

Dynamique de transfert des macrodéchets plastiques en estuaire de Loire : trajectoires et facteurs d'influence

Transfer processes of plastic macrodebris in the Loire estuary: trajectories and influencing factors

L. Ledieu^{1,2}, R. Tramoy, D. Mabilais^{1,2}, S. Ricordel^{1,2}, L. Verdier^{1,2}, B. Tassin, J. Gasperi^{1,2}

¹ GERS-LEE, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, F-44344 Bouguenais, France.

lauriane.ledieu@univ-eiffel.fr; johnny.gasperi@univ-eiffel.fr

² Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville IRSTV, CNRS, 1 rue de la Noë, 44321 Nantes Cedex 3, France.

³ Univ Paris Est Créteil, LEESU, F-94010 Créteil, France.

⁴ Ecole des Ponts, LEESU, F-77455 Champs-sur-Marne, France.

RÉSUMÉ

La quantification des flux de macrodéchets transférés par les fleuves suscite de plus en plus d'études scientifiques mais une meilleure appréciation de ces flux nécessite une compréhension fine de la dynamique de transfert des macrodéchets en milieu estuarien, interface entre le milieu continental et le milieu océanique. A l'image de ce qui a été réalisé sur la Seine dans le cadre du projet Macro-Plast, cette étude cherche à caractériser la trajectoire de ces déchets plastiques en estuaire de Loire et à déterminer les facteurs régissant leur dynamique de transfert. Dans ce but, des bouteilles plastiques ont été équipés de balises GPS et lâchés au niveau et en aval de l'agglomération Nantaise. Les distances totales parcourues varient fortement, fluctuant entre 100 m et 103,6 km, mais sont plus faibles que celles mesurées en Seine. La morphologie particulière de l'estuaire de Loire (berges à pentes faibles, zones submersibles, roselières) donne effectivement lieu à des échouages rapides et une remobilisation difficile des macrodéchets plastiques. La flottabilité des déchets semble jouer un rôle important dans les distances parcourues ainsi que les capacités d'échouage et de remobilisation. Ces résultats montrent que le transfert de ces déchets est chaotique et influencé par de nombreuses variables. Sur les 35 trajectoires réalisées, aucun déchet n'a réussi à atteindre l'Océan Atlantique, interrogeant sur les flux réels des milieux continentaux vers les océans.

ABSTRACT

The quantification of macrodebris fluxes transferred by rivers generates increasing scientific researches but a better assessment of these fluxes requires a precise understanding of macrodebris transfer processes in estuarine environments, connecting continental areas and marine environments. Like the strategy adopted in the Seine estuary for the Macro-Plast project, this study aims to characterize macrodebris trajectories in the Loire estuary and to determine the factors driving their transfer processes. Therefore, plastic bottles were equipped with GPS-trackers and were released at and downstream Nantes Métropole. The total distances travelled were highly variable, ranging from 100 m to 103.6 km, but were globally lower than those measured in the Seine River. Indeed, the morphology of the Loire River (riverbanks with low slope, submersible areas, reedbeds) actually lead to a fast stranding and hard remobilization of plastic macrodebris. Moreover, it appears that the buoyancy plays a key role in the transfer speed, the total distances and the stranding/remobilization capacities. These results highlight that macrodebris transfer processes are chaotic and influenced by numerous factors. Among the 35 monitored trajectories, no macrodebris reached the Atlantic Ocean, which raises question on the real fluxes transferred from continental areas to oceans.

MOTS CLES

Déchets plastiques, échouages, estuaire, Loire, trajectoires

1 INTRODUCTION

Depuis Jambeck et al. (2015), de nombreuses études ont cherché à quantifier les flux de plastique exportés vers le milieu marin mais leurs estimations, comprises entre 0,41 et 4 millions de tonnes par an, reposent sur de nombreuses hypothèses et s'accompagnent de fortes incertitudes. La connaissance du devenir des déchets plastiques dans le continuum Terre-Mer est effectivement limitée. Cette connaissance est pourtant nécessaire d'une part pour juger de la fiabilité des flux exportés estimés, d'autre part pour établir des stratégies efficaces de réduction de la pollution plastique à une échelle globale (Meijer et al., 2021).

Le projet Plasti-nium (2021-2025), financé par la Région Pays de la Loire et Nantes Métropole, porte sur l'étude des débris plastiques dans le continuum Terre – Mer. Un des objectifs de ce projet est d'étudier le transfert de ces déchets sur une large échelle temporelle et spatiale, dans la Loire et son estuaire. Cette compréhension permettrait notamment de mieux appréhender les estimations de flux transférés vers les océans. Ce projet a également pour ambition d'apporter des éléments scientifiques aux politiques publiques pour proposer de meilleures stratégies de gestion des déchets avec les opérationnels et gestionnaires locaux et régionaux.

Pour répondre à ces ambitions, la trajectoire des déchets plastiques est étudiée via des lâchers de bouteilles plastiques équipées de traceurs GPS à différents endroits en estuaire de Loire, de façon similaire à l'approche déployée par Tramoy et al. (2020) en Seine. Comparer les résultats de cette étude avec la Seine est extrêmement important car même si les estuaires de la Seine et de la Loire ont des marnages équivalents, ils présentent une géomorphologie très différente. L'estuaire de la Seine est méandrée, a des berges peu végétalisées et pentues tandis que celui de la Loire est ouvert, a des berges souvent végétalisées et faiblement pentues.

2 METHODE

Des bouteilles de flottabilités différentes (flottantes et quasi immergées) ont été équipées de balises GPS et lâchées dans la Loire au niveau et en aval de Nantes Métropole (points kilométriques entre 24 et 72 ; pk 0 à St Nazaire). Des trajectoires (n = 35) ont ainsi pu être acquises et étudiées entre janvier 2020 et juillet 2021. Différentes variables telles que la distance parcourue, les vitesses de transfert, le nombre d'échouage et de remobilisations sont calculés et mis en parallèle de variables hydro-climatiques (débit initial, coefficient de marée, marnage). Parmi les 35 trajectoires acquises, 20 correspondent à des lâchers simultanés de balises flottantes et semi-immersées. Les relations sont ainsi également comparées selon les différentes flottabilités des balises.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Quel devenir des déchets plastiques en Loire ?

Les distances totales parcourues par les balises GPS sont fortement variables, oscillant entre 100 m et 103,6 km. Les distances nettes, c'est-à-dire la différence entre la position initiale et finale, sont plus faibles, comprises entre 6,4 et 59 km. La différence entre les distances nettes et totales parcourues indique un effet des ondes de marées sur les trajectoires acquises. Les balises GPS ont été laissées jusqu'à 3 mois sur le terrain mais n'ont passé qu'une demi-heure à 4 jours dans le fleuve, suggérant de rapides échouages sur les berges de la Loire. Sauf une balise dont le signal a rapidement été perdu, toutes présentent effectivement au moins une phase d'échouage supérieure à 12 h (durée d'un cycle de marée). De plus, aucune balise GPS n'a atteint l'océan. Les trajectoires présentent des phases d'échouage et de remobilisation car les balises présentent jusqu'à 3 échouages. Néanmoins, uniquement 40 % des balises présentent une remobilisation après leur premier échouage. Ceci suggère une faible remobilisation des déchets plastiques en estuaire de Loire. Quand une balise est échouée, elle peut soit être remobilisée par le fleuve, soit repoussée sur la berge. La balise peut parfois être repoussée assez haut dans les zones submersibles et les étiers.

3.2 Quels facteurs influencent les trajectoires observées ?

La flottabilité des balises joue un rôle sur les vitesses de déplacement et les phases

d'échouage/remobilisation. En effet, les balises flottantes se déplacent plus lentement, s'échouent plus rapidement et sont plus difficilement remobilisées que les balises quasi immergées, avec 80 % des trajectoires n'ayant eu qu'une seule phase d'échouage. Le débit initial du fleuve influence la vitesse initiale du traceur mais n'a pas d'impact significatif sur les distances parcourues. Certaines différences apparaissent toutefois selon les conditions hydrologiques. En moyenne, les distances nettes parcourues par les balises GPS augmentent avec le débit. De plus, les balises s'échouent davantage sur la rive sud en période de basses eaux (62 %), tandis que les zones d'échouages sont plus contrastées en période de hautes eaux et de crue. Néanmoins, la majorité des échouages sur les îles de la Loire sont observés au cours de ces dernières. L'effet des ondes de marées est plus faible avec l'augmentation du débit. Ainsi, seulement 57 % des trajectoires présentent des phases de remontées dues à la marée. Le marnage ne montre pas un impact significatif sur les différentes variables calculées et les phases d'échouage/remobilisation ne semblent pas spécifiquement se produire lors des marées montantes ou descendantes. Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre les variables calculées et les coefficients de marées mais les échouages finaux ont lieu lors des coefficients de marées les plus élevés de la période suivie pour 69 % des trajectoires. Les trajectoires acquises en estuaire de Loire démontrent donc une forte variabilité dont il est difficile de dégager des facteurs d'influence généraux.

3.3 Quelles différences entre les milieux estuariens de la Loire et de la Seine ?

Les résultats démontrent des comportements similaires entre les estuaires macrotidaux de la Loire et de la Seine où des lâchers similaires ont été menés (Tramoy et al., 2020). En effet dans les deux cas, les traceurs GPS s'échouent systématiquement sur les berges et malgré de potentielles phases de remobilisation, les balises n'atteignent pas l'océan durant la période suivie (jusqu'à 3 mois). De même, les ondes de marées influencent les phases d'échouage/remobilisation ainsi que les distances parcourues par les balises. Toutefois, comme la géomorphologie des fleuves joue un rôle important dans la dynamique spatio-temporelle des déchets, on observe certaines différences. En Loire, les traceurs GPS s'échouent plus rapidement et parcourent donc des distances plus faibles. La remobilisation des balises semble également plus difficile puisque le nombre maximum d'échouages d'une durée supérieure à 12 h observés pour une même balise est de 3 en Loire et de 6 en Seine (Tramoy et al., 2020). La géomorphologie particulière de la Loire, à savoir des berges à pente faible, d'importantes zones submersibles et la présence de roselières entraîne donc des échouages plus rapides et sans doute plus longs qu'en Seine.

4 CONCLUSIONS

Cette étude démontre que la dynamique de transfert des macrodéchets plastiques en milieu estuarien est difficile à prédire car elle n'est pas linéaire et dépend d'un grand nombre de facteurs : débit, marée, géomorphologie des berges, caractéristiques des débris. De façon générale, les estuaires macrotidaux semblent constituer des voies de transfert lentes voire un filtre où la dynamique de transfert des macrodéchets est ponctuée de phases d'échouage et de remobilisation, favorisant probablement la fragmentation des plastiques. Plus spécifiquement en estuaire de Loire, la géomorphologie des berges favorise l'échouage des macrodéchets et complique leur remobilisation. Ce constat permet d'envisager de nouvelles solutions curatives pour limiter la pollution plastique comme le nettoyage des berges à la main, mais questionne la représentativité des estimations de flux exportés vers le milieu marin.

BIBLIOGRAPHIE

- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Meijer, L. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803.
- Tramoy, R., Gasperi, J., Colasse, L., Silvestre, M., Dubois, P., Nous, C., & Tassin, B. (2020). Transfer dynamics of macroplastics in estuaries—new insights from the Seine estuary: part 2. Short-term dynamics based on GPS-trackers. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111566.