

État des lieux de l'ingestion de microplastiques par les poissons des eaux douces en France métropolitaine

Status of microplastic ingestion by freshwater fish in mainland France

Marie-Aurélia Sabatte¹, Claude Miaud², Stéphane Peyron³, Gaëlle Darmon⁴

¹Human Initiatives for Animals, 12 rue des Gants 33000 Bordeaux,
ma.sabatte@ecomail.fr

²Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, 1919 route de Mende 34293 Montpellier Cedex 5,
claud.miaud@cefe.cnrs.fr

³Ingénierie des Agropolymères & Technologies Emergentes, (UMR IATE) INRAE, Place Viala 34060 Montpellier cedex 2,
stephane.peyron@umontpellier.fr

⁴WAO Nature & Conservation, 69640 Saint-Julien,
gaelle.darmon@ecomail.fr

RÉSUMÉ

Les microplastiques constituent une menace pour la faune des rivières. Les poissons d'eau douce peuvent constituer des bio-indicateurs de la pollution locale. Cette étude menée à l'échelle française a évalué l'ingestion de microplastiques par des poissons collectés pour la Directive Cadre sur l'Eau, qui ne prend pas encore en considération les impacts des plastiques en eaux douces. Un protocole standard a été développé pour extraire les microplastiques des systèmes digestifs (estomac et intestins) et identifier les types de polymères, avec un taux de détection élevé. Les résultats montrent une forte occurrence d'ingestion (91,84 % des poissons analysés) et une grande quantité de particules ingérées. Ces premiers résultats suggèrent une pollution plastique plus importante que prévu, avec des variations régionales qui seront précisées en analysant plus d'échantillons. Cette étude vise à mieux comprendre les facteurs influençant l'ingestion de microplastiques et à soutenir le développement d'un indicateur de la qualité des eaux douces basé sur l'ingestion de microplastiques.

ABSTRACT

Microplastics pose a significant threat to river wildlife, and freshwater fish can serve as bio-indicators of local pollution. This study, conducted on a national scale in France, assessed microplastic ingestion by fish collected for the Water Framework Directive, which currently does not consider the impact of plastics in freshwater ecosystems. A standardized protocol was developed to extract microplastics from fish digestive tracts and identify polymer types, achieving a high detection rate. The results show a high occurrence of ingestion (91.84% of fish analyzed) and a large quantity of particles ingested. These preliminary findings suggest more significant plastic pollution than expected, with regional variations to be clarified through further analysis. The study aims to better understand the factors influencing microplastic ingestion and support the development of an indicator for freshwater quality based on microplastic ingestion.

MOTS CLÉS

Bio-indicateur, Eaux douces, Pollution, Impacts, Bon état écologique.

Bio-indicator, Freshwater, Pollution, Impacts, Good environmental status.

1 IMPACTS DES MICROPLASTIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT

Les plastiques rejetés dans l'environnement sont véhiculés jusque dans les rivières et les océans particulièrement par le vent et le ruissellement. Ils se fragmentent en plus petites particules, augmentant les probabilités d'ingestion par la faune sauvage. Des milliers d'espèces marines sont connues pour ingérer ces déchets (Santos et al., 2021), avec des impacts sur la santé des individus concernés (e.g. modifications des fonctions physiologiques, baisse de condition corporelle, perturbations endocriniennes). Les recherches sur la pression des plastiques sur biodiversité des eaux continentales sont plus récentes (Azevedo-Santos et al., 2021). Si tous les taxons animaux subissent la pression causée par les déchets sauvages (Darmon et al., 2020), la disparité des méthodologies de prospection empêche d'établir un état des lieux de la contamination par les plastiques à large échelle (Lin et al., 2023). Les poissons sont susceptibles d'ingérer des microplastiques relativement à l'état de pollution du milieu et les quantités de microplastiques qu'ils ingèrent constituent un indicateur de l'état écologique des eaux marines (Valente et al., 2022). Alors que la plupart des déchets plastiques restent bloqués sur terre et sur les berges des rivières bien avant leur arrivée en mer (Meijer et al., 2021), les poissons des eaux douces continentales sont susceptibles d'ingérer plus de microplastiques que les poissons marins (Wootton et al., 2021). La mise en œuvre d'une méthodologie harmonisée est nécessaire pour établir un état des lieux de l'ingestion de microplastiques par les eaux douces à large échelle et évaluer les variations régionales et leurs causes.

Notre présentation porte sur l'évaluation de l'ingestion de microplastiques par les poissons d'eau douce en France métropolitaine. Les systèmes digestifs de poissons collectés à l'échelle nationale par l'Office Français de la Biodiversité pour évaluer l'état des eaux douces pour la Directive Cadre sur l'Eau, ont été récupérés. Afin d'établir un état des lieux national et évaluer les variations spatiales de l'occurrence d'ingestion et des quantités ingérées par les poissons, un protocole standard a été validé à partir d'une expérience visant à repérer des particules de couleur insérées dans des matrices digestives de poissons. Une méthodologie d'extraction des microparticules et d'identification des types polymères a été développée en optimisant le coût et la durée des étapes, et a ensuite été appliquée en routine pour l'analyse des contenus digestifs des poissons collectés. Cette étude vise également à évaluer la possibilité de mettre en œuvre une surveillance harmonisée.

2 DEVELOPPEMENT D'UNE METHODOLOGIE STANDARD

2.1 Échantillons

Les poissons ont été collectés en 2020, majoritairement par pêche électrique par lots de 6 à 13 individus à l'échelle nationale (Figure 1) pour évaluer les toxines dans les muscles par des laboratoires dédiés. Les systèmes digestifs (estomac et intestins) ont pu être conservés pour la présente étude. Le projet bénéficie de 903 systèmes digestifs de poissons de 5 espèces : Chevesne (*Squalius cephalus*) (N=566), Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) (N=40), Brème commune (*Abramis brama*) (N=36), Gardon (*Rutilus rutilus*) (N=175) et Perche commune (*Perca fluviatilis*) (N=86). L'étude porte prioritairement sur le chevesne, espèce la plus fréquente.

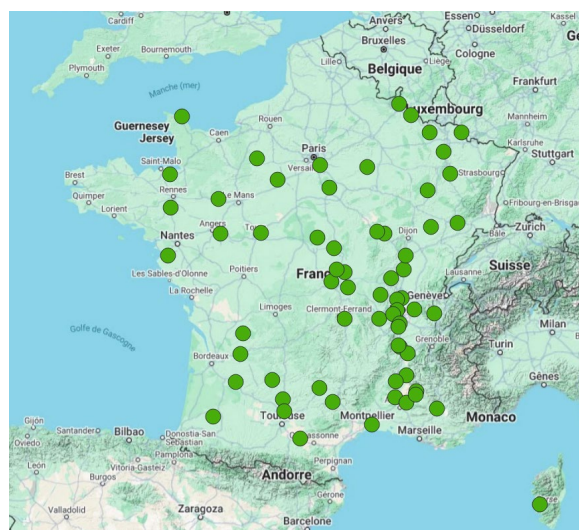


Figure 1 : Répartition des lots de chevesnes collectés en 2020

2.2 Validation du protocole par des tests de détectabilité

La première étape a consisté à établir une méthodologie d'extraction des microplastiques dans les matrices digestives et d'identification des types de polymères. Celle-ci s'est inspirée d'une analyse des méthodes employées dans la littérature sur les poissons marins et d'eaux douces, sur les sédiments et les eaux des rivières. Des adaptations en essais-erreurs ont été effectuées en considérant le contenu des systèmes digestifs, régulièrement chargés en sédiments et en matière épaisse non digestibles. Pour valider les étapes du protocole, une étude originale de détectabilité de particules connues a été réalisée : 100 microparticules de polyéthylène de 200 µm ont été insérées dans des matrices digestives et le nombre retrouvé au stéréomicroscope et au µFT-IR a été comptabilisé (Figure 2). Différentes procédures et conditions de tamisage, filtration et digestion chimique de la matière digestive (types et concentrations des solutions, températures, vitesse d'homogénéisation) ont été testées et optimisées. Le repérage des particules a combiné stéréo-microscope et µFT-IR. Sur celui-ci, différentes méthodes d'évaluation des spectres ont été testées et une banque de spectres constituée à partir de plastiques récupérés dans l'environnement aquatique, a été effectuée afin de renforcer les banques du logiciel OMNIC. Considérant la longue durée de digestion chimique, il a été décidé de cibler les particules > 100 µm et d'exclure les fibres textiles. Des blancs ont permis de valider l'absence de contamination.

Les 8 échantillons valides ont connu une digestion chimique de 53,5 jours en moyenne. Sur les 100 particules insérées, une moyenne de 81,29 (minimum 70 et maximum 99) ont été retrouvées à l'œil nu par stéréo-microscope, 73,71 particules (63 à 95) ont été détectées au µFT-IR et 91,17 (77,78 à 100) des particules observées au stéréo-microscope ont été repérées au µFT-IR.

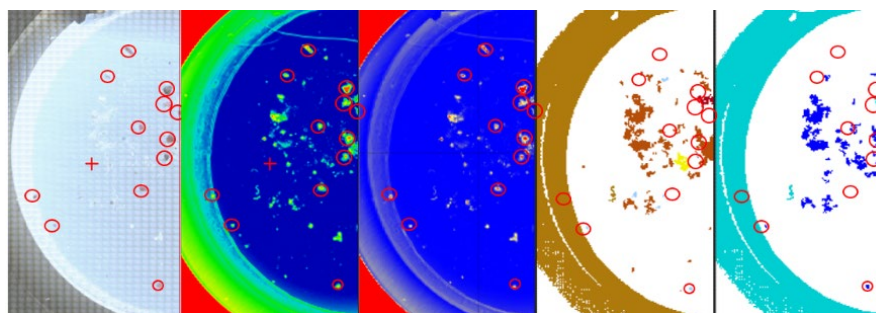


Figure 2 : Comparaison de méthodes pour repérer les micro-particules de polyéthylène insérées dans les matrices digestives de chevesne.

3 INGESTION DE MICROPLASTIQUES PAR LES CHEVESNES

Contraints par la durée de l'étape de digestion chimique (4 à 79 jours selon les échantillons, 42 en moyenne), les analyses sont réalisées progressivement pour couvrir le territoire national en tirant des lots de poissons et 3 poissons par lots, aléatoirement. En Décembre 2024, 49 poissons ont pu être analysés, et d'autres échantillons seront passés au µFT-IR prochainement.

L'occurrence d'ingestion est de 91,84% parmi les 49 poissons évalués. Les systèmes digestifs contiennent en moyenne $43,75 \pm 13,33$ particules (médiane de 14 particules) de plus de 100 µm. Seulement 4 poissons ne présentent pas de polymère pétrochimique dans le système digestif et le maximum de particules détecté était de 606. Ramené à la masse et à la longueur des individus, les quantités ingérées sont respectivement de $0,35 \pm 0,09$ particules/g (0 à 2,78; médiane 0,05) et $1,84 \pm 0,55$ particules /cm (0 à 21,34; médiane 0,26). Les polymères ingérés sont le polyéthylène PE, le polypropylène PP, le polyéthylène terephthalate PET, le polystyrène PS, le polyéthylène:vinyl chloride PVC, le polyamide PA, le polybutadiène BR, le polyméthyle méthacrylate PMMA, le cellophane, le polyvinyltoluène:butadiène PVT, le polyuréthane PU, l'uréthane alkyde, la résine alkyde et des copolymères PE:PP. 81,63 % des poissons ont ingéré du PE, PP, PVC, PE/PP, PET, PS, PVC, en moyenne $34,2 \pm 12,74$ particules. Il existe des variations parmi les 4 régions évaluées à ce stade (Occitanie, Grand Est, Auvergne Rhône-Alpes, Bourgogne Franche Comté), l'occurrence d'ingestion est toujours importante (minimum 87,5 % (N=8) dans le Grand Est, maximum 100 % en Occitanie (N=8)) tout comme les quantités de particules ingérées (minimum $26,86 \pm 6,94$ particules en Auvergne Rhône-Alpes, maximum $68,33 \pm 49,33$ particules en Bourgogne Franche Comté).

4 LES POISSONS, TEMOINS DE LA POLLUTION PLASTIQUE DES RIVIERES

Une expérience de détectabilité de microparticules connues a permis de définir une méthodologie reproductible, à moindre coût, optimisant les étapes d'extraction des plastiques dans les matrices digestives des poissons d'eau douce et de quantification et d'identification des types de polymères. L'application de ce protocole standard aux chevesnes collectés dans le cadre de la DCE fait état d'une occurrence très forte. L'abondance de particules ingérées est aussi très importante. Ces premiers résultats font un constat alarmant, qui devra être comparé aux résultats publiés dans la littérature sur cette même espèce et d'autres (eg, Gedik et al., 2024; Heshmati et al., 2021). La poursuite des analyses en laboratoire permettra de fournir des résultats à l'échelle nationale et de tester les facteurs spécifiques, environnementaux et anthropiques susceptibles d'influencer l'ingestion de microplastiques chez les poissons, tels que la biométrie, le régime alimentaire ou l'occupation de sols en proximité des rives (eg, urbanisation et industrialisation). Ces résultats permettront également de discuter de la pertinence d'un indicateur de l'état écologique des milieux d'eau douce, basé sur le contenu digestif des poissons.

5 REMERCIEMENTS

Nous remercions les organismes qui soutiennent cette étude : Office Français de la Biodiversité, Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, la Fédération nationale de la Pêche en France, Compagnie Nationale du Rhône et Terana.

BIBLIOGRAPHIE

- Azevedo-Santos, V.M., Brito, M.F.G., Manoel, P.S., Perroca, J.F., Rodrigues-Filho, J.L., Paschoal, L.R.P., Gonçalves, G.R.L., Wolf, M.R., Blettler, M.C.M., Andrade, M.C., Nobile, A.B., Lima, F.P., Ruocco, A.M.C., Silva, C.V., Perbiche-Neves, G., Portinho, J.L., Giarrizzo, T., Arcifa, M.S., Pelicice, F.M., 2021. Plastic pollution: A focus on freshwater biodiversity. *Ambio* 50, 1313–1324. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01496-5>
- Darmon, G., Mansui, J., Fromont, C., Arnaud, J.-P., 2020. Étude de faisabilité pour la mise en oeuvre d'une surveillance nationale de la distribution et des impacts des macro-déchets sauvages sur le continuum fleuve – mer. *Projet RiverSe (from the River to the Sea)*.
- Gedik, K., Mutlu, T., Eryaşar, A.R., Bayçelebi, E., Turan, D., 2024. Long-term investigation of microplastic abundance in *Squalius* species in Turkish inland waters. *Environ. Pollut.* 343, 123278. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123278>
- Heshmati, S., Makhdomi, P., Pirsahab, M., Hossini, H., Ahmadi, S., Fattahi, H., 2021. Occurrence and characterization of microplastic content in the digestive system of riverine fishes. *J. Environ. Manage.* 299, 113620. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113620>
- Lin, X., Gowen, A.A., Pu, H., Xu, J.-L., 2023. Microplastic contamination in fish: Critical review and assessment of data quality. *Food Control* 153, 109939. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109939>
- Meijer, L.J.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. *Sci. Adv.* 7, eaaz5803. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>
- Santos, R.G., Machovsky-Capuska, G.E., Andrades, R., 2021. Plastic ingestion as an evolutionary trap: Toward a holistic understanding. *Science* 56–60.
- Valente, T., Pelamatti, T., Avio, C.G., Camedda, A., Costantini, M.L., de Lucia, G.A., Jacomini, C., Piermarini, R., Regoli, F., Sbrana, A., Ventura, D., Silvestri, C., Matiddi, M., 2022. One is not enough: Monitoring microplastic ingestion by fish needs a multispecies approach. *Mar. Pollut. Bull.* 184, 114133. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114133>
- Wootton, N., Reis-Santos, P., Gillanders, B.M., 2021. Microplastic in fish – A global synthesis. *Rev. Fish Biol. Fish.* 31, 753–771. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09684-6>