

Sources et flux de microplastiques dans les avaloirs en zone industrielle : approche par sous-bassin versant

Sources and fluxes of microplastics in gully pot in industrial area: a sub-catchment approach

Z. Iannuzzi ^{a,b}, B. Mourier ^a, R. Bayard ^b, P. Polomé ^c, J. Gasperi ^d, T. De Oliveira ^d, G. Lipeme Kouyi ^b

^aENTPE, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, UMR 5023 LEHNA

^bINSA Lyon, DEEP, UR7429

^cUniversité Lumière Lyon 2, CNRS, Université Jean Monnet Saint-Etienne, emlyon business school,

^dLaboratoire Eau et Environnement, Université Gustave Eiffel

RÉSUMÉ

La présence des microplastiques dans les avaloirs de rue a été peu étudiée jusqu'à présent, alors que les avaloirs représentent la première entrée de particules solides dans le réseau de collecte des eaux pluviales. Cette étude s'intéresse à un bassin versant à dominante industrielle, qui a pour exutoire un bassin de rétention. 8 avaloirs ont été sélectionnés pour mener une étude plus fine et mieux appréhender la contribution des sous-bassins versants associés. Sur chaque avaloir, 4 échantillons de sédiments ont été collectés, dans le fond de l'avaloir, après événements pluvieux et les microplastiques ainsi que les particules d'usure de pneus ont été analysés. Les résultats mettent en évidence une distribution spatiale hétérogène des microplastiques au sein du BV contrairement à une distribution moins variable pour les particules d'usure de pneus. Les charges et les flux de microplastiques ont également été estimés au niveau des avaloirs. Pour expliquer ces variabilités au sein du BV, les sources potentiellement émettrices ont été recensées, tenant compte des activités présents au sein des sous-bassins versants. Ce travail a permis de mettre en évidence l'importance des facteurs d'influence tels que la porosité entre les espaces privés et publics concernant le transfert de particules microplastiques. Les premières informations concernant les sources émettrices pourraient guider des politiques publiques de réduction à la source dans les zones industrielles.

ABSTRACT

The presence of microplastics in gully pot has been little studied to date, even though they are the primary entrance for solid particles into the stormwater system. This study focuses on a predominantly industrial catchment that discharges into a detention basin. Eight gully pot were selected for a more detailed study to better understand the contribution of the associated sub-catchments. Four sediment samples were collected from the bottom of each gully pot after rainfall events, and the microplastics and tire road wear particles were analyzed. The results highlight a heterogeneous spatial distribution of microplastics within the catchment area, in contrast to a less variable distribution for tire road wear particles. Microplastic loads and fluxes were also estimated at the sub-catchment scale. To explain these variations within the catchment area, potential emission sources were identified, taking into account the activities present within the sub-catchment areas. This work has highlighted the importance of influencing factors such as the porosity between private and public spaces with regard to the transfer of microplastic particles. Initial information on emission sources could guide public policies for reduction at source in industrial areas.

MOTS CLÉS

Avaloir, Eau pluviale, Facteurs hydrologiques, Flux, Microplastiques

1 INTRODUCTION

La pollution aux microplastiques (MP) est directement liée aux activités humaines, principalement concentrées dans les territoires urbanisés. Les villes sont alors considérées comme des zones multi-sources de microplastiques et le ruissellement des eaux pluviales représente la principale voie de transfert des microplastiques jusqu'au milieu naturel. L'étude du milieu urbain et plus particulièrement des eaux de ruissellement est nécessaire pour identifier les sources de cette pollution et évaluer la contribution MP des différentes activités urbaines. Les avaloirs de rue sont la première entrée de particules solides dans le réseau de collecte des eaux pluviales. L'étude des sédiments des avaloirs apparaît pertinente pour préciser les sources majeures de la pollution microplastique. Le rôle des avaloirs dans le transfert des MP vers le réseau est encore peu étudié, comme le confirme le peu d'articles identifiés sur le sujet. L'étude la plus complète à ce jour est celle proposée par Öborn et al. (2024), réalisée sur 29 avaloirs associés à une large diversité d'occupation des sols, avec l'identification des particules microplastiques et des particules d'usures de pneu et de route (tire road wear particles – TRWP). Les concentrations retrouvées varient entre 7 090 et 106 000 MP/kg de sédiments secs avec 50% des particules ayant une taille inférieure à 225 μm . À ce jour, aucune étude ne s'est intéressée à la distribution spatiale des microplastiques et des TRWP à l'échelle d'un bassin versant urbain et de ses sous-bassins. Cette étude propose de caractériser et quantifier les microplastiques et TRWP piégés au sein des avaloirs et d'évaluer les flux qui circulent au sein du bassin versant en temps de pluie. Ce travail a également pour ambition d'identifier les facteurs socio-économiques et urbains qui expliquent la présence des MP au sein des avaloirs.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Site d'étude et échantillonnages

Le bassin de rétention/infiltration Django-Reinhardt (Chassieu) draine un bassin versant (BV), à dominante industrielle, d'environ 185 ha avec un taux d'imperméabilisation de 70%, composé principalement d'activités industrielles. Ce bassin est un des sites expérimentaux de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU), offrant ainsi l'accès à différentes mesures physico-chimiques en continu et ponctuellement depuis une vingtaine d'années. Au sein du BV, plusieurs types d'activités économiques sont représentées telles que le BTP, le commerce en gros, la logistique ou encore les services aux entreprises. Des activités tertiaires sont également recensées telles que des hôtels, restaurants ou snacks mais également des bureaux et sièges d'entreprise (Mandon, 2022). Le BV est équipé d'un réseau séparatif eaux pluviales, avec pour exutoire le bassin de rétention/infiltration Django-Reinhardt. Au sein du BV, environ 200 avaloirs relient les espaces publics urbains au réseau d'eaux pluviales.

Dans le cadre de cette étude, les 8 avaloirs sélectionnés ont une géométrie identique avec un réseau surélevé de 20 cm par rapport au fond de l'avaloir. Un stockage de sédiments/boues, lié à la décantation a lieu dans le fond de chaque avaloir. Nous faisons l'hypothèse que ce stockage représente ce qui a transité pendant le dernier événement pluvieux. Pour chaque avaloir, 4 campagnes d'échantillonnage ont été réalisées à la suite d'événements pluvieux caractérisés. Les sédiments sont collectés à l'aide d'une canne de prélèvement télescopique équipée d'un bécetier. Les échantillons s'apparentent à de l'eau très chargée en matière en suspension. Ils sont recueillis dans un bocal en verre d'environ 1,5 L et conservés au réfrigérateur. En laboratoire, les échantillons sont filtrés puis séchés à 50°C.

2.2 Analyse des microplastiques et des TRWP

L'analyse des microplastiques et des TRWP nécessite deux méthodes distinctes. L'extraction des particules MP comprend une étape de séparation densimétrique et une seconde étape d'élimination de la matière organique. L'identification des particules est ensuite réalisée par micro-spectroscopie infra-rouge à transformée de Fourier (μ -FTIR Spectrum 10 Perkin-Elmer). La quantification des TRWP est réalisée à l'aide de la pyrolyse (EGA/PY-3030D, FrontierLab) couplée à la chromatographie phase gaz (8890, Agilent) associée à la spectrométrie de masse (5977B, Agilent) avec la quantification du styrene-butadiene-rubber (SBR), élastomère constitutif des pneus, en utilisant le 4-phénylcyclohexène considéré comme un des produits spécifiques de la pyrolyse du SBR. Un facteur de conversion SBR-TRWP de 9,12 a été appliqué pour estimer les concentrations de TRWP à partir de celles en SBR (De Oliveira et al., 2024).

2.3 Estimation des flux

L'estimation des flux microplastiques au niveau de chaque avaloir a nécessité d'utiliser le flux de MES calculé à l'exutoire, c'est-à-dire en entrée du bassin de rétention, pour chaque évènement. Ce flux de MES a notamment été calculé en prenant en compte la concentration moyenne évènementielle de MES, le volume total ruisselé ainsi que la surface active du BV. Par la suite, le flux de MP (f_{MP}) ou de TRWP (f_{TRWP}) a été calculé à partir de l'équation 1 où f_{MES} représente le flux de MES en kg/m² par évènement, $MP_{i,t}$ représente la concentration de MP mesurée à l'avaloir t pendant l'évènement i en mg/kg. Cette équation est également utilisée pour évaluer les flux de TRWP par évènement et par avaloir.

$$f_{MP} = f_{MES} * MP_{i,t} \quad (\text{Équation 1})$$

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractérisation des microplastiques et TRWP dans les avaloirs

En termes d'abondance, les concentrations en particules MP varient entre 17 857 et 7 020 000 MP/kg avec une concentration médiane de 426 471 MP/kg (Figure 1). Ces concentrations sont largement supérieures à celles présentées dans la littérature. La concentration la plus élevée indiquée par Öborn et al. (2024) est 10 fois inférieure à notre valeur médiane. Les concentrations massiques en MP varient entre 0,027 et 15,85 g/kg et atteignent 0,522 et 21,37 g/kg lorsqu'on ajoute les concentrations en TRWP. En termes d'abondance, le PP représente 48% des particules, suivi du PE (27%) et du PS (8%). En masse, les TRWP représentent 63% des particules identifiées, suivies de 15% de polyester et de 13% de PP. Ces résultats sont cohérents avec les autres études qui se sont intéressées aux MP dans les avaloirs. La distribution spatiale met en évidence de fortes hétérogénéités entre les avaloirs en termes d'abondance de microparticules ou de concentration massique. Cependant, aucune différence significative entre les avaloirs n'est observée (test statistique de Dunn, p value de 5%).

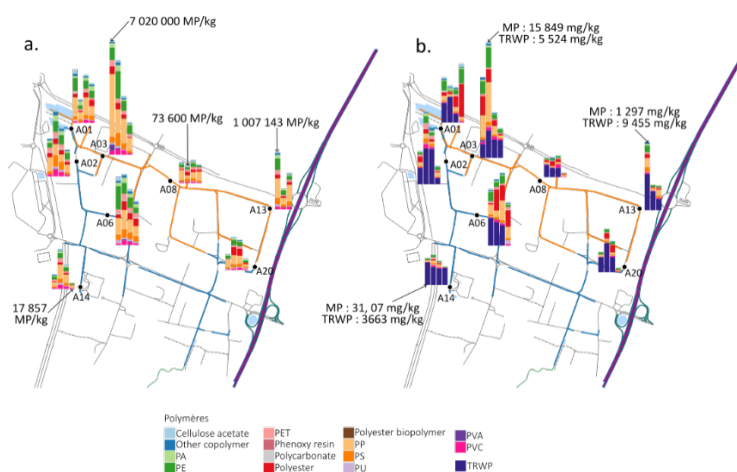


Figure 1. Distribution spatiale des MP et TRWP en (a) abondance et (b) concentration massique en fonction des types de polymère

3.2 Flux de microplastiques et TRWP à l'échelle d'un bassin versant

Le flux microplastique, par avaloir et par évènement varie entre 0,005 mg/m² et 9,73 mg/m² et présente une forte hétérogénéité entre les avaloirs. Il est également intéressant de préciser qu'il n'y a pas un évènement en particulier qui entraîne un flux plus important que les autres. L'intensité de l'évènement ne semble pas influencer la contamination microplastique des avaloirs. En ce qui concerne les TRWP, les flux sont moins variables entre les avaloirs et oscillent entre 0,385 mg/m² et 5,68 mg/m². Une contribution équivalente des avaloirs est observée et ne dépend pas des évènements pluvieux.

Par ailleurs, la mise en évidence d'avaloirs plus contributifs concernant la pollution microplastique laisse à supposer que les présentes des avaloirs étudiés pourraient avoir une influence. L'étude de l'identification des

sources semble donc nécessaire pour comprendre la variabilité spatiale des MP au sein du BV.

3.3 Identification des sources de microplastiques par sous-bassin versant

Les potentielles sources de microplastiques ont été recensées autour de chaque avaloir en s'intéressant au sous-bassin versant hydrologique. La Figure 2 met en évidence les différentes sources potentiellement émettrices de microplastiques ainsi que les facteurs spatiaux et temporels qui peuvent influencer le transfert des MP. Une analyse statistique, à partir d'un modèle à effets mixtes linéaires, a permis de mettre en évidence les paramètres qui influencent le plus la contamination microplastique des avaloirs.

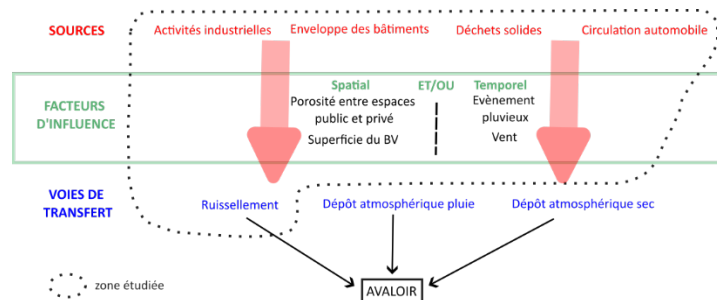


Figure 2. Schéma conceptuel d'identification des sources à l'échelle des sous-bassins versants et de transfert de microplastiques jusqu'aux avaloirs

Les principaux résultats statistiques indiquent que la délimitation entre les espaces privés et publics joue un rôle important sur la diffusion des microplastiques jusqu'à l'avaloir. En effet, plus cette délimitation est poreuse, plus la présence de MP dans l'avaloir est importante. De plus, l'entreposage d'outils, de marchandises ou d'engins en extérieur dans l'espace privé entraîne une hausse de la pollution microplastique dans les sédiments d'avaloirs.

4 CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer les flux de microplastiques à l'échelle des SBV pour mieux comprendre les dynamiques au sein d'un bassin versant à dominante industrielle. L'analyse à l'échelle des avaloirs a apporté de nouvelles connaissances sur la contribution microplastique et TRWP des SBV ainsi que sur les sources émettrices de MP. Les résultats ont mis en évidence une distribution spatiale différenciée des microplastiques entre les avaloirs et des concentrations plus élevées que celles rapportées dans la littérature tandis que les concentrations de TRWP sont moins variables entre les avaloirs. La démarche d'identification des sources proposée ici, bien qu'elle comporte certaines limites et incertitudes, met en évidence l'importance des facteurs d'influence sur la dynamique des microplastiques et sur la propagation des sources. En particulier, la porosité entre l'espace privé et la voie publique semble jouer un rôle majeur pour comprendre la contamination MP des avaloirs. En termes d'aménagement du territoire, l'une des solutions pourrait être de cloisonner davantage l'espace privé, au sein des zones industrielles, pour réduire cette porosité. Cette étude montre finalement l'intérêt d'analyser les dynamiques des MP à l'échelle du sous-bassin versant pour appréhender au mieux leur transfert dans les eaux de ruissellement.

BIBLIOGRAPHIE

- De Oliveira, T., Muresan, B., Ricordel, S., Lumière, L., Truong, X.-T., Poirier, L., Gasperi, J., (2024). *Realistic assessment of tire and road wear particle emissions and their influencing factors on different types of roads*. Journal of Hazardous Materials 465, 133301
- Mandon, C., (2022). *Observer la ville par ses objets : Méthodes d'observation des activités urbaines pour renseigner la contamination microbiologique des eaux de ruissellement sur des espaces publics lyonnais*. Lyon, INSA de Lyon, 489p.
- Öborn, L., Österlund, H., Viklander, M., (2024). *Microplastics in gully pot sediment in urban areas: Presence, quantities and characteristics*. Environmental Pollution 353, 124155.