

Mountain of plastic: Mismanaged plastic waste along Carpathian watercourses

Une montagne de plastique : Déchets plastiques mal gérés le long des cours d'eau des Carpates

Anna Zielonka¹, Maciej Liro², Małgorzata Grodzińska-Jurczak³, Justyna Liro⁴, Timea Kiss⁵, Tim van Emmerik⁶, Bartłomiej Wyżga²

¹ Institut de géographie et d'aménagement du territoire, Université Jagellonne, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Cracovie, Pologne

² Institut de conservation de la nature, Académie polonaise des sciences, al. Mickiewicza 33, 31-120 Cracovie, Pologne

³ Institut des sciences de l'environnement, Université Jagellonne, Gronostajowa 7, 30-287 Cracovie, Pologne

⁴ Institut de géographie et d'aménagement du territoire, Université Jagellonne, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Cracovie, Pologne

⁵ Département de géographie physique et de géoinformatique, Université de Szeged, Szeged, 6722, Egyetem u. 2-6, Hongrie

⁶ Groupe d'hydrologie et de gestion quantitative de l'eau, Université de Wageningen, Wageningen, Pays-Bas

RÉSUMÉ

Les données sur la répartition spatiale des déchets plastiques mal gérés (en anglais : *Mismanaged Plastic Waste*, MPW) le long des rivières de montagne à l'intérieur des terres font actuellement défaut, mais peuvent être d'une importance cruciale pour l'évaluation du potentiel d'apport de plastique dans ces écosystèmes à forte biodiversité. Ici, nous fournissons la première estimation de la distribution spatiale des MPW le long de 175 669 kilomètres de rivières drainant les montagnes des Carpates. Les quantités les plus élevées de MPW ont été trouvées le long des cours d'eau de 5^e et 6^e ordre (872 et 680 t/an, respectivement). On retrouve la proportion la plus élevée de points chauds des MPW (MPW > 5000 t/an) le long des cours d'eau en Roumanie (3392 km) et en Pologne (2309 km). Les cours d'eau des Carpates du bassin de la mer Baltique (11,1 % de tous les cours d'eau) sont caractérisés par des quantités de MPW plus élevées (620 t/an) que ceux du bassin de la mer Noire (60 t/an ; 88,3 % de tous les cours d'eau étudiés). Les quantités de MPW variaient entre les bassins versants analysés des principales rivières des Carpates, atteignant les valeurs les plus élevées dans la partie nord-ouest de la région, par exemple, dans les bassins versants des fleuves Oder (908,8 t/an ; 0,7 % de tous les cours d'eau) et Vistule (605 t/an ; 10,4 % de tous les cours d'eau).

ABSTRACT

Data on spatial distribution of mismanaged plastic waste (MPW) along inland mountain rivers are currently lacking but may be of crucial importance for assessment of the potential for plastic input to these high-biodiversity ecosystems. Here we provide the first estimation of spatial distribution of MPW along 175.669 kilometres of rivers draining the Carpathians Mountains. The highest amounts of MPW were found along the watercourses of 5th and 6th order (872 and 680 t/yr., respectively). The highest proportion of MPW hot-spots (MPW > 5000 t/yr.) along watercourses occur in Romania (3392 km) and Poland (2.309 km). Carpathian watercourses from the Baltic Sea basin (11.1% of all watercourses) are typified by higher amounts of MPW (620 t/yr.) than those from the Black Sea basin (60 t/yr.; 88.3% of all studied watercourses). Amounts of MPW varied between the analyzed catchments of main Carpathian rivers, reaching the highest values in the NW part of the region, e.g., the Oder River (908.8 t/yr.; 0.7% of all watercourses) and the Vistula River catchments (605 t/yr.; 10.4% of all watercourses).

MOTS CLÉS

déchets plastiques mal gérés, rivière de montagne, pollution plastique, plastique fluvial

1 INTRODUCTION

Il a été estimé qu'env. 91 % des déchets plastiques mal gérés (MPW) produits sur terre sont jetés dans les bassins versants (Leberton et Andrady, 2019), où ils peuvent être transportés par le courant fluvial, stockés dans les sédiments fluviaux et remobilisés par les inondations. Les processus ci-dessus entraînent des risques pour le biote d'eau douce et les moyens de subsistance humains (Meijer et al., 2021), tels que : l'ingestion de plastique par des organismes vivants, la production secondaire de microplastiques, le colmatage des infrastructures de protection contre les inondations et la perte de valeur esthétique du paysage fluvial. Ces menaces revêtent une importance particulière en particulier dans le cas de rivières de montagne, caractérisées par un potentiel écologique élevé, des crues à haute énergie et des paysages relativement vierges. Le problème du plastique fluvial dans les rivières montagneuses à l'intérieur des terres reste encore inexploré alors que la majorité des études précédentes se sont concentrées sur les fleuves côtiers considérés comme les principaux vecteurs de transport de plastique terrestre à l'océan (Meijer et al., 2021).

Ici, nous proposons une meilleure image du problème du plastique fluvial dans les Carpates en présentant la première estimation de la distribution spatiale des déchets plastiques mal gérés le long de tous les cours d'eau drainant cette région. Plus précisément, nous avons essayé d'évaluer :

- (i) Quelles sections des ruisseaux et rivières des Carpates et à quelles altitudes ne sont pas affectées par les MPW?
- (ii) Quelles régions (zones de captage, pays, bassins) et parties du système fluvial (classification des ruisseaux de Strahler) dans les Carpates sont-elles les plus touchées par les MPW?
- (iii) Les valeurs des MPW varient-elles entre les cours d'eau traversant les zones soumises à différentes formes de protection (nationale, régionale, internationale)?

Les résultats de notre étude aideront à développer des solutions pratiques permettant de résoudre le risque de plastique mal géré à l'échelle locale et régionale des montagnes des Carpates.

2 MÉTHODES D'ÉTUDE

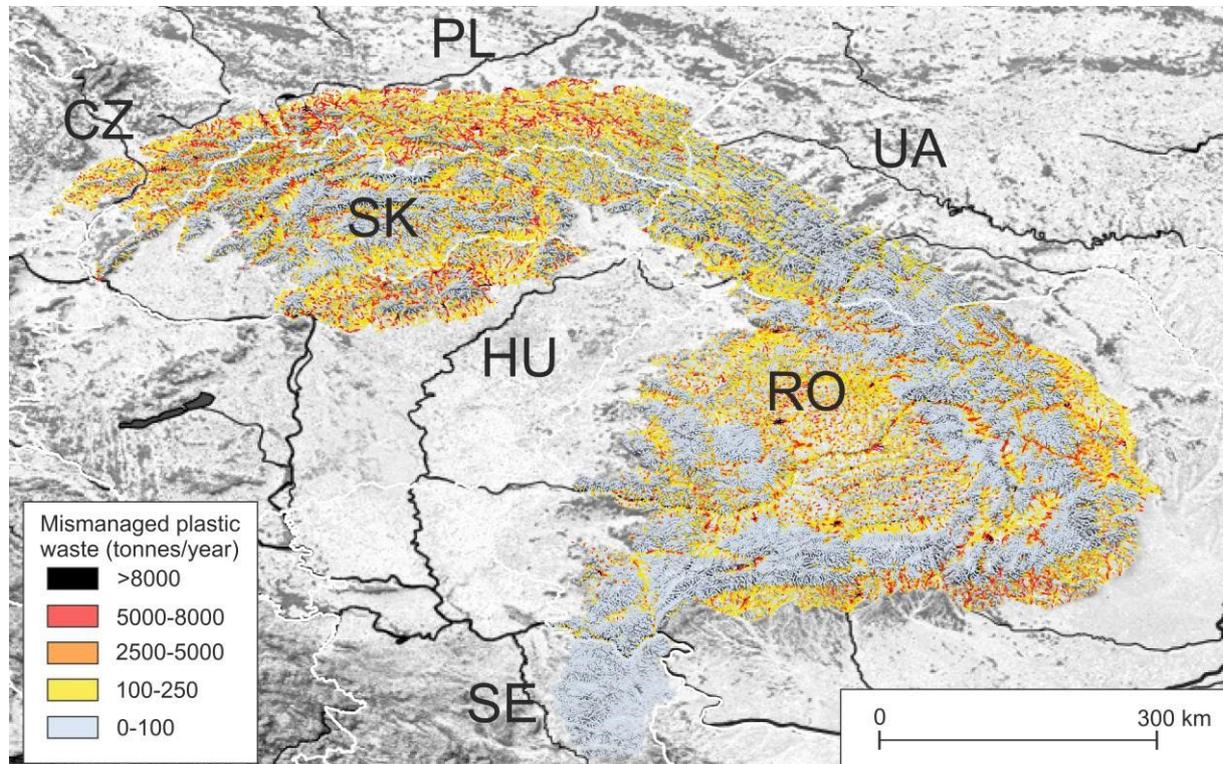
Nous avons utilisé une analyse spatiale utilisant des bases de données d'hydrographie vectorielle accessibles au public (Lin et al., 2021) et un ensemble de données raster de déchets plastiques mal gérés (MPW) modélisés (Leberton et Andrady, 2019) pour estimer la distribution spatiale des MPW le long de tous les ruisseaux et rivières (au total 175 669 kilomètres) drainant les montagnes des Carpates en Europe centrale (Fig. 1). Pour calculer la distribution spatiale des MPW le long des cours d'eau des Carpates, nous avons intersecté les valeurs de pixel de la couche MPW (Leberton et Andrady, 2019) avec toutes les polygones appartenant à un réseau fluvial particulier (Lin et al., 2021). Les pixels des MPW ont été agrégés en tant que valeur médiane pour chaque vecteur séparé des réseaux fluviaux. Nous avons utilisé le logiciel R (version 4.0.2) pour l'analyse des données.

3 RÉSULTATS

Les cours d'eau des Carpates coulant à des altitudes supérieures à 750 m d'altitude en moyenne ont été caractérisés par des MPW non détectables. Ce seuil a été détecté à l'altitude la plus élevée pour les cours d'eau du bassin versant de la Vistule (1100 m d'altitude) et à des altitudes progressivement plus basses pour les affluents des Carpates des fleuves Dniestr (760 m d'altitude), Danube (730 m d'altitude) et Oder (590 m d'altitude). Les quantités les plus élevées de MPW ont été trouvées le long des cours d'eau de 5e et 6e ordre selon Strahler - respectivement 872 et 680 t/an. On retrouve la proportion la plus élevée de points chauds des MPW (MPW > 5000 t/an) le long des cours d'eau en Roumanie (3392 km) et en Pologne (2309 km) (fig. 1). Les cours d'eau des Carpates du bassin de la mer Baltique (11,1 % de tous les cours d'eau étudiés) sont caractérisés par des quantités de MPW plus élevées (620 t/an) que ceux du bassin de la mer Noire (60 t/an ; 88,3 % de tous les cours d'eau étudiés). Les quantités de MPW variaient entre les bassins versants analysés des principales rivières des Carpates, atteignant les valeurs les plus élevées dans la partie nord-ouest de la région, par exemple, dans les bassins versants des fleuves Oder (908,8 t/an ; 0,7 % des cours d'eau étudiés) et Vistule (605 t/an ; 10,4 % des cours d'eau étudiés). Les quantités de MPW variaient également entre les cours d'eau traversant des zones soumises à différents types de protection de la nature (nationale,

régionale, internationale), atteignant la valeur la plus élevée dans les zones protégées au niveau national (2873,6 t/an) (29,5 % de tous les cours d'eau étudiés). En moyenne, les cours d'eau qui traversent les zones protégées au niveau régional reçoivent 604,6 t de MPW par an, tandis que ceux qui drainent les zones protégées au niveau international – 150,4 t/an.

I.S.RIVERS 2022



Légende : Déchets plastiques mal gérés (tonnes/an)

Figure 1. Répartition spatiale des déchets plastiques mal gérés le long des cours d'eau des Carpates.

4 CONCLUSIONS

Nous suggérons que les rivières des Carpates peuvent contribuer considérablement à la pollution plastique des rivières en aval. Bien que la plupart de ces zones ne soient pas densément peuplées, la gestion des déchets y est difficile en raison des conditions du terrain. Comme la collecte des déchets dans ces zones n'est pas rentable, les déchets sont souvent déposés illégalement ou incorrectement. Nos résultats peuvent être utilisés par les décideurs pour promouvoir des activités visant à minimiser les volumes rejetés des MPW à l'échelle locale et régionale de la région des Carpates. Ces activités devraient comprendre des actions visant à accroître la sensibilisation du public à l'environnement ainsi qu'à introduire des restrictions légales appropriées.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet de recherche 2020/39/D/ST10/01935 financé par le Centre national des sciences de Pologne.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Lebreton, L. et Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Commun.*, 5, 6.
- Lin, P., Pan, M., Wood, E.F. et al. (2021). A new vector-based global river network dataset accounting for variable drainage density. *Sci. Data*, 8, 28.
- Meijer, L.J.J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C. et Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci. Adv.*, 7, eaaz5803.