

Impact de la morphologie fluviale sur le temps de résidence et la fragmentation des déchets plastiques en rivière

Contexte

A l'échelle mondiale, la production de plastique annuelle avoisine aujourd'hui les 400 Mt/an, et la production de déchets plastiques les 250 à 300 Mt/an, parmi lesquels 5 à 30 Mt/an seraient déversées dans l'environnement (Cottom et al., 2024). Ces débris peuvent être transportés par le vent ou le ruissellement jusqu'aux cours d'eau. Ils peuvent également connaître une fragmentation physique ou biochimique en débris plus petits, mésoplastiques (taille < 5 cm) ou microplastiques (taille < 0.5 cm). Cette pollution macro- et microplastique constitue un danger pour les écosystèmes (Lechthaler et al., 2020).

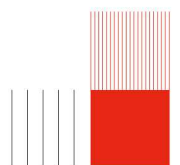
Les fleuves émettent à l'échelle globale de l'ordre d'un à deux millions de tonnes par an de plastique vers les océans, faisant du réseau hydrographique de surface un vecteur de transfert majeur vers les eaux océaniques. Cela représente cependant moins de 5% des déchets plastiques émis sur les continents (Meijer et al., 2021). Les rivières sont donc des réservoirs de macroplastiques avec des temps de résidence variables qui peuvent dépasser la décennie, et où ces macroplastiques sont soumis à des processus complexes de piégeage et de remobilisation (Van Emmerik et al., 2022; Tramoy et al., 2020). La quantification des macroplastiques stockés autour des rivières ainsi que de leur potentiel de remobilisation est donc un enjeu important afin de mieux quantifier ces flux.

Parmi les lieux de stockage temporaire de plastique sur le continuum rivière, on identifie notamment le stockage diffus le long des berges (Mennekes et al., 2024). Ce stockage est important surtout sur les berges peu pentues, avec un courant faible ou nul, une végétation importante et des accumulations de bois mort (Bruge et al., 2018; Cesarini et Scalici, 2022; Liro et al., 2022, 2025). Les caractéristiques du macroplastique (taille, forme, polymère, densité) ont également un impact sur son lieu et mode de stockage (Liro et al., 2022; Schwarz et al., 2019). Cette variabilité des modes de rétention selon les caractéristiques de la berge et du macroplastique (sachet piégé dans la végétation ou bouteille à la flottabilité importante déposée sur les sédiments) est susceptible d'impacter le temps de résidence du macroplastique dans le lit majeur (Ledieu et al., 2023; Ivar do Sul et al., 2014). Les différents polymères sont associés à des risques environnementaux différents (Lithner et al., 2011), et il reste pourtant difficile de prendre en compte cette diversité des déchets plastiques dans les modèles de transport dans l'environnement (Mennekes et al., 2024).

En plus des impacts directs de la présence de macroplastiques sur les écosystèmes de la rivière (Blettler et Mitchell, 2021), un important temps de résidence sur le lit majeur laisse place à une possible fragmentation physique et/ou biochimique en méso- et microplastiques sur les sites de dépôts (Ledieu et al., 2024). A nouveau, le potentiel de fragmentation d'un macroplastique dépend à la fois de facteurs qui lui sont intrinsèques (polymère, forme et rapport surface/masse, altération préalable de l'objet, ...) et de facteurs environnementaux (exposition à la lumière, à l'eau et/ou au courant...) (Liro et Van Emmerik, 2023). Cela pourrait conduire à une dégradation dépendante du temps passé en transport ou sur chaque site de dépôt (végétation, fréquence de submersion). Ces mécanismes commencent à être étudiés sur le terrain mais sont encore difficiles à quantifier (Liro et al., 2024).

Modèle d'étude : le bassin du Rhône :

Le bassin du Rhône est constitué d'affluents aux bassins versants et aux régimes hydrologiques divers (Delile et al., 2020). Cette diversité climatique et morphologique pour des niveaux de pollution d'ordres de grandeur similaires fait du bassin un terrain intéressant pour comprendre ce qui régit le temps de résidence et le devenir des déchets plastiques dans les rivières. De plus, plusieurs rivières du bassin (l'Ardèche, la Drôme, l'Isère, l'Ain, le Rhône en amont de la confluence avec l'Ain) ont fait l'objet d'études sur le flux et le stockage de bois mort, dont il a été montré que l'hydrologie et la morphologie impactent la localisation des sites de dépôt (Piégay et al., 1997; 2017; MacVicar et Piégay, 2012; Hortobágyi et al., 2024). Cela permet de cibler des sites qui ont déjà fait l'objet de suivi des stocks et flux de bois mort, via quantification des dépôts, suivi caméras ou extractions au niveau des barrages. Par ailleurs, de premières observations sur la Saône ont permis de mettre en évidence le stockage de macroplastiques de tailles, textures et polymères différents selon la morphologie et la végétation des sites, ce qui pourrait indiquer l'existence de mécanismes de piégeage différents et donc, de temps de résidence variables.



Objectif de la thèse

Le projet a pour objectif principal de déterminer le temps de résidence d'un déchet plastique dans un cours d'eau et son potentiel de fragmentation en microplastiques. Pour cela, il est nécessaire d'identifier les mécanismes et facteurs du stockage et de la fragmentation. Quantifier et modéliser ces mécanismes impliquent une étude des sources et des stocks tenant compte de la diversité hydromorphologique des cours d'eau et de la diversité des macroplastiques.

Des secteurs de l'Ain, du Haut-Rhône et de la Saône dont les sites de dépôt de bois mort sont déjà en partie connus ont été sélectionnés. Ils feront l'objet d'une part d'une étude des flux de macroplastique via comptage visuel ou quantification des extractions au niveau des flottants/rafts à l'amont des barrages. Un suivi vidéo pourra également être mis en place sur certains sites (Hortobágyi et al., 2024). D'autre part, le stock sur un tronçon de morphologie homogène sera évalué grâce à une étude ciblée sur les dépôts de crue ; en mobilisant entre autres des sciences participatives avec un réseau d'écoles. Sur quelques sites représentatifs des différents compartiments du lit majeur des rivières, le temps de résidence moyen des plastiques sera évalué avec deux méthodes : 1/ Marquage des macroplastiques et suivi entre les crues sur une saison du dépôt ou remobilisation 2/ Utilisation de l'état de dégradation des macroplastiques comme proxy du temps de résidence dans la rivière, via une analyse en spectroscopie infrarouge (FTIR) des items les plus courants (Mostefaoui et al., 2025). Enfin, sur deux zones d'accumulation particulièrement pérennes, le potentiel de fragmentation des macroplastiques sera évalué via lessivage et identification des microplastiques par micro-FTIR. Un échantillonnage à haute résolution spatiale des sédiments permettra d'identifier la contribution des accumulations de déchets à la pollution microplastique retrouvée in situ.

Ce projet permettra ainsi de développer une approche pluridisciplinaire permettant de mieux suivre les impacts de la pollution plastique dans les hydrosystèmes, ceci afin de mieux appréhender les politiques publiques et les pratiques à mettre en place pour réduire la présence des déchets dans les rivières.

Profil recherché

Le profil attendu privilégie une formation de base en géosciences, génie de l'environnement, hydrologie et/ou des compétences en modélisation. Un goût prononcé pour le travail expérimental ainsi que le travail de terrain et une capacité à travailler aux interfaces disciplinaires sont fortement recommandés.

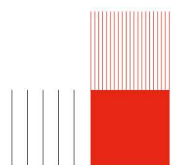
Environnement

Le travail sera réalisé au sein du laboratoire LEHNA de l'ENTPE. Il s'inscrit dans l'environnement des collaborations entre le laboratoire DEEP et le LEHNA sur la thématique pollution plastique : projets TRANSPLAST (ANR 2023) et PROMES (Carnot Eau & Environnement, 2024).

Contacts

Dr. Brice MOURIER (UMR 5023 [LEHNA](#), [ENTPE](#)) : brice.mourier@entpe.fr

Pr. Rémy BAYARD (laboratoire [DEEP](#), [INSA de Lyon](#)) : remy.bayard@insa-lyon.fr



Impact of Fluvial Morphology on Residence Time and Fragmentation of Plastic Waste in Rivers

Context

The global plastic production is currently close to 400 Mt/year, with plastic waste production reaching 250 to 300 Mt/year, of which 5 to 30 Mt/year are estimated to be released into the environment (Cottom et al., 2024). These plastic debris can be transported by wind or runoff into waterways, where they may undergo physical or biochemical fragmentation into smaller debris, classified as mesoplastics (<5 cm) or microplastics (<0.5 cm). Macro- and microplastic pollution is a significant threat to ecosystems (Lechthaler et al., 2020).

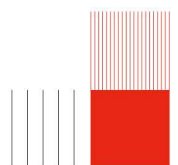
Rivers globally emit approximately one to two million tons of plastic annually to the oceans. The surface hydrographic network is therefore a major transport pathway. However, this represents less than 5% of plastic waste generated on continents (Meijer et al., 2021). Rivers thus act as reservoirs of macroplastics with variable residence times that can exceed a decade. These macroplastics undergo complex trapping and remobilization processes (Van Emmerik et al., 2022; Tramoy et al., 2020). Quantifying stored macroplastics along riverbanks and their remobilization potential is crucial for better assessing these fluxes.

Riverbanks are one of the major temporary storage sites for plastics along the river continuum (Mennekes et al., 2024). This storage is particularly significant on low-slope banks with still or calm waters, dense vegetation, and wood jams (Bruge et al., 2018; Cesarini et Scalici, 2022; Liro et al., 2022, 2025). The properties of a macroplastic (size, shape, polymer type, density) also impact its storage area (Liro et al., 2022; Schwarz et al., 2019). The variability of retention modes depending on bank characteristics and macroplastics properties (e.g., a plastic bag trapped in the vegetation vs. a buoyant bottle deposited on sediments) likely affects macroplastics residence time in the floodplain (Ledieu et al., 2023; Ivar do Sul et al., 2014). The different plastic polymers pose various environmental risks (Lithner et al., 2011), yet incorporating this diversity into environmental transport models remains challenging (Mennekes et al., 2024).

Beyond the direct threats to the river ecosystem caused by macroplastics (Blettler et Mitchell, 2021), prolonged macroplastic residence time in floodplains allows for potential in situ physical and/or biochemical fragmentation into meso- and microplastics (Ledieu et al., 2024). The fragmentation potential depends both on the macroplastics properties (polymer type, shape, surface-to-mass ratio, pre-existing degradation) and on environmental factors (exposure to light, water, and flow conditions) (Liro et Van Emmerik, 2023). This may lead to various degradation patterns depending on transport duration or storage in specific deposition sites (vegetation, submersion frequency). While these mechanisms are beginning to be studied in the field, quantification remains difficult (Liro et al., 2024).

Study Model: The Rhône Basin

The Rhône basin consists of tributaries with diverse watershed and hydrological regimes (Delile et al., 2020). This climatic and morphological diversity, combined with similar plastic pollution levels, makes it an interesting study area to understand the drivers of plastic waste residence time and fate in rivers. Additionally, several rivers within the basin (Ardèche, Drôme, Isère, Ain, and the upper Rhône before its confluence with the Ain) have been studied for wood flux and storage. Hydrology and morphology have been shown to influence deposition site locations (Piégay et al., 1997; 2017; MacVicar et Piégay, 2012; Hortobágyi et al., 2024). This allows targeting sites where wood stocks and fluxes have already been monitored through deposit quantification, camera surveillance, or extractions at dams. Preliminary observations on the Saône have highlighted differentiated storage of macroplastics based on site morphology and vegetation, suggesting different trapping mechanisms and residence times.



Objective

The primary objective of this project is to determine the residence time of a plastic waste in rivers and its fragmentation potential into microplastics. To achieve this, it is essential to identify the storage and fragmentation mechanisms and their influencing factors. To quantify and model these processes, it is necessary to take into account both macroplastics properties and river hydromorphological diversity.

Selected study areas include the Ain, upper Rhône, and Saône, where wood deposition sites have been previously investigated. Macroplastic fluxes will be assessed through visual counting and quantification of extracted plastics at floating rafts upstream of dams. Video monitoring can be used at certain sites. The quantification of the macroplastic stock will be conducted in homogeneous river reaches through targeted surveys on flood deposits, involving a citizen science project with schools. On some representative sites, the residence time of plastics will be estimated through two approaches: tracking marked macroplastics and monitoring their deposition or remobilization between flood events over a season, and analyzing degradation states using infrared spectroscopy (FTIR) as a proxy for residence time. Additionally, the fragmentation potential of macroplastics will be assessed at two long-term accumulation zones through leaching experiments and micro-FTIR identification of microplastics. High spatial resolution sediment sampling will help determine the contribution of plastic waste accumulations to microplastic pollution observed in situ.

This multidisciplinary approach will improve the monitoring of plastic pollution impacts in rivers. It will also contribute to improved public policies and practices to mitigate plastic waste in fluvial environments.

Expected profile

The ideal profile favors a background in geosciences, environmental engineering, hydrology, and/or expertise in modeling. A strong interest in experimental work, as well as fieldwork, and the ability to work at disciplinary interfaces are highly recommended.

Environnement

The work will be carried out in the LEHNA laboratory at ENTPE. It is part of the environment of collaborations between the DEEP laboratory and LEHNA on the theme of plastic pollution: TRANSPLAST (ANR 2023) and PROMES (Carnot Eau & Environnement 2024) projects.

Contacts

Dr. Brice MOURIER (UMR 5023 [LEHNA](#), [ENTPE](#)) : brice.mourier@entpe.fr

Pr. Rémy BAYARD (laboratoire [DEEP](#), [INSA de Lyon](#)) : remy.bayard@insa-lyon.fr

