<sup>8</sup> : en fonction de l'état et de l'accessibilité du site ainsi que de la densité des déchets, la longueur du site peut varier de 10 à 50, voire 100 m, à condition qu'elle reste la même tout au long de la campagne de surveillance ;
- d) **Accessibilité** : le site doit être accessible toute l'année (sauf en cas d'événement exceptionnel comme une inondation ou une crue) ;
- e) **Présence de déchets** : le site doit présenter des dépôts de déchets sans être une zone d'accumulation (figure 2). Les écluses, les barrages et les stations de pompage situés à proximité du site doivent être pris en compte car ils peuvent avoir une influence sur les déchets présents dans l'environnement fluvial. La berge peut être submergée temporairement lorsque le niveau d'eau est plus élevé afin de permettre le dépôt de déchets ;
- f) **Absence d'activités de nettoyage** : le site ne doit pas faire l'objet d'autres activités de collecte de déchets.

#### 4.2.2 Unité et fréquence d'échantillonnage.

35. L'unité d'échantillonnage peut varier de 10 à 50, voire 100 mètres, mesurés comme une ligne droite parallèle à la limite arrière de la berge. Les relevés portent sur l'ensemble du tronçon, du bord de l'eau jusqu'à la limite arrière de la berge, matérialisée par des structures physiques telles qu'un chemin de halage, de la végétation, une ligne de rive la plus haute, etc. Des points de référence permanents doivent être utilisés pour s'assurer que la même unité d'échantillonnage est bien utilisée lors de chaque relevé.

36. Pour s'aligner sur la surveillance des déchets marins sur les plages, il est proposé de procéder aux relevés une fois tous les trois mois, ce qui donne quatre ensembles de données par berge et par an (un par saison). Les périodes proposées pour les relevés trimestriels sont janvier (hiver), avril (printemps), juillet (été) et octobre (automne). Il convient de noter que les relevés hivernaux peuvent être compromis en raison d'éventuelles crues, tandis que les relevés estivaux peuvent être compliqués par la présence de la végétation (densité et hauteur). La végétation des berges peut varier considérablement au fil des saisons et influencer ainsi la capacité de « piégeage » des déchets et les flux saisonniers correspondants.

---

<sup>8</sup> Le choix de la longueur du site doit tenir compte de la plus grande étendue de berge disponible.



**Figure 2** : Exemple de berges présentant un intérêt pour le suivi des déchets marins (©Cedre).



**Figure 3** : Exemple de déchets marins déposés sur la berge (©Cedre).

37. Selon les circonstances, l'accès au site peut être impossible ou dangereux pour les agents chargés du relevé (par exemple, vents violents, crue, trafic fluvial, etc.). Dans certains secteurs, il peut être impossible de faire des recherches jusqu'à la ligne d'eau en raison de conditions dangereuses (p. ex. sédiments instables, pente trop abrupte, etc.) (Figure 4). Les personnes chargés des relevés doivent s'arrêter aux limites des sédiments stables.

38. La sécurité des personnes chargées des relevés doit toujours passer en premier, et il est fortement recommandé de faire appel à des personnes formées.

#### 4.2.3 Collecte des données

39. Tous les déchets marins **visibles** d'une taille supérieure à 2,5 cm trouvés échoués sur les berges **ou piégés** dans la végétation (mais pas profondément enfouis ou recouverts par les dépôts de végétation) à l'intérieur du périmètre de l'unité d'échantillonnage, doivent être collectés et comptés (voir Figure 5). Les éléments de déchets marins à étudier comprennent les déchets identifiables (y compris les fragments), ainsi que les déchets marins inconnus (y compris les fragments) (Figure 6). Il est important que chaque article soit compté. La présence de polluants chimiques (par exemple, paraffine et autres polluants tels que l'huile) et de granules de plastique industriel doit également être enregistrée.



**Figure 4** : Des sédiments boueux instables limitent l'échantillonnage jusqu'à la ligne d'eau (©Cedre).

40. Lorsque de grandes quantités de déchets marins sont trouvées ou lorsque les conditions d'enquête sont difficiles (par exemple, pluie, vents violents, neige, etc.), les déchets marins collectés peuvent être stockés dans des sacs afin d'être triés et comptés dans un endroit abrité ou à l'intérieur. Dans ce cas, il faut prendre soin d'éviter la fragmentation et/ou l'enchevêtrement des éléments de déchets qui est susceptible d'affecter leur comptage.

41. Pour classer les articles observés<sup>9</sup>, la liste commune MED POL des déchets marins sur les plages (indicateur commun 22 de l'IMAP) peut être utilisée, moyennant une adaptation pour réduire les options disponibles en fonction des articles qui sont le plus souvent enregistrés dans les zones fluviales suivies (annexe I). La liste commune des catégories de déchets du CCR/TGML peut également être utilisée.



**Figure 5 :** Déchets marins collectés, à classer et à caractériser (©Cedre).

#### 4.2.4 Métadonnées

42. Le même site d'échantillonnage doit être utilisé pour tous les relevés prévus dans le programme de surveillance. Les coordonnées du site d'échantillonnage doivent être enregistrées en WGS 84 (DMS, DD). La longueur et la largeur du site d'échantillonnage doivent être enregistrées en mètres. Des informations supplémentaires sur la topographie (par exemple, berge naturelle ou artificielle ; cours d'eau sinueux ou rectiligne ; nature de l'arrière du site, etc.) peuvent également être enregistrées.

43. Les conditions météorologiques (force et orientation du vent) ainsi que, si possible, le flux et/ou le niveau d'eau et la largeur du fleuve récents doivent être enregistrés à chaque relevé.

---

<sup>9</sup> Remarque : la même méthodologie peut être appliquée aux rives des lacs.



44. Pour chaque relevé, il convient de fournir des informations sur les événements particuliers (inondations, tempêtes, etc.) ou sur les changements de morphologie du site (érosion, couverture végétale, etc.) qui ont pu influencer le relevé.

45. Les modèles de rapport pour l'indicateur commun 22 (macro-déchets sur les plages) du système d'information de l'IMAP peuvent être utilisés pour permettre la communication des données moyennant une adaptation mineure comprenant notamment l'élaboration d'un référentiel d'informations dédié reflétant les différentes caractéristiques des sites.

46. L'unité de rapportage proposée pour la collecte des données est le nombre d'articles par 100 mètres.



**Figure 6** : Phase de classification et de catégorisation des déchets marins (©Cedre).

## 5. Surveillance des micro-déchets dans les fleuves et leurs embouchures

### 5.1 Utilisation d'un filet manta pour l'échantillonnage des microplastiques dans les embouchures des cours d'eau

47. Le filet manta ou le chalut manta est l'équipement d'échantillonnage le plus couramment utilisé pour surveiller les microplastiques flottants en mer (figure 7). Cet outil est spécialement conçu pour prélever des échantillons flottants sur la mer ou superficiellement immergés. L'utilisation d'un filet manta permet d'échantillonner de grands volumes d'eau de mer, tout en retenant le matériau cible (c'est-à-dire les microplastiques) ; de plus, il n'est pas limité au débit puisqu'il est traîné par un bateau. Ce dernier n'est utile qu'en cas de conditions météorologiques extrêmes et d'inondations, lorsque le flux est élevé. Cependant, l'utilisation du filet dans les fleuves est plus compliquée en raison du risque de colmatage, et sa taille et son poids sont limités par la profondeur et la largeur de la rivière. Un petit filet léger muni de bouées est actuellement testé par l'Institut israélien de recherche océanographique et limnologique (IOLR) dans le cadre du [projet Marine Litter MED II](#), financé par l'UE. La conclusion des projets pilotes menés actuellement en Israël est que pour les petites rivières, le petit filet est plus adapté et peut être facilement utilisé à partir d'un pont. Cependant, l'échantillonnage n'est possible que lorsque le courant de la rivière et le vent sont alignés ou lorsque le courant est suffisant (une étude plus approfondie est nécessaire).

48. Bien que les présentes lignes directrices préconisent, de manière générale, une surveillance en amont, à l'intérieur du système fluvial, il est proposé d'effectuer l'échantillonnage des microplastiques à l'aide d'un filet manta en dehors du gradient fluvial, ce qui permet une intégration avec les programmes de surveillance nationaux existants basés sur l'IMAP pour l'indicateur commun 23 de l'objectif écologique 10, ainsi que la comparabilité des données.

49. Le MED POL du PNUE/PAM a élaboré des lignes directrices détaillées<sup>10</sup> pour la surveillance des microplastiques flottants en mer à l'aide d'un filet manta, qui sont approuvées au niveau régional depuis 2021<sup>11</sup>. Ces lignes directrices peuvent constituer une base en termes d'éléments méthodologiques et de laboratoire. Il convient toutefois de noter qu'il existe une différence fondamentale dans la méthodologie, puisque s'agissant de son application dans les cours d'eau, la zone d'intérêt est l'embouchure en dehors du gradient du cours d'eau. Lorsque l'on se concentre sur le suivi des microplastiques flottants, il est recommandé de procéder à l'échantillonnage par temps calme, de préférence lorsque la vitesse du vent est inférieure à trois (3) sur l'échelle de Beaufort (environ 13-19 km/h).

---

<sup>10</sup> UNEP/MED WG.490/7 : Lignes directrices/protocoles de surveillance des microplastiques flottants (réunion du Groupe de correspondance de l'approche écosystémique sur la surveillance des déchets marins (CORMON Déchets marins), visioconférence, 30 mars 2021).

<sup>11</sup> UNEP/MED WG.490/7 : Réunion du Groupe de correspondance de l'approche écosystémique sur la surveillance des déchets marins (CORMON Marine Litter), 30 mars 2021.



**Figure 7** : Filet manta utilisé dans une mer calme, en dehors de la vague d'étrave causée par la rotation de l'hélice (Photo : © Christos Ioakeimidis, UNEP/PAM).

### 5.1.1 Caractéristiques du filet manta

50. Le filet manta ou le chalut manta est l'équipement d'échantillonnage le plus couramment utilisé pour la surveillance des microplastiques flottants en mer. Cet outil est spécialement conçu pour prélever des échantillons flottants sur la mer ou superficiellement immergés. Cependant, il peut également être utilisé pour surveiller les microplastiques flottants fluviaux, en particulier dans les embouchures, en dehors du gradient du fleuve.

51. L'utilisation d'un filet manta permet d'échantillonner de grands volumes d'eau, tout en emprisonnant le matériau ciblé (c'est-à-dire les microplastiques).

52. Taille de l'ouverture et longueur : Le filet manta (figure 7) consiste en un dispositif métallique rectangulaire flottant auquel est fixé un filet conique à l'extrémité duquel se trouve une poche (ou tout autre dispositif pertinent) permettant la collecte finale, dans laquelle les microplastiques et les matières organiques sont récupérés. Les dimensions de la « bouche » du dispositif métallique ne sont pas prédéterminées ; il est toutefois conseillé de toujours maintenir un rapport égal à  $\frac{1}{2}$  entre la hauteur et la largeur de la bouche du dispositif. Les filets manta les plus couramment utilisés ont une ouverture de 50 cm de largeur et 25 cm de hauteur, mais d'autres dimensions existent. Ces dimensions se réfèrent à

l'ouverture intérieure de l'embouchure, c'est-à-dire celle à laquelle est relié le filet de 2,5 m de long. La partie extérieure est plus large, donnant à cette bouche la forme d'une pyramide tronquée.

53. Maille du filet et du godet/de la poche : La taille des mailles du filet conique fixé au dispositif métallique flottant doit être d'environ 330 µm. Pour éviter les problèmes de régurgitation suite à un colmatage, notamment dans les eaux eutrophes, il est nécessaire de vérifier en permanence l'efficacité de l'échantillonnage. Dans les zones à forte concentration d'organismes gélatineux et de zooplancton, un filet métallique (maille de 1-2 cm) peut éventuellement être ajouté devant l'embouchure du filet manta.

54. Dimensions des ailes : Deux ailes métalliques sont fixées à droite et à gauche du dispositif métallique pour maintenir constamment le filet manta en flottaison à la surface de la mer (figure 7). Les dimensions des ailes dépendent du poids de l'embouchure, car elles servent à assurer sa flottabilité. Elles dépendent donc du poids du dispositif métallique flottant. Dans la plupart des cas, chaque aile a la même longueur que l'embouchure métallique. Les ailes doivent généralement avoir une longueur de 40 à 70 cm. En tout état de cause, elles doivent être suffisamment grandes pour maintenir le filet manta à flot.

#### 5.1.2 Utilisation du filet manta dans les fleuves

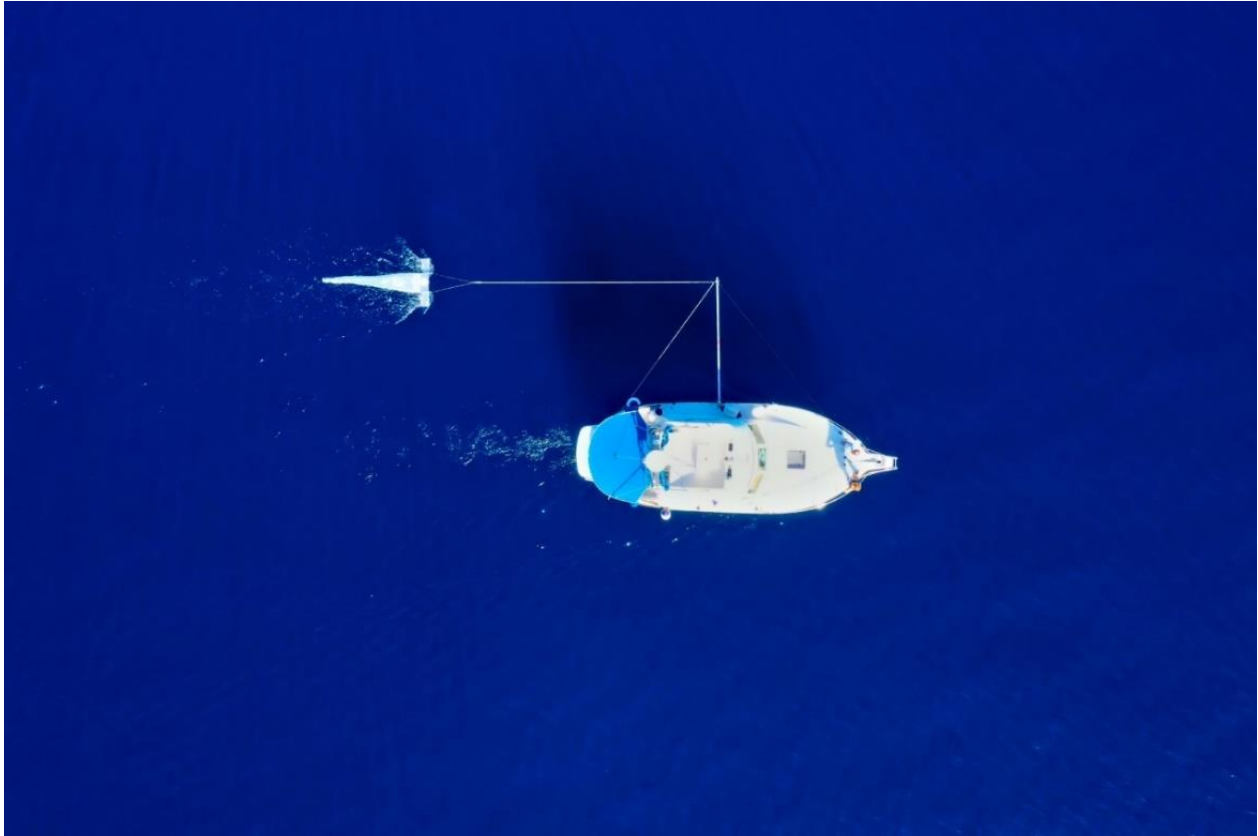
55. Le filet manta peut être soit descendu lentement du bateau ou du navire dans l'embouchure du fleuve et laissé à flot, soit être déployé depuis des structures stables (dans le fleuve même plutôt que dans son embouchure). Cependant, cette dernière option (déploiement à partir de structures stables) peut nécessiter un effort important en termes de main-d'œuvre et comporter des risques opérationnels en raison du poids considérable du dispositif d'échantillonnage (filet manta).

56. Selon la dimension du bateau, il est possible de remorquer le filet par la poupe ou par le côté. Si le filet est tracté depuis l'arrière, la distance entre le bateau et le filet manta doit être d'au moins 50 à 70 m. Si le filet est tiré sur le côté du bateau, il doit être maintenu à une distance d'environ 3 mètres. Dans la mesure du possible, il est recommandé d'utiliser des cordes en matière non plastique afin d'éviter toute contamination. Il est également possible de tracter le filet manta depuis le côté du bateau ou du zodiaque (figures 8 et 9). Il est extrêmement important de maintenir le filet manta en dehors de la vague d'étrave causée par la rotation de l'hélice, car les remous ont un effet non négligeable sur la quantité de microplastiques collectés ainsi que sur la contamination due aux écailles de peinture se décollant du vaisseau (figure 8).

#### 5.1.3 Conception d'une campagne de surveillance

57. Méthode d'échantillonnage : La conception adéquate des études de surveillance passe par le choix d'une zone proche de l'embouchure, en dehors du gradient de la rivière. L'échantillonnage doit être effectué de préférence dans trois stations situées à différentes distances de l'embouchure du fleuve (par exemple, 0,5, 1,5 et 3 miles nautiques), sur un axe perpendiculaire à la côte. Une fois le bateau/vaisseau positionné au point d'échantillonnage, le filet manta est abaissé et tracté pendant environ 10 à 20 minutes ou plus (en fonction du niveau de colmatage du filet) sur un transect rectiligne, à une vitesse d'environ 1-2 nœuds. Pour que le filet manta filtre correctement l'eau et que la bouche soit totalement immergée dans la mer, la vitesse ne doit en aucun cas dépasser les 3 nœuds. Le trait de chalut de 10 à 20 minutes doit être effectué dans la direction opposée au courant de surface ou, en tout état de cause, dans la direction opposée au vent.

58. *Facultatif* : Si de grandes quantités de matière organique, de mucilages et de zooplancton gélatineux sont présents pendant le prélèvement, il est recommandé de diviser l'échantillonnage en deux traits de chalut de 10 minutes. Les deux traits doivent être fusionnés pour obtenir l'équivalent d'un trajet unique (par exemple, un trajet de 20 minutes).



**Figure 8** : Filet manta tracté sur le côté d'un bateau (Photo : © Stipe Muslim, Croatie)



**Figure 9** : Filet manta tracté sur le côté d'un bateau (Photo : © Cecilia Silvestri et Marco Matiddi, Italie)

59. Il est conseillé de surveiller quotidiennement les conditions météorologiques (c'est-à-dire la direction du vent et les précipitations) pendant une période de deux semaines avant la campagne d'échantillonnage, car des mesures pertinentes peuvent fournir des informations exhaustives sur le débit de la rivière. Des données pertinentes peuvent être fournies par les stations météorologiques existantes, etc.

60. Coordonnées GPS : Pour chaque trait de chalut, les coordonnées GPS (degrés et millièmes, GG°, GGGGG) au début et à la fin de l'échantillonnage doivent être enregistrées en WGS 84. Des coordonnées GPS supplémentaires (par ex. toutes les 10 minutes) peuvent être utiles pour vérifier si l'échantillonnage suit bien un transect rectiligne et même pour déterminer plus précisément la longueur du trait de chalut. Si de grandes quantités de matière organique et de mucilages sont présents pendant le prélèvement, il est recommandé de réduire la durée de l'échantillonnage et d'effectuer deux traits de chalut de 10-15 minutes.

61. Position des stations de surveillance : La position des stations de surveillance des cours d'eau doit être déterminée en fonction des caractéristiques de la zone d'étude (c'est-à-dire les zones de stockage pour les conditions hydrodynamiques locales des cours d'eau, la distance par rapport aux sources d'apport directes, telles que les embouchures des cours d'eau, etc.) Le choix du nombre et de la position des stations de prélèvement doit permettre de disposer de la meilleure représentation possible de l'ensemble de la région, en prenant en compte aussi bien des zones où l'activité/l'incidence anthropique est élevée que des zones où celle-ci est faible. Les critères de détermination de la position des transects doivent être consignés sur des fiches d'échantillonnage spécifiques.

62. Réplicats : En raison de la variabilité de la répartition des microparticules flottantes, la représentativité des données doit être renforcée. Il est donc fortement recommandé de prélever des réplicats dans chaque point de prélèvement. Il est conseillé de prélever trois réplicats pour chaque station. Chaque réplicat doit être prélevé en suivant le transect dans la direction opposée au courant de surface ou, en tout état de cause, dans la direction opposée à celle du vent, sur une trajectoire approximativement parallèle à celle du premier prélèvement.

## 5.1.4 Calcul de la superficie des zones surveillées

63. Superficie des eaux surveillées : Le calcul de la quantité de microplastiques doit être exprimé en nombre de particules de microplastiques par mètre carré sur la base de l'approche méthodologique suivante :

La superficie des eaux étudiées (S) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$S = D \times W$$

Où : D est la longueur du transect rectiligne suivi pour l'échantillonnage ;  
W est la largeur de l'ouverture du filet manta.

\* Il est possible de calculer D à l'aide d'un débitmètre, de coordonnées GPS ou d'instruments de navigation.

64. *Facultatif* : Il est également possible de calculer le volume filtré (m<sup>3</sup>) : i) en multipliant la surface de l'embouchure du filet par la distance parcourue pendant le trait de chalut ; ou ii) en appliquant la formule appropriée du débitmètre comme suit :

$$i) \quad V = D \times A$$

$$ii) \quad V = N \times A \times c$$

D est la longueur du transect suivi pour l'échantillonnage (m) ;  
N est le nombre de tours d'hélice enregistrés par le débitmètre tout au long du transect ;  
A est la surface de l'embouchure du filet manta utilisé (largeur x hauteur) ;  
c est une valeur constante, propre à chaque débitmètre.

*Il convient de tenir compte du fait que la mesure du volume filtré à l'aide d'un débitmètre est plus précise, mais que cet appareil nécessite une maintenance continue et peut se bloquer pendant l'échantillonnage. La superficie en mètres carrés doit donc toujours être calculée.*

## 5.1.5 Prélèvement et stockage des échantillons

65. À chaque fois qu'il est ramené sur le bateau, le filet doit être rincé à l'eau de mer, de l'extérieur vers l'intérieur, de la partie fixée à l'embouchure vers le collecteur, afin que toutes les matières naturelles et anthropiques soient concentrées dans le collecteur. Le collecteur est retiré et le matériau est transféré dans des flacons en verre de 250 ou 500 ml pour une analyse qualitative et quantitative ultérieure (figure 10).

L'extérieur du collecteur (parfois appelé également « poche » ou « godet ») doit être lavé avec de l'eau distillée ou de l'eau douce. Le nettoyage de l'intérieur doit se faire impérativement avec de l'eau distillée, afin de recueillir tous les matériaux retenus entre les mailles. Les plus gros morceaux de matériel biologique, par exemple les feuilles, les insectes, les algues volumineuses ou les morceaux de bois, sont extraits des échantillons à l'aide de pinces en métal et soigneusement rincés sur un tamis en métal (< 330 µm). Les macro-plastiques sont retirés et rincés de la même manière, mais, au lieu d'être jetés, ils peuvent éventuellement être recensés et stockés pour une analyse ultérieure. Il est important de séparer les macro-plastiques de l'échantillon afin d'éviter leur fragmentation.

66. Les échantillons sont ensuite stockés à l'abri de la lumière et de la chaleur, dans des réfrigérateurs (mais pas dans des congélateurs). Il est possible d'ajouter un fixateur (à savoir de l'éthanol à 70 %), mais uniquement pour empêcher la décomposition des matières organiques présentes (par ex. le zooplancton, le phytoplancton, etc.), qui générerait des odeurs désagréables lors de l'analyse des échantillons. Cette procédure n'est cependant pas conseillée car elle peut modifier la couleur des microplastiques.



**Figure 10 :** Microplastiques et matières organiques recueillis dans un tamis en métal juste après le prélèvement (Photo : © Christos Ioakeimidis).

#### 5.1.6 Analyses en laboratoire des échantillons prélevés en mer :

67. L'analyse vise à identifier et à quantifier les différentes particules de microplastiques (non dégradables) présentes dans le ou les échantillons.

##### 5.1.6.1 Contamination croisée

68. Tous les équipements de laboratoire doivent, dans la mesure du possible, être en verre ou en métal afin d'éviter la contamination de l'échantillon par des particules de microplastiques provenant d'un équipement en plastique, ainsi que pour éviter que des fragments de microplastiques n'adhèrent aux parois de l'équipement. Pour éviter ce type de contamination, il convient de veiller à rincer soigneusement l'équipement avec de l'eau distillée. Il convient de manière générale d'utiliser de l'eau distillée à toutes les étapes de lavage/rinçage de l'analyse en laboratoire. En outre, une attention particulière doit être accordée au



nettoyage de la zone de travail afin d'éviter la contamination de l'échantillon par des particules de microplastiques, principalement des fibres, présentes dans l'atmosphère ou générées par les équipements en plastique utilisés. En ce sens, il convient de prendre d'importantes précautions pour limiter le risque de contamination, par exemple :

- a) éviter de porter des vêtements synthétiques qui pourraient libérer des fibres plastiques (comme des vêtements en polaire ou des tissus extensibles en lycra/polyamide) pendant les analyses en laboratoire, et privilégier des vêtements en coton pur ; toujours porter une blouse de laboratoire 100 % coton ;
- b) éviter d'exposer l'échantillon à l'air atmosphérique, et donc veiller à couvrir les espaces de laboratoire utilisés pour éviter la contamination ;
- c) ne pas laisser les fenêtres ouvertes pendant l'analyse des échantillons ;
- d) réduire le nombre de personnes présentes dans le laboratoire pendant l'analyse ;
- e) utiliser une chambre à écoulement laminaire (recommandé) ;
- f) couvrir la boîte de Petri avec un couvercle en verre pendant la première analyse au stéréomicroscope ;
- g) placer un papier filtre humide dans une boîte de Petri dans la zone de travail afin de disposer d'un contrôle à blanc à chaque étape représentant l'ensemble du processus de traitement.

#### 5.1.6.2 Équipement du laboratoire

69. Les équipements suivants seront nécessaires lors de l'analyse en laboratoire :

<u>Équipements obligatoires :</u>	<u>Facultatif :</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamis en acier avec mailles de 5 mm ;</li> <li>• Tamis en acier avec mailles de 300 µm ;</li> <li>• Four de séchage ;</li> <li>• Dispositif de filtration ;</li> <li>• Boîtes de Petri (verre) ;</li> <li>• Bocaux/béchers (verre) ;</li> <li>• Pincettes ;</li> <li>• Eau distillée ;</li> <li>• Micromètre ;</li> <li>• Stéréoscope.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Micromètre ;</i></li> <li>• <i>Tamis supplémentaires pour les classes de taille ;</i></li> <li>• <i>Peroxyde d'oxygène ou hydroxyde de potassium ;</i></li> <li>• <i>Four de séchage ou plaque chauffante ou creuset ;</i></li> <li>• <i>Chambre à écoulement laminaire ;</i></li> <li>• <i>Système de pompe à vide et membrane en fibre de verre ;</i></li> <li>• <i>Aiguille à pointe chauffante, microscope optique, spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou spectroscopie Raman.</i></li> </ul>

#### 5.1.6.3 Les cinq étapes de l'analyse en laboratoire

70. L'analyse des échantillons doit suivre les **cinq étapes** suivantes :

71. Étape 1. Tamisage humide :

- a) Verser l'échantillon à travers les tamis en acier de 5 mm et de 330 µm superposés.
- b) *Facultatif : afin de subdiviser les éléments en différentes classes de taille, il est possible de superposer des tamis supplémentaires (par ex. un tamis avec des mailles de 1 mm).*
- c) Rincer le récipient dans lequel les échantillons sont stockés plusieurs fois avec de l'eau distillée, afin de récupérer tous les microplastiques.
- d) La fraction constituée de résidus végétaux ou animaux de plus de 5 mm (retenus par le tamis à plus grande maille) doit être soigneusement rincée avec de l'eau distillée.
- e) *Facultatif : en présence de grandes quantités de matière organique, incubé les échantillons sur une plaque chauffante, dans un creuset ou dans une étuve ( $\leq 40$  °C), en ajoutant à*

*l'échantillon un supplément de 15 % de peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ou de KOH à 10 % pendant l'évaporation, jusqu'à ce que toute la matière organique soit digérée. Veillez à ne pas dépasser une température de 40 °C.*

- f) Pour le processus de digestion, les bocaux contenant les échantillons collectés doivent être conservés à température ambiante pendant 5 jours ou moins, selon la vitesse de digestion. Les bocaux doivent être recouverts de papier d'aluminium ou d'un plat en verre pendant les processus de digestion.
- g) *Facultatif : la matière digérée peut être filtrée à travers une membrane en fibre de verre GF/C, dans une pompe à vide ; rincer plusieurs fois l'entonnoir et la membrane avec de l'eau distillée pour éliminer la matière organique.*

72. Étape 2. Transfert des matières solides tamisées :

- a) Une fois l'échantillon filtré, transférer tous les solides recueillis dans les tamis de 330 µm dans une boîte de Petri à l'aide d'une spatule et d'un rinçage minimal avec un flacon pulvérisateur contenant de l'eau distillée.
- b) S'assurer que tous les solides sont transférés dans les bocaux en verre.

73. Étape 3. Triage visuel des échantillons :

- a) Placer la boîte de Petri sous le stéréomicroscope et procéder à l'identification des microplastiques. Pour cela, les éléments en plastique sont comptés par triage visuel de l'échantillon et il est recommandé de déplacer la boîte de Petri du haut vers le bas et de la gauche vers la droite, puis vice versa, pour faciliter le comptage des particules. Procéder à deux passages sous le stéréomicroscope pour le triage visuel.
- b) Les filaments d'une longueur supérieure à 5 mm doivent également être comptés.
- c) Dans le cas de micro-éléments suspects, utiliser une aiguille à pointe chauffante, un microscope optique ou un équipement de spectroscopie pour détecter s'il s'agit de matières plastiques.
- d) *Facultatif : pour la catégorisation des tailles et afin de subdiviser les éléments collectés en différentes classes de taille, placer une feuille de papier millimétré sous la boîte de Petri. Cette procédure peut également être effectuée avec un micromètre inséré dans l'oculaire ou avec un logiciel d'analyse d'image (par ex. Image J) qui aide à mesurer les microplastiques identifiés.*
- e) Pendant toute la durée du tri visuel des échantillons, un contrôle à blanc sera effectué. Pour cela, une boîte de Petri non couverte et contenant un filtre sera laissée à côté du stéréomicroscope et sera inspectée après chaque échantillon, ce qui permettra de détecter une éventuelle contamination par l'air. La couleur et la forme des particules identifiées dans les blancs seront enregistrées. Si le blanc est contaminé, la quantité des micro-déchets présentant des caractéristiques similaires (par ex. forme, couleur, type de polymère) doit être exclue des résultats du même bain.

74. Étape 4. Catégorisation et classification :

- a) Les particules de microplastiques identifiées doivent être catégorisées et classées.
- b) Les particules de microplastiques qui sont identifiées dans la boîte de Petri en verre doivent être divisées et comptées en fonction de leur forme (c'est-à-dire fibre, filament, film/feuille, fragment, granule, pastille, mousse) et de leur couleur (figure 11).
- c) Types de formes utilisées pour la caractérisation des microplastiques :

- i. Fibre : provient uniquement de textiles. Les fibres sont très flexibles et présentent différentes épaisseurs et couleurs. Elles peuvent être fabriqués à partir de matériaux naturels ou synthétiques.
- ii. Filament : élément filiforme allongé, fin et moins souple qu'une fibre, fabriqué par un polymère artificiel (par ex. ligne de pêche).
- iii. Film/feuille : morceau de plastique souple cassé similaire à du papier d'aluminium. Ces éléments sont plus fins et plus flexibles que les fragments (par ex. morceaux de sacs en plastique).
- iv. Fragment : morceau de plastique dur et cassé, épais, de forme irrégulière.
- v. Granule : forme sphérique, avec un bourrelet de forme ronde régulière.
- vi. Pastille : uniquement d'origine industrielle, de forme irrégulière et ronde, généralement de plus grande taille que les granules.
- vii. Mousse : consistance molle de forme irrégulière ou sphéroïde (par ex. polystyrène, caoutchouc silicone).

75. Il convient de faire attention à bien distinguer les fibres (textiles) et les filaments (polymère artificiel filiforme, par ex. fil de pêche), car les premières doivent pouvoir passer à travers une maille de 330 µm et sont davantage susceptibles de provenir d'une contamination par voie aérienne.

76. La figure 12 illustre les différences entre les fibres et les filaments : les fibres ont généralement un diamètre plus petit et des bords effilochés, et elles présentent souvent un enroulement hélicoïdal à leur extrémité. De plus, les fibres se plient et se déforment lorsqu'on approche une aiguille, (figure 12 : 1 fibre rouge et 2 fibres bleues).

77. Les filaments, quant à eux, ont généralement une forme cylindroïde bien définie, avec des bords nets, et leur couleur est plus uniforme. De plus, les filaments sont plus rigides et moins déformables que les fibres (figure 12 : 2 filaments bleus).

78. La couleur de chaque particule de microplastique doit être enregistrée selon les catégories suivantes : blanc, noir, rouge, bleu, vert et autre couleur (figures 13 et 14). En cas d'encrassement biologique ou de dégradation, le jaune doit être inclus dans la catégorie « blanc » et le brun dans la catégorie « noir », tandis que l'orange et le rose sont inclus dans la catégorie « rouge ». La catégorie « *autre couleur* » comprend toutes les autres couleurs qui ne peuvent pas être précisées, ou les éléments présentant des couleurs différentes sur deux faces. En outre, lorsqu'un fragment présente une couleur différente sur chaque face, il doit toujours être inclus dans la catégorie « *autre couleur* ». Il est possible de procéder à une différenciation plus spécifique lorsqu'elle est pertinente pour un objectif précis (par ex. un projet, etc.).

79. Enfin, pour chaque couleur identifiée, il convient de préciser la transparence, en indiquant dans la colonne appropriée du fichier de données si les éléments sont opaques ou transparents.

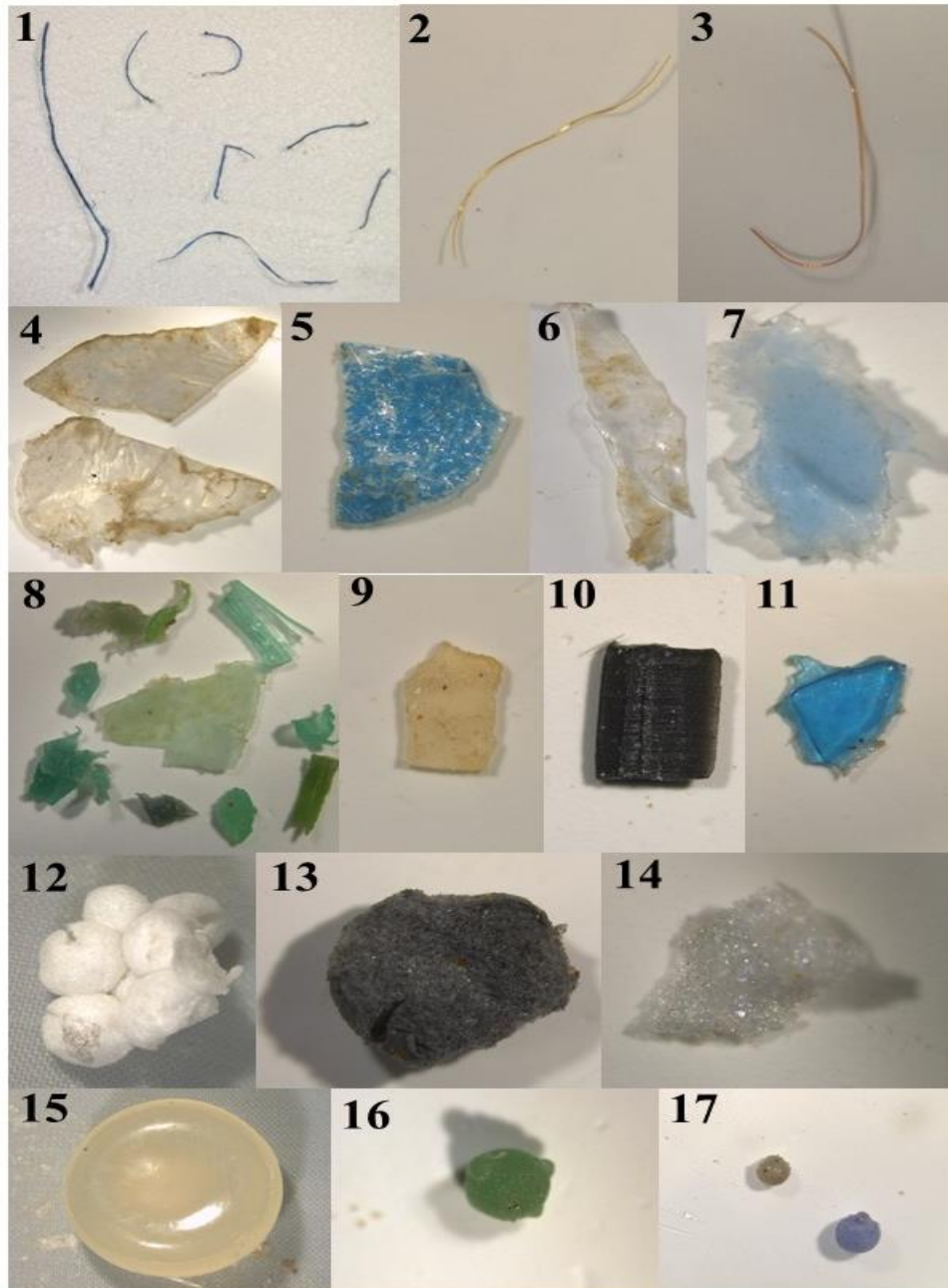
#### 80. Étape 5. Unités de rapportage

Les unités de rapportage pour l'abondance des microplastiques dans les échantillons d'eau sont les suivantes :

Option 1 : Nombre de microplastiques par zone étudiée  
(Nombre de particules/km<sup>2</sup> | Nombre de particules/m<sup>2</sup>)

Option 2 : Nombre de microplastiques par volume  
(Nombre de particules/m<sup>3</sup>)

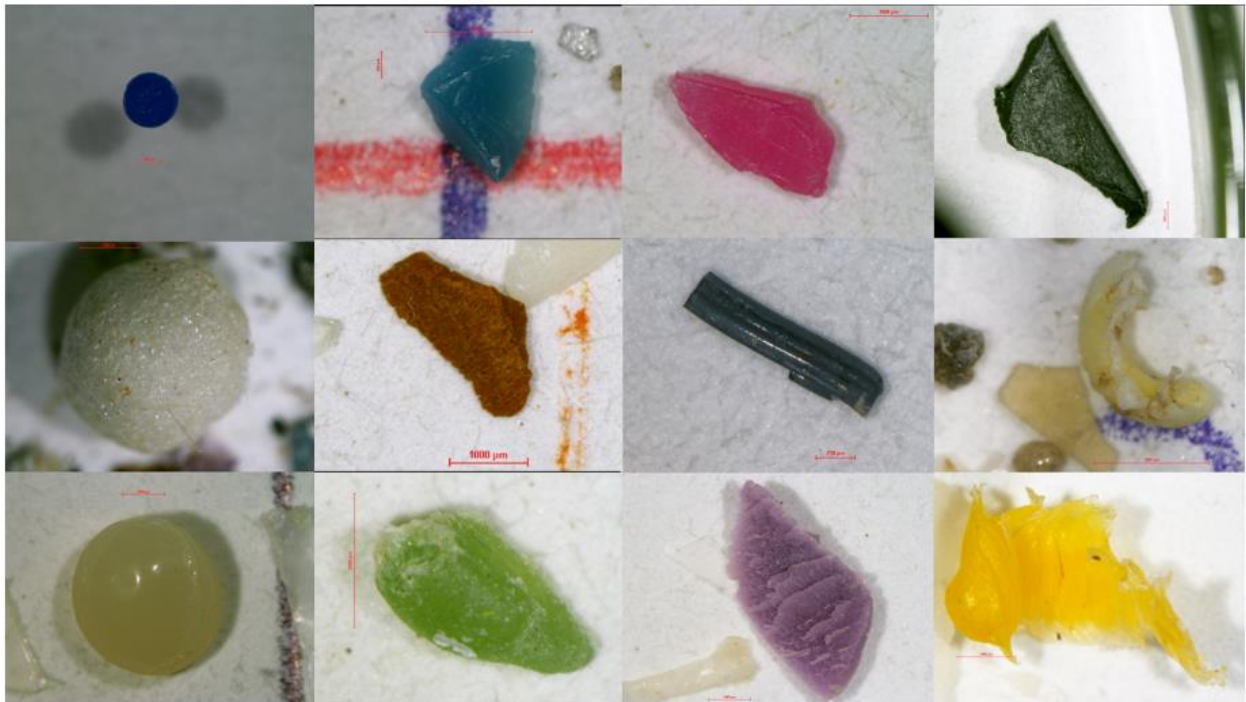
81. Les informations relatives à la forme et à la couleur des microplastiques identifiés sont utiles pour l'identification de la source.



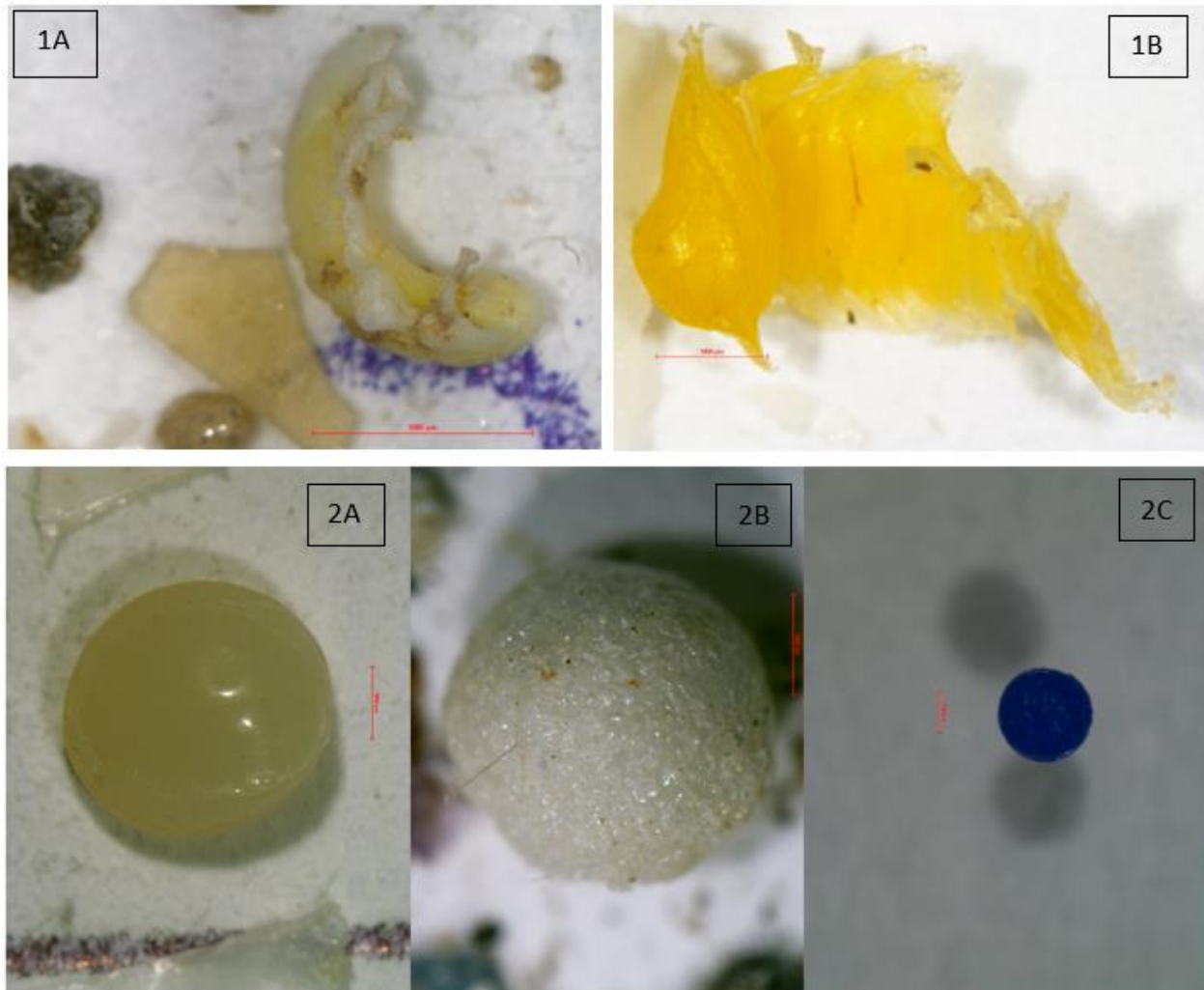
**Figure 11 :** Formes courantes des microplastiques. (1 : fibres, 2-3 : filaments, 4-7 : films, 8-11 : fragments, 12-14 : mousses, 15 : pastille, 16-17 : granules) (Photo : © Ülgen Aytan, Türkiye).



**Figure 12 :** Différences entre les microplastiques en fibres et en filaments (Photo : © Marco Matiddi, Italie).



**Figure 13 :** Différentes couleurs de microplastiques (Photo : © Ofrat Rave, Israël).



**Figure 14 :** Exemples de catégorisation des couleurs pour les microplastiques : [1A] microplastique coloré dégradé à cause d'un encrassement biologique, devant être considéré comme « blanc » ; [1B] microplastique de couleur jaune devant être considéré comme « autre couleur » ; [2A] pastille devant être considérée comme « blanche » (barre d'échelle 1 000  $\mu\text{m}$ ) ; [2B] mousse de couleur blanche (barre d'échelle 1 000  $\mu\text{m}$ ) ; [2C] granule de couleur bleue (barre d'échelle 250  $\mu\text{m}$ ). (Photo : © Ofrat Rave et Yael Segal Israël)

### 5.1.7 Principales observations

82. Les procédures optiques spectrales, telles que la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou la spectroscopie Raman, sont des techniques très importantes pour différencier les microplastiques des matériaux non plastiques et pour vérifier les polymères plastiques, ce qui est également nécessaire pour obtenir des informations utiles sur les sources des matières plastiques présentes à la surface de la mer. Ces instruments peuvent effectuer simultanément le comptage, la mesure de la forme et l'identification des matériaux, mais ils sont coûteux et tous les laboratoires n'ont pas les moyens de s'en équiper. Pour les laboratoires qui ont la possibilité de les utiliser, si le temps et les ressources ne permettent pas d'analyser tous les échantillons, il est recommandé de procéder à une analyse spectroscopique représentative sur un sous-échantillon de 10 % du total, en sélectionnant les microparticules suspectes afin d'en vérifier l'identification visuelle.

83. Il est recommandé (mais pas obligatoire) d'établir une liste de paramètres physiques et chimiques supplémentaires de la colonne d'eau au moyen d'un échantillonnage multiparamétrique intégré. Ces paramètres sont les suivants :

- a) Profondeur (m) ;
- b) Température (°C) ;
- c) Salinité (psu) ;
- d) Oxygène (oxygène dissous - pourcentage de saturation) ;
- e) pH ;
- f) Transparence (m).

## 5.2 Échantillonnage des microplastiques dans la colonne d'eau à l'aide d'une pompe à eau et d'un système de filtration

5.2.1 Caractéristiques de la pompe à eau et du système de filtration :

84. Le système de filtration se compose des éléments suivants : pompe à eau (à essence ou électrique), tuyaux en PVC ou recouverts d'un revêtement, débitmètre, panier/cage pour retenir les plus grosses particules (1-2 cm) - système de préfiltration, système de filtration ou tamis en acier inoxydable (100 µm et/ou 333 µm), poids en plomb (pour maintenir la filtration en place) et cordes en matériaux naturels. Il convient de noter que l'utilisation d'un panier/cage de 1 à 2 cm avant la filtration peut éliminer un groupe de particules de taille importante (1 à 5 cm) du décompte total. Ce groupe de taille peut être important dans les rivières, atteignant ou dépassant 50 % de l'échantillon.

85. Taille des mailles du tamis ou du filtre : pour la filtration de la surface/de la colonne d'eau du fleuve, une taille de maille de 300 ou/et 100<sup>12</sup>µm est suggérée. Le filtre de 300 µm doit être placé au-dessus du filtre de 100 µm). De cette façon, le filtre à plus grandes mailles retient les plus grosses particules, et le filtre plus fin (100 µm) retient les particules plus fines.

86. Caractéristiques d'une pompe à eau :

- a) Taille et poids réduits ;
- b) Capacité suffisante pour effectuer un échantillonnage représentatif (au moins 130 l/min ou 7,8 m<sup>3</sup>/h, voire plus) ;
- c) Peu bruyant ;
- d) Dispose de la plus grande autonomie de fonctionnement possible avec un réservoir plein ;
- e) Permet de pomper l'eau depuis une hauteur de 10 m et plus ;
- f) Système de filtre à fixer, de préférence de 1000 µm, 300 µm et 100 µm<sup>13</sup> (figure 15) ;
- g) Théoriquement équipée d'un débitmètre (Figure 26).

87. Le système de pompage (turbine) ne doit pas interférer avec les particules afin de ne pas modifier leurs propriétés. Il convient d'utiliser des pompes pour particules de grand diamètre.

<sup>12</sup> L'utilisation du filtre de 100 µm permet de retenir les nano plastiques présents dans l'échantillon, tandis que le filtre de 300 µm retient les micro plastiques.

<sup>13</sup> Les différents filtres sont fixés de manière personnalisée (figure 15). D'autres tailles de filtres peuvent également être utilisées en fonction des conditions du fleuve et des capacités des laboratoires respectifs.

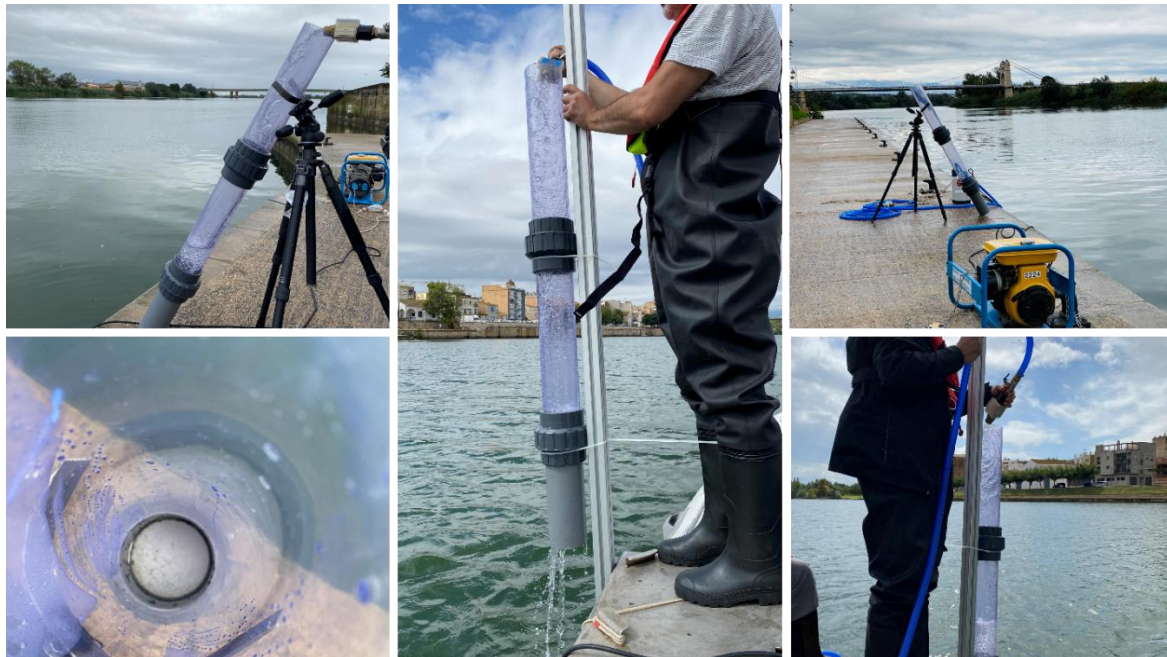
88. Le tableau ci-dessous récapitule les avantages et les inconvénients des pompes à eau :

**Avantages :**

- a. Prélèvement de grands volumes d'eau (minimum de 1 m<sup>3</sup> d'eau) ;
- b. Relativement facile à utiliser ;
- c. Possibilité de choisir différentes tailles de maille (tailles suggérées : 100 - 300 - 1000 µm) ;
- d. Utilisation de trois réplicats ;
- e. Calcul facile de la concentration, exprimée en unité : nombre d'articles/m<sup>3</sup>.

**Inconvénients :**

- a) Nécessite un équipement et une expertise technique spécifiques pour préparer l'installation (non disponibles sur le marché) ;
- b) Fonctionne avec du carburant ou des piles ;
- c) Contamination potentielle par l'appareil <sup>14</sup>;
- d) Peut fragmenter et briser des morceaux et des particules en morceaux et en particules de plus petite taille<sup>13</sup> ;
- e) Peut être difficile à transporter entre les lieux d'échantillonnage.



**Figure 15 :** Installation sur mesure pour le déploiement d'une série de différents filtres pendant les opérations d'échantillonnage (© CEDEX,2021).

<sup>14</sup> Par conséquent, seules les pompes permettant d'éviter ce problème doivent être utilisées





**Figure 26** : Une petite pompe à eau légère équipée d'un débitmètre (© IWRS, 2022).

### 5.2.2 Utilisation des pompes à eau dans les fleuves

89. Lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser un filet manta pour l'échantillonnage des microplastiques à la surface d'un cours d'eau, du fait des concentrations élevées de matière organique ou pour d'autres raisons, l'utilisation d'une pompe eau constitue une option probante donnant de très bons résultats (Prata et al. 2018 ; Tamminga et al. 2019 ; Bordós et al. 2018). L'utilisation de pompes à eau est une approche d'échantillonnage statique permettant l'échantillonnage à partir d'un bateau ancré, d'une berge ou de structures stables (par exemple, des ponts, etc.) (figure 17) (Bordós et al. 2018 ; Prata et al. 2018).



**Figure 17 :** Prélèvement de microplastiques à partir d'un pont, à l'aide d'une pompe à eau (© IWRS, 2020).

90. En ce qui concerne l'échantillonnage, une approche différente est appliquée en raison des différences de densité entre les environnements d'eau douce et d'eau salée, qui peuvent respectivement conduire à des schémas de distribution différents pour les microplastiques dans la colonne d'eau (de manière générale, les microplastiques se situent à une plus grande profondeur dans la colonne d'eau lorsqu'ils se trouvent dans un environnement d'eau douce). C'est pourquoi, il peut être nécessaire d'ajuster la profondeur et l'emplacement en fonction du lieu d'échantillonnage et de la salinité (Prata et al. 2018).

91. L'échantillonnage par pompe consiste à pomper l'eau manuellement ou à l'aide d'un moteur à travers un filtre en ligne. Les pompes à eau permettent de prélever des échantillons d'eau de différents volumes à différentes profondeurs. En raison de la grande variabilité de la distribution spatiale des microplastiques, la zone d'échantillonnage couverte est limitée et l'utilisation d'une pompe peut ne pas être représentative. Par conséquent, il est suggéré de prélever plusieurs réplicats (Zhang et al. 2018). Cependant, les pompes peuvent être utilisées pour collecter de grands volumes d'eau, ce qui peut constituer un avantage dans les zones où l'on anticipe une faible densité de microplastiques (Crawford et Quinn 2017).

92. Compte tenu du fait que dans les eaux douces et/ou saumâtres, les microplastiques sont présents dans toute la colonne d'eau<sup>15</sup>, les pompes à eau peuvent fournir des résultats plus fiables et plus représentatifs que les filets manta. De plus, et pour une considération future, la surveillance du plastique à l'aide de pompes à eau pourrait également soutenir/compléter l'échantillonnage des microplastiques dans les sédiments des rivières, ou faire l'objet d'une mise en œuvre parallèle.

- a) À ce jour, il n'existe pas de directives détaillées ou d'approche commune pour la surveillance des microplastiques flottants à l'aide de pompes à eau dans les zones fluviales, et en particulier dans les eaux douces de surface au niveau méditerranéen. Les présentes directives visent à aborder les aspects pertinents de cette méthode de surveillance et à fournir des conseils aux laboratoires, instituts et autorités publiques des pays méditerranéens concernés. Peu d'études présentent des schémas d'échantillonnage par pompe à eau basés sur une pompe submersible ou à jet, incluant des filtres en acier inoxydable.
- b) Zhao et al., 2014 et Wang et al., 2017 ont utilisé des pompes à basse tension pour filtrer l'eau douce à travers des filtres en acier inoxydable à petites mailles (32-50 µm). Ils n'ont pu échantillonner que de petits volumes d'eau, en raison de la petite taille des mailles et, possiblement, des caractéristiques des lacs ou des estuaires. Dans la mer Baltique, Setala et al. (2016) ont utilisé une pompe submersible haute performance avec des filtres de 100 µm et 300 µm. Ces maillages leur ont permis de filtrer 2 m<sup>3</sup> d'eau, offrant ainsi une meilleure représentativité. Le nombre de particules microplastiques était clairement plus élevé avec le filtre à maille plus fine, notamment dans le cas des fibres plastiques. Fischer et al. (2016) soulignent également que les petites particules sont représentées en plus grande abondance. Parmi les trois options décrites ci-dessus, l'utilisation d'une pompe submersible haute performance avec deux filtres, dont un de 100 µm, semble fournir des résultats plus représentatifs.

### 5.2.3 Conception d'une campagne de surveillance

93. Une pompe à eau doit être utilisée dans la zone fluviale principale et doit donc être déployée de manière à assurer la collecte des eaux de surface. Dans certains cas, la campagne de surveillance peut être conçue de la même façon qu'une campagne basée sur l'utilisation d'un filet manta. À cet égard, le contenu du chapitre 5.1.3 du présent document est tout à fait pertinent pour les campagnes utilisant des pompes à eau.

94. L'échantillonnage doit être effectué de préférence dans trois stations situées à des distances différentes de l'embouchure du fleuve. L'emplacement des stations doit tenir compte des sources potentielles de pollution (par exemple, villes, installations de traitement des eaux usées, installations industrielles, etc.). Il est recommandé, dans la mesure du possible, qu'une des trois stations soit utilisée comme station de « contrôle » (par exemple, à proximité de la source du fleuve ou de l'affluent).

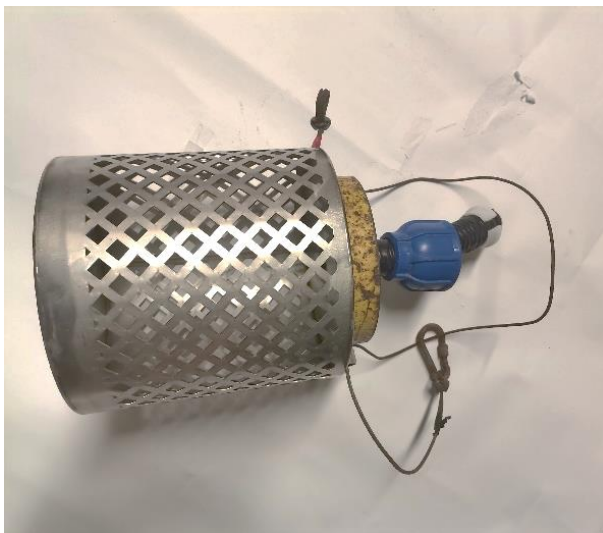
---

<sup>15</sup> En raison de la salinité faible (voire nulle) des eaux douces et/ou saumâtres, les microplastiques ne sont pas systématiquement concentrés dans les couches d'eau de surface comme c'est le cas en mer.

95. Méthode d'échantillonnage : Une fois la pompe à eau positionnée au point d'échantillonnage, le tuyau en Teflon ou en PVC avec un poids en plomb et le système de filtration sont descendus depuis un pont ou un bateau. Pour éviter le colmatage du filtre à maille de 300 µm ou/et de 100 µm (en option), on peut utiliser un panier au-dessus du système (un pré-filtre de 1 cm). Tous les tamis doivent être en acier inoxydable. Le pompage de l'eau implique un effort et une durée d'échantillonnage importants. Pour obtenir une bonne représentativité, il est recommandé de pomper au moins 1 000 litres (1 m<sup>3</sup>), trois (3) fois, à travers la série de filtres connectés. De plus grands volumes d'eau (plus de 1 000 litres) peuvent également être pompés. Dans ce cas, le nombre de particules doit être rapporté à 1 m<sup>3</sup>. La quantité d'eau doit être mesurée à l'aide d'un débitmètre et la profondeur à laquelle le tuyau/tube a été déployé doit être spécifiée et enregistrée.

96. Sur la base de l'expérience de l'Institut de l'eau de la République de Slovénie (IWRS) en matière d'échantillonnage dans les fleuves, deux grandes étapes de séparation sont proposées :

- a) Première étape : réduction du colmatage par la matière organique à l'aide d'un panier en acier (maille plus grande - par exemple, 1 cm) (Figure 18).
- b) Deuxième étape : échantillonnage à travers un système de filtration utilisant des tamis ou des filtres inoxydables à mailles fines (300 µm et/ou 100 µm) (Figure 193). Ce système de filtration se trouve dans un panier en acier (Figure 18).



**Figure 18** : Utilisation d'un panier en acier pour prévenir le colmatage du dispositif d'échantillonnage (© IWRS, 2022).



**Figure 193** : Un tuyau en PVC doté d'un système de filtration avec un tamis en acier inoxydable (100 µm) (© IWRS, 2022).

97. Coordonnées GPS : *Se référer au chapitre 5.1.3.*

98. Position des stations de surveillance : *Se référer au chapitre 5.1.3.*

99. Plusieurs stations de prélèvement doivent être installées sur le fleuve (par exemple, une station située à l'embouchure du fleuve, deux stations placées avant et après un établissement urbain, ou avant et après une installation de traitement des eaux usées). En outre, la profondeur d'échantillonnage, qui comprend la distance entre la surface et le fond, doit être incluse.

100. Réplicats : Il est préconisé de prélever au moins trois réplicats par site, avec un minimum de deux à trois sites d'échantillonnage différents (emplacements). On peut, par exemple, sélectionner un site d'échantillonnage dans l'embouchure du fleuve et deux autres situés avant et après un établissement urbain (ou avant et après une installation de traitement des eaux usées). En outre, il convient de tenir compte des différentes saisons lors de la conception de la campagne d'échantillonnage (par exemple, minimum pendant l'été et l'hiver).

101. Densité des particules microplastiques à la surface de la rivière : La quantité de microplastiques prélevée doit être exprimé en nombre de particules microplastiques par mètre cube ( $m^3$ ) d'eau filtrée :

Les unités de rapportage pour l'abondance des microplastiques dans les échantillons d'eau sont les suivantes :

Option 1 : Nombre de microplastiques par volume  
(Nombre de particules/ $m^3$ )

#### 5.2.4 Prélèvement et stockage des échantillons

*Se référer au chapitre 5.1.5.*

#### 5.2.5 Analyse en laboratoire des échantillons prélevés à l'aide d'une pompe à eau

*Se référer au chapitre 5.1.6.*

#### 5.2.6 Principales observations

*Se référer au chapitre 5.1.7.*

#### 5.2.7 Flotteurs d'échantillonnage

102. Les flux de (micro-)déchets fluviaux pouvant être très variables dans le temps, il peut être utile de prévoir un échantillonnage sur la durée. Ce résultat peut être obtenu par le déploiement sur la durée d'un système de pompage/filtration ou par l'utilisation d'un flotteur d'échantillonnage. Un tel flotteur pourrait être une structure de type catamaran avec un filet d'échantillonnage entre les coques.

103. En fonction de la taille (largeur d'admission) et de la taille des mailles de la grille d'échantillonnage, différentes catégories de déchets peuvent être ciblées. En règle générale, un tel système peut collecter des micro et méso-déchets avec une maille en acier inoxydable de 300  $\mu m$ , bien qu'il soit recommandé de tester au préalable la charge fluviale en débris végétaux et en algues afin de permettre une utilisation efficace d'un tel système. Sur le Rhin, en Allemagne, un système de ce type est déployé dans le cadre d'un projet pilote<sup>16</sup>. Une version plus petite, avec un design ad hoc, pourrait être produite en plus grand nombre et contribuer à un suivi comparable.

---

<sup>16</sup> <https://krake.koeln/projekte/muellfalle/>

104. Bien qu'il faille tenir compte des permis et des problèmes de sécurité liés au déploiement de ces flotteurs, ils permettent de réaliser un échantillonnage sur la durée et d'obtenir des résultats plus représentatifs. Ils peuvent fonctionner sans opérateur et peuvent donc échantillonner pendant de longues périodes et la nuit.

## 6. Synthèse des avantages et des inconvénients des méthodologies proposées

105. Au cours des délibérations du Groupe de travail en ligne sur les déchets marins (OWG-ML), des discussions fructueuses et approfondies ont eu lieu entre les différents experts au sujet des quatre (4) méthodes proposées figurant dans le présent document. Sur la base des avis et des recommandations formulés par les experts, MED POL a synthétisé les avantages et les inconvénients des différentes méthodes afin de fournir des conseils au personnel technique des instituts et des laboratoires compétents de l'IMAP pour choisir une méthode. Cette synthèse est présentée dans le tableau ci-dessous.

Méthode	Avantages	Inconvénients
<b>Surveillance visuelle</b> (Chapitre 4.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fournit une bonne indication et permet de recueillir des informations sur le nombre de déchets flottants observés dans laps de temps donné.</li> <li>b) Méthode simple et peu coûteuse lorsque des observateurs sont utilisés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Des installations spécifiques sont nécessaires lorsque des observateurs sont utilisés (par exemple, un pont d'une hauteur supérieure à 10 m).</li> <li>b) Des ressources sont nécessaires (argent et connaissances) lorsque des caméras sont utilisées, y compris l'utilisation de logiciels.</li> <li>c) Suivi difficile à effectuer pendant plusieurs heures (fatigue des observateurs).</li> <li>d) Les déchets peuvent se déplacer sous la surface et ne sont donc pas détectés.</li> <li>e) Comptage impossible pendant les tempêtes/les hautes eaux, alors que c'est le moment où la plupart des déchets sont transportés en mer.</li> <li>f) Surveillance possible seulement lorsque les eaux sont « calmes ».</li> <li>g) Identification difficile de certains déchets marins (par exemple, les particules de plastique blanc peuvent être confondues avec des particules de papier blanc), ainsi que des éléments proches du seuil inférieur de la taille limite (2,5-3 cm).</li> </ul>
<b>Macro-déchets sur les berges</b> (Chapitre 4.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mise en œuvre peu coûteuse et acquisition rapide des données.</li> <li>b) Harmonisation avec les déchets échoués sur les plages grâce à l'utilisation de la liste MED POL pour les déchets marins sur les plages.</li> <li>c) Ne nécessite aucun équipement spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) L'échantillonnage complet du tronçon de 100 m est difficile.</li> <li>b) L'extrapolation (de 10 m à 100 m) fausse la cohérence des données et les différentes conclusions.</li> <li>c) Collecte et dénombrement des déchets marins qui n'ont pas encore été transportés en mer.</li> </ul>
<b>Utilisation d'un filet manta</b> (Chapitre 5.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Installation et échantillonnage faciles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Echantillonnage en dehors du gradient du fleuve, donc en dehors de la structure fluviale.</li> </ul>

Méthode	Avantages	Inconvénients
<b>Utilisation de pompes à eau (Chapitre 5.2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>b) Bon niveau de connaissance pour cette technique d'échantillonnage autour de la Méditerranée.</li> <li>c) Très bon lien avec les directives du PNUE/PAM pour la surveillance des microplastiques flottants.</li> <li>d) Intégration avec les stations de surveillance des microplastiques flottants.</li> <li>e) Comparabilité avec les données de la surface de la mer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>b) Lors de l'échantillonnage des micro-déchets à la surface du fleuve, de nombreuses particules peuvent ne pas être prélevées en raison de la faible salinité (les micro-déchets flottent dans toute la colonne d'eau).</li> <li>c) Le filet manta peut collecter beaucoup de matières organiques, ce qui peut entraîner un colmatage important ou rendre l'analyse en laboratoire difficile et longue.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Possibilité de pomper à différentes profondeurs.</li> <li>b) Possibilité de pomper 1 m<sup>3</sup> ou plus (tous les résultats doivent être convertis en quantité/m<sup>3</sup>).</li> <li>c) Facilité de transport dans le cas d'une pompe de petite taille.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ne fournit pas d'informations sur les microplastiques flottants (échantillonnage dans la colonne d'eau), sauf s'il est équipé d'un système d'entrée en surface.</li> <li>b) Fragmentation possible des particules due à la pompe (les pompes contenant des lames sont à éviter).</li> <li>c) L'extrapolation peut donner des conclusions/résultats d'évaluation erronés (p. ex, lorsqu'un volume inférieur à 1 m<sup>3</sup> est pompé).</li> <li>d) Pompage limité par la puissance de la pompe (hauteur/durée de pompage)</li> </ul>

## Références

- Abeynayaka, A., Kojima, F., Miwa, Y., Ito, N., Nihei, Y., Fukunaga, Y., Yashima, Y., & Itsubo, N. (2020). Rapid sampling of suspended and floating microplastics in challenging riverine and coastal water environments in Japan. *Water (Suisse)*, 12(7).
- Arcangeli, A., David, L., Aguilar, A., Atzori, F., Borrell, A., Campana, I., Carosso, L., Crosti, R., Darmon, G., Gambaiani, D., Di-Méglio, N., Di Vito, S., Frau, F., Garcia-Garin, O., Orasi, A., Revuelta, O., Roul, M., Miaud, C. et Vighi, M. (2020). Floating marine macro litter: density reference values and monitoring protocol settings from coast to offshore. Results from the MEDSEALITTER project. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 160, 111647, doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111647
- Baini, M., Fossi, M. C., Galli, M., Caliani, I., Campani, T., Finoia, M. G., & Panti, C. (2018). Abundance and characterization of microplastics in the coastal waters of Tuscany (Italy): The application of the MSFD monitoring protocol in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 543-552.
- Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J., Bizzi, S., B'orger, L., Segura, G., et Zalewski, M. (2020). More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature* 588 (7838), 436-441.
- Bordós, G., Urbányi, B., Micsinai, A., Kriszt, B., Palotai, Z., Szabó, I., ... Szoboszlai, S. (2018). Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.10.110.
- Braun, U., Jekel, M., Gerdts, G., Ivleva, N., and Reiber, J. (2018). Discussion Paper Microplastics Analytics. Sampling, Preparation and Detection Methods. Consulté sur <https://bmbf-plastik.de/en/publication/discussion-papermicroplastics-analytics>.
- Bruge, A., Barreau, C., Carlot, J., Collin, H., Moreno, C., Maison, P. 2018. Monitoring litter inputs from the Adour River (Southwest France) to the marine environment. *Journal of Marine Science and Engineering*. 6, 24 p.
- Cedre. 2022. Construction du réseau national de surveillance des macrodéchets issus des bassins hydrographiques. Bilan des actions 2020-2021. Rapport d'étude. (En français).
- Cole, M., Webb, H., Lindeque, P. K., Fileman, E. S., Halsband, C., et Galloway, T. S. (2014). Isolation of microplastics in biotrich seawater samples and marine organisms. *Scientific Reports*, 4(1), 4528.
- Crawford, C. B., et Quinn, B. (2017). Microplastic identification techniques. *Microplastic Pollutants*, 219–267. doi:10.1016/b978-0-12-809406-8.00010-4.
- Crosti, R., Arcangeli, A., Campana, I., Paraboschi, M., & González-Fernández, D. (2018). 'Down to the river': amount, composition, and economic sector of litter entering the marine compartment, through the Tiber river in the Western Mediterranean Sea. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 29(4), 859-866
- Curmi, M. et Axiak, V. (2021). Extended study on floating litter in Malta's coastal waters (Central Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 166, 112200, doi:10.1016/j.marpolbul.2021.112200
- Currie, J.J., Stack, S.H., McCordic, J.A. et Kaufman, G.D. (2017). Quantifying the risk that marine debris poses to cetaceans in coastal waters of the 4-island region of Maui. *Marine Pollution Bulletin*, 121, p. 69.
- Devriese, L. I., van der Meulen, M. D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., et al. (2015). Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1), 179-187.
- Dhivert, E., Phuong, N.N., Mourier, B., Grosbois, C., et Gasperi, J. (2022). Microplastic trapping in dam reservoirs driven by complex hydrosedimentary processes (Villerest Reservoir, Loire River, France). *Water Research* 225 (2022) 119187. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119187>.
- Falkenmark, M., Folke, C., et Ripl, W. (2003). Water: the bloodstream of the biosphere. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Science* 358 (1440), 1921–1934.



- Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., Tamminga, M. (2016): Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments: A case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental Pollution*, 213, p. 648-657. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.012>.
- Frias, J.P. et Nash, R., (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, p. 145-147.
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., Kinsey, S., Thompson, R., van Franeker, J., Vlachogianni, T., Scoullou, M., Mira Veiga, J., Palatinus, A., Matiddi, M., Maes, T., Korpinen, S., Budziak, A., Leslie, H., Gago, J., Liebezeit, G. 2013. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. EUR 26113 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-32709-4, doi: 10.2788/99475.
- Geraeds, M., van Emmerik, T., de Vries, R., et bin Ab Razak, M. S. (2019). Riverine Plastic Litter Monitoring Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Remote Sensing*, 11(17).
- González-Fernández, D., Cózar, A., Hanke, G. et al. Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean. *Nat Sustain* 4, 474–483 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00722-6>
- González, D., Hanke, G., Tweehuysen, G., Bellert, B., Holzhauser, M., Palatinus, A., Hohenblum, P., et Oosterbaan, L. (2016). Riverine Litter Monitoring - Options and Recommendations. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; EUR 28307; doi:10.2788/461233.
- González-Fernández, D., Hanke, G., et le réseau RiLON, Floating Macro Litter in
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., et Zarfl, C., (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature* 569 (7755), 215-221.
- European Rivers - Top Items, EUR 29383 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-96373-5, doi:10.2760/316058, JRC108172
- Hidalgo-Ruz, V. ; Gutow, L. ; Thompson, R.C. ; Thiel, M. Microplastics in the marine environment : A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science Technology*, 2012, 46, 3060-3075.
- JRC, (2013). Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. Prepared by: Galgani F, Hanke G, Werner S, Oosterbaan L, Nilsson P, Fleet D, Kinsey S, Thompson RC, van Franeker J, Vlachogianni Th, Scoullou M, Veiga JM, Palatinus A, Matiddi M, Maes T, Korpinen S, Budziak A, Leslie H, Gago J, Liebezeit G. Série Recherche scientifique et technique, Luxembourg : Publications Office of the European Union, EUR 26113 EN.
- Löder, M. G. J., Kuczera, M., Mintenig, S., Lorenz, C., et Gerdt, G. (2015). Focal plane array detector-based micro-Fouriertransform infrared imaging for the analysis of microplastics in environmental samples. *Environmental Chemistry*, 12(5), 563-581.
- Löder, M.G.J., Imhof, H.K., Ladehoff, M., Loschel, L.A., Lorenz, C., Mintenig, S. et al. (2017). Enzymatic purification of microplastics in environmental samples. *Environmental Science and Technology*, 51(24), 14283-14292. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03055> . Consulté le 13 janvier 2021.
- Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K., et Mayes, A. G. (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7(1), 44501.
- Manghi M., Manghi, G., Dodaro, G., Crosti R. (2022). Assessing riverine macro litter flux using free-floating trackers and a GIS automated data representation and analysis. 7th International Marine Debris Conference 18-23 September 2022, Busan, Republic of Korea.
- Marsalek J. (2003). Road salts in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates. *Water Science & Technology*, 48 (2003), p. 61-70.
- MEDSEALITTER consortium (2019). Deliverable 4.6.1 – Common monitoring protocol for marine litter. [https://medsealitter.interreg-med.eu/what-we-achieve/deliverable-database/detail/?tx\\_elibrary\\_pi1%5Blivable%5D=6774&tx\\_elibrary\\_pi1%5Baction%5D=show&tx\\_elibrary\\_pi1%5Bcontroller%5D=Frontend%5CLivable&cHash=3a505bc70229244a185e86ddb84f1fed](https://medsealitter.interreg-med.eu/what-we-achieve/deliverable-database/detail/?tx_elibrary_pi1%5Blivable%5D=6774&tx_elibrary_pi1%5Baction%5D=show&tx_elibrary_pi1%5Bcontroller%5D=Frontend%5CLivable&cHash=3a505bc70229244a185e86ddb84f1fed).

- Norén F. & Naustvoll L. (2010). Survey of microscopic anthropogenic particles in skagerrak. TA. (2779. 1-20).
- OSPAR, 2020. [CEMP Guideline for marine monitoring and assessment of beach litter](#). EIHA(2) WP 20/01/04-Add.1.
- Prata, J.C., da Costa, J.P., Duarte, A.C. et Rocha-Santos, T., (2019). Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: a critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, p. 150-159.
- Rech, S., Macaya-Caquilpan, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Campodonico, C. K., et Thiel, M. (2015). Sampling of riverine litter with citizen scientists - findings and recommendations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(6).
- Rødland E.S., Okoffo E.D., Rauert C., Heier L.S., Lind O.C., Reid M., Thomas K.V., Meland S. (2020). Road de-icing salt: Assessment of a potential new source and pathway of microplastics particles from roads. *Science of The Total Environment*, Vol. 738, 139352, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139352>.
- Schirinzi, G. F., Köck-Schulmeyer, M., Cabrera, M., González-Fernández, D., Hanke, G., Farré, M., & Barceló, D. (2020). Riverine anthropogenic litter load to the Mediterranean Sea near the metropolitan area of Barcelona, Spain. *Science of the Total Environment*, 714.
- Schone Rivieren. 2017. [Handleiding Voor Monitoring](#). (consulté le 21 avril 2020). (*En néerlandais*).
- Setala, O., Magnusson, K., Lehtiniemi, M., Noren, F. (2016): Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: A comparison of two sampling methods. *Marine Pollution Bulletin*, 110, p. 177-183. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.065>.
- Tagg, A. S., Harrison, J. P., Ju-Nam, Y., Sapp, M., Bradley, E. L., Sinclair, C. J. et Ojeda, J. J. (2017). Fenton's reagent for the rapid and efficient isolation of microplastics from wastewater. *Chemical Communications*, 53(2), p. 372-375.
- Tan, I. (2022). Preliminary Assessment of Microplastic Pollution Index: A Case Study in Marmara Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(7).
- Tammenga, M., Stoewer, S.-C., & Fischer, E. K. (2019). On the representativeness of pump water samples versus manta sampling in microplastic analysis. *Environmental Pollution*, 112970. doi:10.1016/j.envpol.2019.112970.
- Tramoy, R., Gasperi, J., Dris, R., Colasse, L., Fisson, C., Sananes, S., et al. (2019). Assessment of the Plastic Inputs from the Seine Basin to the Sea Using Statistical and Field Approaches. *Frontiers in Marine Science*, 6, 151.
- Uhlmann, D., Paul, L., Hupfer, M., et Fischer, R. (2011). 2.08 - Lakes and Reservoirs. In P. Wilderer (Ed.), *Treatise on Water Science* (p. 157–213). Oxford: Elsevier.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2020). *Monitoring Plastics in Rivers and Lakes: Guidelines for the Harmonization of Methodologies*. Nairobi.
- PNUE/PAM, 2016. Programme de surveillance et d'évaluation intégrées.
- van der Wal, M., M. van der Meulen, G. Tweehuysen, M. Peterlin, A. Palatinus, M. Kovač Viršek, L. Coscia et A. Kržan (2015). Identification and Assessment of Riverine Input of (Marine) Litter. Final Report for the European Commission DG Environment under Framework Contract No ENV.D.2/FRA/2012/0025 (SFRA0025).
- van Emmerik, T., Kieu-Le, T.-C., Loozen, M., van Oeveren, K., Strady, E., Bui, X.-T., et al. (2018). A Methodology to Characterize Riverine Macroplastic Emission into the Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 5, 372. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00372>.
- van Emmerik, T., Roebroek, C., de Winter, W., Vriend, P., Boonstra, M., and Hougee, M. (2020). Riverbank macrolitter in the Dutch Rhine–Meuse delta. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104087.
- van Lieshout, C., van Oeveren, K., van Emmerik, T., & Postma, E. (2020). Automated River Plastic Monitoring Using Deep Learning and Cameras. *Earth and Space Science*, 7(8).

- Wang, W., Ndungu, A. W., Li, Z., Wang, J. (2017): Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of The Total Environment*, 575, p. 1369-1374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.213>.
- Watkins L., McGrattan S., Sullivan P.J., et Walter, M.T. (2019). The effect of dams on river transport of microplastic pollution. *Science of the Total Environment* 664 (2019) 834–840. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.028>
- Wu, F., Wang, J., Jiang, S., Zeng H., Wu, Q., Chen Q., et Chen J. (2022). Effect of cascade damming on microplastics transport in rivers: A large-scale investigation in Wujiang River, Southwest China. *Chemosphere* 299 (2022) 134455. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134455>
- Zhang, K., Gong, W., Lv, J., Xiong, X., et Wu, C. (2015). Accumulation of floating microplastics behind the three Gorges Dam. *Environmental Pollut.* 204, 117e123.
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., Li, D. (2014): Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 86, p. 562-568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.032>.