

## ANALYSE DE MICROPLASTIQUES DANS DES EAUX DE RIVIÈRE ET DES TUBES DIGESTIFS DE POISSONS DU LÉMAN

### ANALYSIS OF MICROPLASTICS IN RIVER WATERS AND DIGESTIVE TRACTS OF FISHES FROM LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2019

PAR

**Bettina SIEGENTHALER & Florian BREIDER**

ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, ENAC-IIE-GR-CEL STATION 2 CH-1015 LAUSANNE

#### **RÉSUMÉ**

*La pollution par les microplastiques est une source de préoccupation croissante du fait de leurs impacts potentiels sur les écosystèmes et la santé humaine. Depuis quelques années, il est établi que les microplastiques sont présents dans l'ensemble des écosystèmes aquatiques (rivières, lacs, mers, océans) dont le Léman et ses affluents. Dans le cadre d'une démarche d'évaluation de la pollution par les microplastiques du Léman, cette étude vise à identifier leur présence dans le système digestif des poissons du lac ainsi que dans l'eau du Rhône et de la Versoix.*

*Un inventaire de la présence de microplastiques a été réalisé dans 103 appareils digestifs de plusieurs espèces de poissons prélevés dans le Léman par des pêcheurs professionnels. Les espèces choisies représentent à la fois les poissons carnivores qui sont parmi les plus consommés du lac et les poissons communs omnivores préférant le plancton. En plus des contenus gastriques de poissons, six échantillons d'eau de rivière et un échantillon d'eau du lac ont été analysés.*

*Au total 16 particules de plastique >500  $\mu\text{m}$  ont été identifiées dans 10 des 103 poissons analysés, ce qui représente 9.7% des individus étudiés. 80% de ces particules ont été identifiées dans les tubes digestifs de gardons (*Rutilus rutilus*) et de lottes (*Lotta lotta*) provenant respectivement des régions d'Allaman et d'Hermance. Des microplastiques ont été détectés dans l'ensemble des échantillons d'eau analysés. Les concentrations en microplastiques >500  $\mu\text{m}$  mesurées dans l'eau varient entre 0.02 et 0.11 part./m<sup>3</sup> et entre 0.17 et 0.38 part./m<sup>3</sup> pour les microplastiques >100  $\mu\text{m}$ .*

*Ces résultats témoignent d'une pollution relativement limitée des eaux de rivière analysées dans le cadre de cette étude. Les populations de poissons semblent également être faiblement contaminées par les microplastiques de taille >500  $\mu\text{m}$ .*

#### **ABSTRACT**

*Microplastic pollution is a source of growing concern due to their potential impacts on ecosystems and human health. Recently, it has been established that microplastics are present in all aquatic ecosystems (rivers, lakes, seas, oceans) including Lake Geneva and its tributaries. As part of an assessment of the microplastic pollution in Lake Geneva, this study aims to identify their presence in the digestive system of fish from the lake as well as in the Rhone and Versoix rivers.*

*An inventory of the presence of microplastics was carried out on 103 digestive tracts of several species of fish caught in Lake Geneva by professional fishermen. The species chosen represent both the carnivorous fishes which are among the most consumed in the lake and the common omnivorous fishes preferring plankton. In addition to the gastric contents of fish, six samples of river water and one sample of lake water were analyzed.*

*A total of 16 plastic particles >500  $\mu\text{m}$  was identified in 10 of the 103 fish analyzed, which represents 9.7% of the samples. 80% of these particles were identified in the digestive tracts of *Rutilus rutilus* and *Lotta lotta* from Allaman and Hermance respectively. Microplastics were detected in all water samples. The concentrations of microplastics >500  $\mu\text{m}$  measured in water samples vary between 0.02 and 0.11 part./m<sup>3</sup> and between 0.17 and 0.38 part./m<sup>3</sup> for microplastics >100  $\mu\text{m}$ .*

*These results show limited pollution of the river waters analyzed in this study. Fish populations also appear to be only slightly contaminated by microplastics >500 µm*

## 1. INTRODUCTION

La pollution par les microplastiques est une préoccupation mondiale croissante qui affecte tous les écosystèmes aquatiques dont le Léman et ses affluents. Dans le cadre d'une démarche d'évaluation de la pollution par les microplastiques du Léman, cette étude vise à identifier leur présence dans les poissons du lac ainsi que dans l'eau de ses affluents.

Le but de ce travail est de comparer l'occurrence de microplastiques parmi les poissons du Léman avec différents types d'alimentation et d'évaluer si leur comportement alimentaire influençait le contenu en microplastique dans le tube digestif. Un inventaire de la présence de microplastiques a été réalisé dans 103 appareils digestifs de Perches (*Perca fluviatilis*), Gardons (*Rutilus rutilus*), Féras (*Coregonus fera*) et Lottes (*Lota lota*), tous prélevés dans le Léman par des pêcheurs professionnels. Ces espèces ont été choisies car elles représentent à la fois les poissons carnivores et les poissons omnivores préférant le plancton. En effet, Mizraji et al. ont montré un lien entre la diversité du régime alimentaire des poissons vivants (c.-à-d. régime omnivore vs. régime carnivore ou herbivore) et l'ingestion de microplastiques (Mizraji et al., 2017). Il est par conséquent possible qu'un tel lien existe également pour les espèces de poissons vivants dans le Léman. En parallèle, six échantillons d'eau de rivière et un du Léman ont été également analysés pour évaluer le niveau de pollution par les microplastiques du Rhône, de la Versoix et du Léman (région du Petit Lac).

## 2. MATÉRIEL ET METHODES

### 2.1 PRODUITS CHIMIQUES

Les produits suivants ont été commandés chez Sigma-Aldrich : hydroxyde de potassium (KOH, réf. 484016), chlorure de zinc (ZnCl<sub>2</sub>, réf. 211273), Nile Red (réf. 72485). Le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30% provient de VWR. Les filtres utilisés pour cette étude proviennent de Sigma-Aldrich : GF/D, 2.7 µm, Ø47 mm (Whatman®, réf. WHA1823047) et PCTE, 12µm, Ø25 mm (Whatman®, réf. WHA70602516).

### 2.2 ECHANTILLONNAGE

Les échantillons d'eau du Rhône (sites échantillonnages : Bâtiment des Forces Motrices à Genève (amont) et de Chancy (aval)), de la Versoix et du Léman (Petit Lac) ont été prélevés par M. Mathieu Coster et ses collègues de l'Office Cantonal de l'Eau de la République et Canton de Genève. L'ensemble des échantillons ont été prélevés à partir d'un pont en utilisant des filets à plancton de 300 µm et 100 µm placés à mi-profondeur du site d'échantillonnage. Les échantillons ont tous été stockés à 4°C dans l'éthanol afin d'éviter la décomposition des particules organiques.

Les systèmes digestifs de poissons analysés dans cette étude ont été fournis par la CIPEL. Les espèces étudiées sont les suivantes : *Coregonus fera* (Féra; n=28), *Perca fluviatilis* (Perche; n=31), *Rutilus rutilus* (Gardon ; n=34), *Lota lota* (Lotte ; n=10). Ces poissons ont été capturés par des pêcheurs professionnels et proviennent de cinq localités (Allaman [GL2], Tolochenaz [GL1], Clarens [HL], Villeneuve [HL] et Hermance [PL]) et de trois grandes zones de prélèvement (Haut Lac [HL], Grand Lac 1 [GL1], Grand Lac 2 [GL2], Petit Lac [PL]). Tous les échantillons récoltés ont été congelés le jour même et conservés à -20°C.

### 2.3 PROTOCOLE A – ISOLATION DES MICROPLASTIQUES DE SYSTÈMES DIGESTIFS DE POISSONS

Le protocole utilisé pour l'isolation et la quantification des microplastiques présents dans le système digestif des poissons est basé sur les protocoles de Froidevaux (2019), d'Erni-Cassola et al. (2017) et de Mae et al. (2017). Les différentes étapes de ce protocole sont les suivantes :

- L'abdomen des poissons a été incisé et les tubes digestifs placés dans des béchers de 250 mL
- La matière organique a été dégradée dans 50 mL ou 100 mL de KOH 10% (en fonction de la quantité de tissu à digérer) en agitant avec un barreau magnétique en verre pendant 24h à 65°C.
- Les extraits ont ensuite été tamisés à 500 et 100 µm et récupérés dans des béchers de 250 mL.
- Les fractions >500 et >100 µm ont été récupérées sur des filtres GF/D (2.7 µm) de Ø47 mm.
- Ces filtres ont été introduits dans des tubes à centrifuger de 10 mL avec 8 mL d'une solution de ZnCl<sub>2</sub> 37.5% (ρ = 1.36 g/mL) et mis dans un bain à ultrasons pendant 10 minutes.

- Ils ont ensuite été centrifugés à 3000 rpm pendant 10 minutes et le surnageant a ensuite été récupéré sur un filtre PCTE Ø25 mm (12µm). Cette étape a été répétée trois fois pour chaque échantillon.
- La fraction >100 µm a été récupérée sur un filtre PCTE Ø25 mm (12µm).
- La fraction >500 µm a été récupérée sur un filtre PCTE Ø25 mm (12µm).
- Tous les filtres PCTE ont été transférés dans des boîtes de Pétri puis marqués avec 12 gouttes d'une solution de Nile Red (10 µg/mL) dans du méthanol.
- Les filtres ont ensuite été fixés sur des lames de verre pour la microscopie.
- Les lames de verre finies ont été stockées à l'abri de la lumière.
- Les échantillons ont été observés par microscopie et microscopie de fluorescence.

#### **2.4 PROTOCOLE B – ISOLATION DES MICROPLASTIQUES DES ÉCHANTILLONS D'EAU (RIVIÈRES ET LAC)**

Le protocole B ci-dessous est basé sur les méthodes de préparation des échantillons d'Erni-Cassola et *al.* (2017), de Maes et *al.* (2017) et de Froidevaux (2019).

Le protocole ci-dessous a été utilisé pour isoler et quantifier des microplastiques présents dans les échantillons d'eau :

- Les échantillons ont été filtrés sur des tamis en acier inoxydable de >500 et >100 µm et récupérés dans des béchers de 250 ml.
- La matière organique a été dégradée dans 100 ml ou 150 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (en fonction de la quantité de matière organique à dissoudre) en agitant avec un barreau magnétique en verre pendant 24h à 65°C.
- Filtration par les fractions >500 et >100 µm ont été récupérées sur des filtres PCTE (12µm) de Ø47 mm
- La matière organique a été dégradée dans 50 mL ou 100 mL de KOH 10% en fonction de la quantité de matière organique à dissoudre pendant 24h à 65°C en agitant avec un barreau magnétique en verre.
- Filtration par les fractions >500 et >100 µm ont été récupérées sur des filtres PCTE (12µm) de Ø25 mm.
- Ces filtres ont été introduits dans des tubes à centrifuger de 10 mL avec 8 mL d'une solution de ZnCl<sub>2</sub> 37.5% (ρ = 1.36 g/mL) et mis dans un bain à ultrasons pendant 10 minutes.
- Ils ont ensuite été centrifugés à 3000 rpm pendant 10 minutes et le surnageant est récupéré. Cette étape a été répétée trois fois pour chaque échantillon.
- Les surnageants de la fraction >100 µm et de la fraction >500 µm ont été filtrés avec un filtre PCTE Ø25 mm (12µm).
- Tous les filtres PCTE ont été transférés dans des boîtes de Pétri puis marqué avec 12 gouttes d'une solution de Nile Red 10 µg/mL dans du méthanol.
- Les filtres ont ensuite été fixés sur des lames de verre pour la microscopie.
- Les lames de verre finies ont été stockées à l'abri de la lumière.
- Les échantillons ont été observés par microscopie et microscopie de fluorescence.

#### **2.5 ANALYSE MICROSCOPIQUE**

Une fois les filtres secs et fixés sur des lames de verre, celles-ci ont été analysées une à une à la loupe binoculaire (Leica EZ4 et Leica MZ16 FA) à un agrandissement de 4 à 40× selon la taille des particules. L'analyse visuelle s'appuie sur une série de critères préalablement définis (Table 1) (Lusher et al., 2017). En parallèle, les échantillons ont également été analysés par microscopie de fluorescence (Leica DM5500) afin de détecter les microplastiques marqués par le Nile Red. Les échantillons ont été observés avec un filtre vert (excitation 460 nm - émission 525 nm) et rouge (excitation 565 nm - émission 630 nm) (Erni-Cassola et al., 2017; Maes et al., 2017; Shim et al., 2017). Quand une particule rassemblait une partie des critères de la Table 1 et quelle était fluorescente après marquage au Nile Red, celle-ci a été recensée comme un microplastique. Aucune analyse de la composition chimique par spectroscopie infrarouge ATR (FTIR-ATR) n'a pu être réalisée car la surface des particules détectée était toujours inférieure à 1mm<sup>2</sup>.

Table 1 : Critères d'analyse des particules à identifier

Critères	
Forme	Solide/flexible Aspects de surface uniformes Pas de structures cellulaires visibles Surface luisante, brillante ou scintillante Microbilles sphériques
Couleur	Couleur : noir, blanc, gris, bleu, violet, rose, rouge, orange, jaune, beige, brun, vert, transparent, autre. Couleur homogène/hétérogène
Fluorescence	Fluorescent par marquage au Nile Red

Des contrôles négatifs et des blancs de laboratoire ont été préparés et analysés en suivant les protocoles A et B. Aucun de ces contrôles négatifs s'est révélé positif après l'analyse microscopique. Ceci indique que les particules de plastique détectées dans les échantillons ne proviennent pas du processus utilisé pour extraire les microplastiques.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Sur les 103 échantillons de poisson analysés (toutes espèces confondues), seulement 16 particules >500 µm, identifiées comme des microplastiques, ont été trouvées. Elles sont réparties sur 10 échantillons : 1 Perche (1/31), 4 lottes (4/10), 1 féra (1/28) et 4 gardons (4/34); ce qui représente une occurrence de microplastique dans 9.7% des échantillons analysés et de 0.15 particule par poisson en moyenne (Figure 1, Table 2). Aucun microplastique primaire n'a été trouvé et aucune fibre n'a été finalement retenue et comptabilisée comme microplastique. L'ensemble des fibres détectées étaient d'origine végétale (p.ex. coton). Tous les microplastiques détectés dans les tubes digestifs étaient des fragments de plastiques. La composition chimique des microplastiques retrouvés n'a pas pu être déterminée en raison de la taille des particules (<1mm<sup>2</sup>) qui ne permettait pas d'utiliser un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (ATR-FTIR). Parmi les poissons dans lesquels des microplastiques >500 µm ont été détectés, 4 sur 10 provenaient de la zone PL et 5 sur 10 de la zone GL2. Sur les dix poissons présentant des microplastiques dans leur tube digestif huit sont des lottes ou des gardons. Les lottes sont des poissons se nourrissant principalement de vers, de larves d'insectes, d'alevins et d'œufs de poissons, de crustacés. C'est un poisson fouilleur à la mandibule inférieure munie de filaments tactiles. Les gardons sont quant à eux des poissons omnivores qui varient leur alimentation selon la saison et l'offre en nourriture du milieu. Mizraji et al. ont montré que certains poissons omnivores ont tendance à accumuler davantage les microplastiques que les poissons carnivores (Mizraji et al., 2017).

Cependant, la faible occurrence de microplastiques décelée dans les 103 échantillons analysés ne permet pas de révéler une éventuelle corrélation entre le nombre de microplastiques détecté et le régime alimentaire des poissons capturés ou même entre les différentes espèces de poissons. De plus, il n'est également pas possible de faire de liens statistiquement significatifs entre le faible nombre de microplastiques décelé dans les échantillons et la taille ou le poids des individus ou même la zone de capture.

Bien que les concentrations de microplastiques mesurées dans les eaux du Léman pourraient laisser penser à une prévalence importante de microplastiques dans les poissons échantillonnés (Boucher et al., 2019; Faure et al., 2016, 2015, 2012), ces résultats montrent que ce n'est pas le cas.

En effet, une occurrence de microplastiques inférieure à 10% a été observée dans le cadre de cette étude. Ce résultat est du même ordre de grandeur que ceux rapportés par d'autres études scientifiques réalisées sur des poissons d'eau douce (Collard et al., 2018; Faure et al., 2015; Froidevaux, 2019; Sanchez et al., 2014). Bien qu'une faible fraction des poissons du Léman capturés pour cette étude contenait des microplastiques dans leur tube digestif, il est pour le moment impossible d'évaluer clairement l'impact de la présence de ces microplastiques dans le système digestif des poissons sur la santé des populations de perches, gardons, féras et lottes du Léman. Bien que des microplastiques >500 µm ont été détectés dans un nombre limité de poissons, il est probable que les poissons du Léman ingèrent également des microplastiques de plus petite taille.

Table 2 : Tableau récapitulatif des microplastiques détectés dans les tubes digestifs de poisson.  $n_{MP}$  : nombre de microplastique, Flo : fluorescence des particules avec le Nile Red.

ID	Espèce	Localité	Zone	Sexe	Mass [g]	Longueur [cm]	Fluo >500 $\mu\text{m}$	Couleur	$n_{MP}$ >500 $\mu\text{m}$
56	Perche	Allaman	GL2	♀	38	16.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Gris	2
146.1	Lotte	Hermance	PL	♀	102	25.5	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	1
146.2	Lotte	Hermance	PL	♂	158	29.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	1
162	Féra	Tolochenaz	GL1	♀	678	40.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	3
273	Gardon	Allaman	GL2	♂	51.5	17.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	1
276	Gardon	Allaman	GL2	♀	69	19.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Gris	2
280	Gardon	Allaman	GL2	♀	85	20.5	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	2
281	Gardon	Allaman	GL2	♀	69	18.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	2
295	Lotte	Hermance	PL	♀	95	25.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Blanc	1
296	Lotte	Hermance	PL	♂	99.5	25.5	<input checked="" type="checkbox"/>	Bleu	1

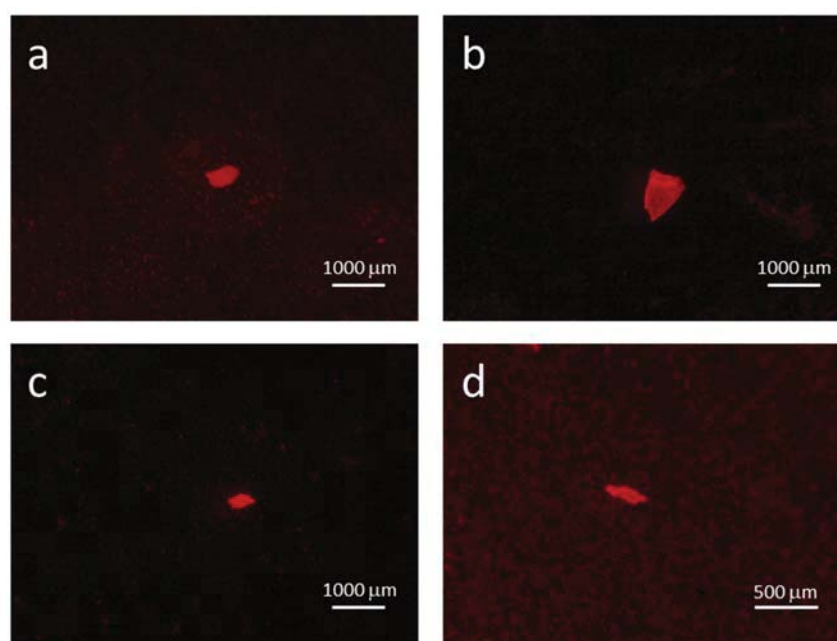


Figure 1 : illustrations des particules trouvées et identifiées en tant que microplastique ; (a) poisson [ID 162] (b) poisson [ID 280] (c) poisson [ID 281] (d) Rhône Chancy 300 $\mu\text{m}$ . Images obtenues par microscopie de fluorescence ( $\lambda_{\text{ex}}$ . 565 nm -  $\lambda_{\text{em}}$ . 630 nm).

Les analyses des échantillons d'eau ont montré que l'ensemble des prélèvements étaient contaminés par des microplastiques >500  $\mu\text{m}$  et >100  $\mu\text{m}$ . Les concentrations en microplastiques >500  $\mu\text{m}$  varient entre 0.02 et 0.11 part./m<sup>3</sup> (médiane=0.05±0.03 part./m<sup>3</sup>) et entre 0.17 et 0.38 part./m<sup>3</sup> (médiane=0.30±0.09 part./m<sup>3</sup>) pour les microplastiques >100  $\mu\text{m}$  (Table 3). Les concentrations en microplastiques >100  $\mu\text{m}$  sont donc en moyenne 6 fois plus élevées que les concentrations de particules de plastique >500  $\mu\text{m}$ . Les concentrations de microplastiques >100  $\mu\text{m}$  mesurées dans le Petit Lac (GE3) sont légèrement supérieures à celles mesurées dans le Rhône et la Versoix. Cependant, il n'est pas possible de tirer de conclusion ferme en raison du faible nombre d'échantillons analysés.

En effet, la concentration en microplastiques peut être influencée par de nombreux facteurs tels que la profondeur d'échantillonnage, le volume échantillonné, les courants, la vitesse de l'eau, etc. Les concentrations en microplastiques mesurées dans la Versoix, le Rhône et le lac sont globalement faibles en comparaison avec les concentrations mesurées par exemple le long du Rhin (Mani et al., 2015). Cependant, ces concentrations sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en Nouvelle Zélande dans plusieurs cours d'eau proches de zones urbanisées (Dikareva and Simon, 2019).

Table 3 : Tableau récapitulatif des microplastiques détectés dans les échantillons d'eau.  $n_{MP}$  : nombre de microplastique, [MP] : concentration de microplastique en particules par  $m^3$  d'eau filtrée, Flo : fluorescence des particules avec le Nile Red.

ID	Vol. $m^3$	Prof. station m	Fluo $>500\mu m$	$n_{MP}$ $>500\mu m$	Fluo $>100\mu m$	$n_{MP}$ $>100\mu m$	[MP] $>500\mu m$ part./ $m^3$	[MP] $>100\mu m$ part./ $m^3$
GE3 0-65m 100 $\mu m$ (Petit Lac)	18.2	70.0	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	7	0.05	0.38
Versoix CFF 300 $\mu m$	196	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input checked="" type="checkbox"/>	10	0.02	- <sup>a</sup>
Versoix CFF 100 $\mu m$	40.6	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	7	0.05	0.17
Rhône bât. forces motrices 300 $\mu m$	222.0	3.4	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	9	0.02	- <sup>a</sup>
Rhône bât. forces motrices 100 $\mu m$	50.6	3.4	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>	15	0.06	0.30
Rhône Chancy 300 $\mu m$	190.0	1.0	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input checked="" type="checkbox"/>	11	0.02	- <sup>a</sup>
Rhône Chancy 100 $\mu m$	55.6	1.0	<input checked="" type="checkbox"/>	6	<input checked="" type="checkbox"/>	17	0.11	0.31

<sup>a</sup> La concentration de microplastique  $>100\mu m$  par  $m^3$  d'eau ne peut pas être calculée car la maille du filet utilisé est de 300  $\mu m$ .

#### 4. CONCLUSION

Un aperçu de la prévalence des microplastiques dans le système digestif de différentes espèces de poissons du Léman ainsi que dans les eaux du Rhône, de la Versoix et du Lac a pu être dressé. Globalement, l'ensemble des échantillons d'eau analysés étaient faiblement contaminés par des microplastiques en comparaison à d'autres rivières ou lacs européens (Li et al., 2020; Mani et al., 2015; Uurasjärvi et al., 2020). Même si les concentrations significatives de microplastiques observées dans les eaux du Léman pouvaient laisser penser à une prévalence de microplastiques dans le système digestif des poissons échantillonnés, cette étude suggère que ce n'est pas le cas. Un lien entre le régime alimentaire des poissons et l'ingestion de microplastiques n'a pas pu être démontré par cette étude en raison du faible nombre d'individus contenant des particules de plastiques dans leur système digestif.

L'analyse d'échantillons complémentaires est nécessaire pour pouvoir valider statistiquement les résultats obtenus dans le cadre de ce projet. L'analyse des extraits des contenus gastriques tamisés à 100  $\mu m$  permettra d'obtenir un meilleur aperçu du degré d'exposition des poissons du Léman aux microplastiques. Certains échantillons pourraient également être analysés par imagerie chimique infrarouge afin de confirmer la composition chimique des particules les plus fines identifiées comme microplastiques. La mesure de la concentration en microplastiques en surface et en profondeur sur les sites de capture serait certainement une plus-value qui permettrait éventuellement de faire un lien entre les concentrations mesurées dans l'eau et celles mesurées dans le système digestif des poissons. De plus, des analyses supplémentaires pourraient être faites en séparant différentes parties du système digestif et/ou autres organes (p.ex. foie) afin de déterminer si des microplastiques atteignent ceux-ci. Finalement, il serait également intéressant de poursuivre ces recherches sur les poissons vivants dans les affluents du Léman.



## BIBLIOGRAPHIE

- Boucher, J., Faure, F., Pompini, O., Plummer, Z., Wieser, O., de Alencastro, L. F., 2019. (Micro) plastic fluxes and stocks in Lake Geneva basin. *TrAC Trends Anal. Chem.* 112, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.037>
- Collard, F., Gasperi, J., Gilbert, B., Eppe, G., Azimi, S., Rocher, V., Tassin, B., 2018. Anthropogenic particles in the stomach contents and liver of the freshwater fish *Squalius cephalus*. *Sci. Total Environ.* 643, 1257–1264. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.313>
- Dikareva, N., Simon, K.S., 2019. Microplastic pollution in streams spanning an urbanisation gradient. *Environ. Pollut.* 250, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.105>
- Erni-Cassola, G., Gibson, M.I., Thompson, R.C., Christie-Oleza, J.A., 2017. Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics (1 mm to 20 µm) in Environmental Samples. *Environ. Sci. Technol.* 51, 13641–13648. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04512>
- Faure, F., de Alencastro, F., L., 2016. Microplastiques: situation dans les eaux de surface en Suisse. *Aqua Amp Gas* 72–77.
- Faure, F., Corbaz, M., Baecher, H., de Alencastro, F. L., 2012. Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea. *Arch. Sci.* 7.
- Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., de Alencastro, L.F. de, 2015. Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. *Environ. Chem.* 12, 582–591. <https://doi.org/10.1071/EN14218>
- Froidevaux, S., 2019. Microplastiques dans les poissons du Lac Léman ? Prospection sur le Gardon (*Rutilus rutilus*) et la Perche (*Perca fluviatilis*). Master (Master Thesis). Université de Lausanne.
- Li, C., Busquets, R., Campos, L.C., 2020. Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. *Sci. Total Environ.* 707, 135578. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135578>
- Lusher, A., Bråte, I.L.N., Hurley, R.R., Iversen, K., Olsen, M., 2017. Testing of methodology for measuring microplastics in blue mussels (*Mytilus* spp) and sediments, and recommendations for future monitoring of microplastics (R & D-project).
- Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K., Mayes, A.G., 2017. A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Sci. Rep.* 7, 44501. <https://doi.org/10.1038/srep44501>
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., Burkhardt-Holm, P., 2015. Microplastics profile along the Rhine River. *Sci. Rep.* 5, 17988. <https://doi.org/10.1038/srep17988>
- Mizraji, R., Ahrendt, C., Perez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., Patricio Ojeda, F., Duarte, C., Galbán-Malagón, C., 2017. Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut? *Mar. Pollut. Bull.* 116, 498–500. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.008>
- Sanchez, W., Bender, C., Porcher, J.-M., 2014. Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: Preliminary study and first evidence. *Environ. Res.* 128, 98–100. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2013.11.004>
- Shim, W.J., Hong, S.H., Eo, S.E., 2017. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal. Methods* 9, 1384–1391. <https://doi.org/10.1039/C6AY02558G>
- Uurasjärvi, E., Hartikainen, S., Setälä, O., Lehtiniemi, M., Koistinen, A., 2020. Microplastic concentrations, size distribution, and polymer types in the surface waters of a northern European lake. *Water Environ. Res.* 92, 149–156. <https://doi.org/10.1002/wer.1229>