

MICROPLASTIQUES

Pollutions aux microplastiques : un défi majeur pour les eaux du canton

Issues de l'industrie pétrochimique, les matières plastiques développées dans les années 1920 ont été appliquées à de multiples secteurs. Depuis lors, les quantités de plastiques produites ne diminuent pas : environ 350 millions de tonnes ont été produites dans le monde en 2020 (OCDE, 2020).

Le saviez-vous ?



Au niveau de la Suisse, on estime que chaque année environ 14 000 tonnes de plastiques (macroplastiques et microplastiques) se retrouvent dans l'environnement (OFEV, 2020).

Les plastiques sont fabriqués à partir de nombreux polymères différents tels que le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le polythéréphtalate d'éthylène (PET) et le polystyrène (PS) et peuvent se retrouver sous différentes formes et dans de très nombreuses applications.

De plus, les plastiques contiennent souvent des additifs, utilisés pour modifier leurs propriétés, tels que des pigments pour les colorer, des assouplissants pour modifier la rigidité, des antioxydants, ou encore des retardateurs de flamme.

Les microplastiques qui dérivent de ces plastiques sont notamment caractérisés par leur petite taille (Figure 1) de moins de cinq millimètres (5 mm) jusqu'à environ un micromètre (1 μ m).

Les microplastiques en chiffres



150 mio t

de microplastiques flottent dans les océans



50 t

de plastiques s'accumulent sur les rives du Léman chaque année



450 ans

c'est la durée de vie approximative d'un sac plastique dans l'environnement

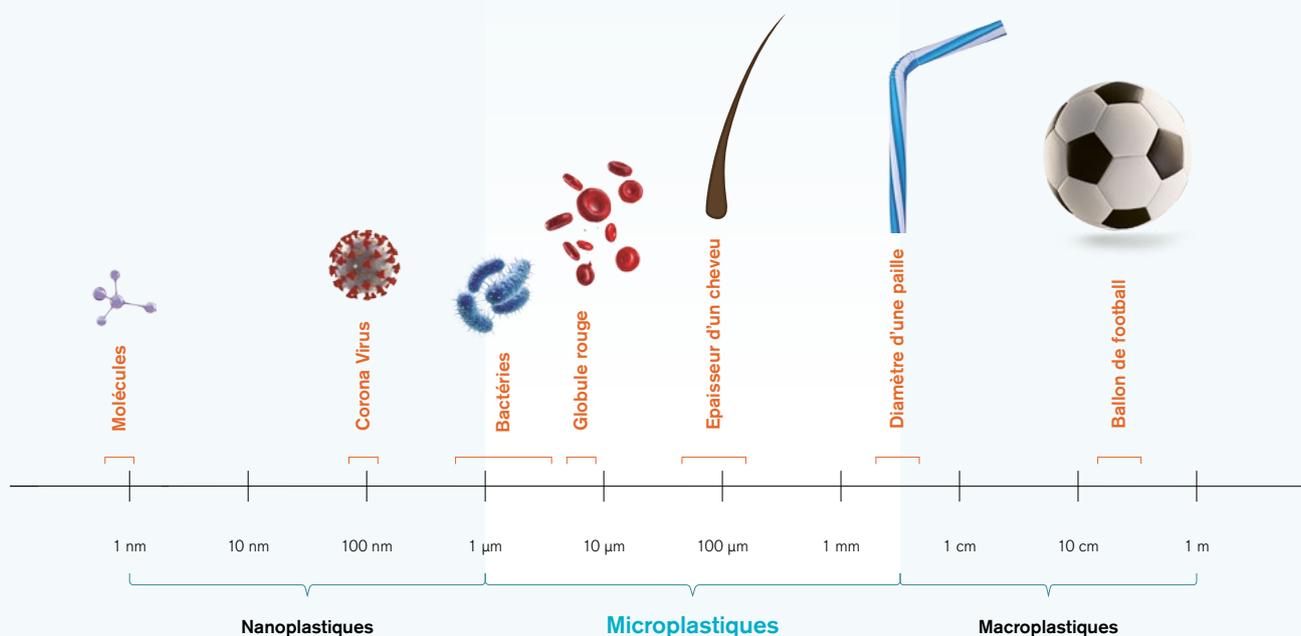


Figure Microplastiques 1 : Echelle de taille des macroplastiques, microplastiques et nanoplastiques avec exemples de représentation.

Les sources de microplastiques dans les eaux superficielles : les STEP retiennent les microplastiques tandis que les pneus représentent un apport important

Les sources de microplastiques comprennent entre autres l'abrasion des pneus sur le bitume, le lavage des fibres de vêtements synthétiques, les produits cosmétiques, la fragmentation des plastiques due au littering ou encore d'autres sources provenant des chantiers de construction et de l'agriculture (Kye et al., 2023; Li et al., 2020; Gossmann et al., 2023).

Une étude préliminaire de la Direction générale de l'environnement (DGE) a examiné les différents types de microplastiques et leur occurrence dans les eaux, analysant les rejets de stations d'épuration, les rejets routiers et les eaux de rivière.

L'analyse des microplastiques conventionnels (hors abrasion de pneus) effectuée par microscopie-FTIR (FTIR: spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier) montre des teneurs de l'ordre de 2 particules par litre pour les rivières à environ 80 particules par litre pour un rejet de station d'épuration (Figure 2).

Ces résultats correspondent à des résultats similaires obtenus dans des études effectuées en Suisse comme celle de l'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du Canton de Zürich (AWEL; Cabernard et al., 2016) qui montre que globalement les stations d'épuration retiennent relativement bien les microplastiques conventionnels.

La seconde partie de l'étude a été réalisée spécifiquement sur l'abrasion des pneus. Des analyses ont été effectuées par microscopie électronique à balayage pour déterminer la quantité de particules d'abrasions de pneus (TRWP, Tire Road Wear Particles) dans un rejet routier lors d'un évènement pluvieux et dans la rivière (la Promenthouse) réceptrice au même moment (Figure 3).

Les fortes quantités de particules (plusieurs dizaines de millions) et les concentrations élevées (plusieurs dizaines de milligrammes par litre) mettent en lumière que l'abrasion des pneus est une thématique importante concernant la présence de microplastiques dans les eaux superficielles. De plus, selon une étude de l'OFEV (2020), 1'800 tonnes de particules de microplastiques purs provenant des pneus sont rejetées dans les eaux de surface suisses chaque année. Pour la Suisse, l'abrasion des pneus représente la majorité des microplastiques rejetés dans l'environnement (environ 90%; EMPA, 2024). Cependant, cette estimation se base sur des données de 1970, il serait donc nécessaire d'actualiser ces données.

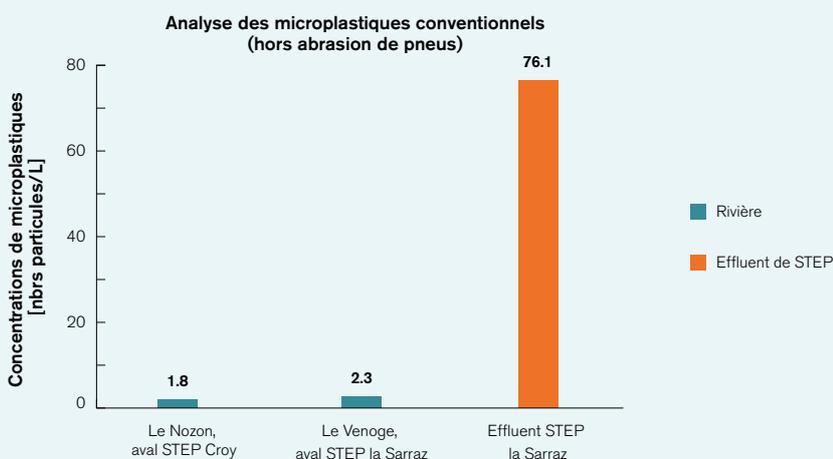


Figure Microplastiques 2 : Analyse des microplastiques usuels (hors abrasion de pneus) dans les eaux de rivière et dans un rejet de station d'épuration avec une limite de taille fixée entre 50 µm et 1 mm.



Prélèvement d'un rejet routier sur la Promenthouse

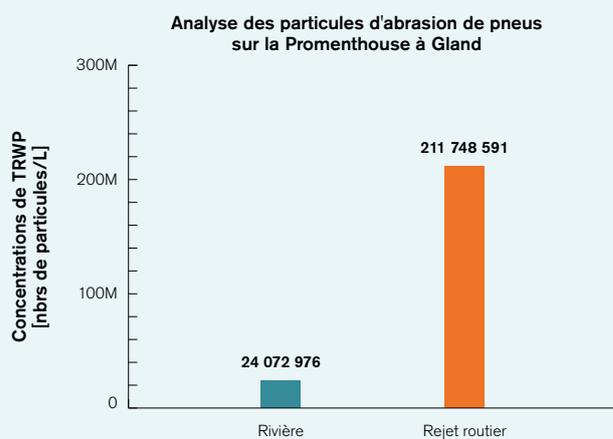
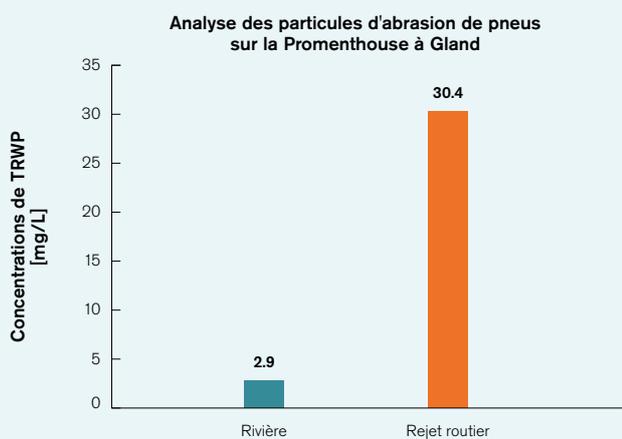


Figure Microplastiques 3 : Analyse d'un rejet routier sur la Promenthouse à Gland, ainsi que dans la rivière lors d'un événement pluvieux. Le premier graphique montre la concentration en masse par litre et le deuxième en nombre de particules par litre de TRWP allant de 2 à 125 µm.

L'abrasion des pneus et les additifs dans les pneus : une problématique aiguë pour la qualité des eaux

L'un des défis posés par les plastiques, y compris les particules de pneus, est qu'ils nécessitent des dizaines voire des centaines d'années pour se décomposer dans l'environnement.

Cependant, étant donné que le trafic routier ne diminue pas selon l'OFS (2022)¹, l'abrasion des pneus et le lessivage des routes par la pluie contribuent à une accumulation de ces particules dans les rivières et les lacs.

Plusieurs études suggèrent que l'abrasion des pneus dépend notamment du trafic journalier sur la route et des conditions météorologiques (température, humidité).

Il existe également d'autres facteurs liés aux véhicules utilisés comme le poids, l'âge et l'utilisation (accélération, freinage, type d'asphalte, etc.), mais également des facteurs liés à l'infrastructure routière (zone de freinage, accélération ; Andersson-Sköld et al., 2020).

¹ Notons que la population suisse augmente également, expliquant cette observation.

Mais de quoi est composée une particule de pneu ?

Dans l'environnement, les résidus d'abrasion de pneu (TRWP, Tire Road Wear Particles) ne sont pas uniquement composés de pneu, mais d'un mélange d'asphalte de la route et de caoutchouc de pneu à hauteur d'environ 50% chacun (Hartmann et al., 2019).

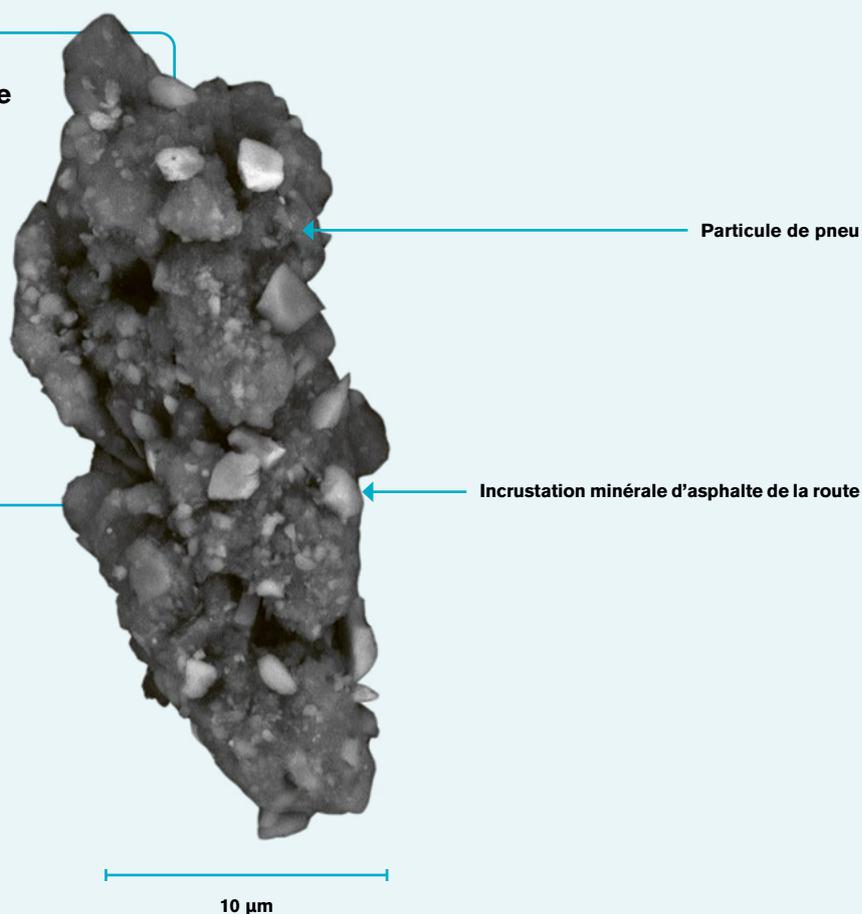


Figure Microplastiques 4 : Image par microscopie électronique à balayage d'une particule d'abrasion de pneu.

Source : Particle Vision GmbH à Fribourg.



Rejets dans le Talent, Montheron

Le saviez-vous ?



Pour déterminer la toxicité d'une substance chimique dans l'environnement, des tests sont effectués en laboratoire, qui permettent de déterminer la concentration de la substance susceptible d'entraîner la mort de 50 % des animaux testés (DL50 : dose létale médiane).

Les pneus contiennent également des additifs qui peuvent être toxiques pour certains organismes aquatiques et qui sont susceptibles d'atteindre les rivières et donc de les contaminer.

Un additif, la 6PPD-quinone, utilisée comme stabilisateur dans les caoutchoucs, présente des effets toxiques importants, entre autres pour le saumon coho (poisson océanique, non présent en Suisse) à des concentrations très faibles (DL50 dans le milieu aquatique : 95 ng/L ; Tian et al., 2022) et la truite arc-en-ciel juvénile (DL50 dans le milieu aquatique : 650 ng/L ; Nair et al., 2023).

La truite arc-en-ciel est une espèce introduite, mais restreinte², présente dans certains petits lacs et étangs du canton de Vaud (DGE Biodiversité et paysage, 2021).

Au vu des différents paramètres pouvant influencer les abrasions de pneus, une campagne a été effectuée en étudiant différents rejets routiers sur le territoire cantonal. Les rejets se situent sur six cours d'eau et un lac à travers le canton (le Boiron, la Venoge, la Promenthouse, le Grenet, le Talent et le Lac de Bret ; Figure 5).

Les rejets ont également été sélectionnés avec une grande variabilité du trafic journalier moyen (TJM), afin d'étudier des routes aux fréquentations diverses et en fonction de la cartographie disponible du rejet.

Au total, 11 prélèvements ont été réalisés sur des rejets routiers par temps pluvieux en automne 2023. Dans ces échantillons, la concentration de 6PPD-quinone et l'analyse de particules de pneu (TRWP) ont été réalisées grâce à la collaboration du laboratoire de l'Office cantonal de l'eau (OCEau) du Canton de Genève et de l'entreprise *Particle Vision GmbH*² à Fribourg.

² Par l'ordonnance relative à la loi fédérale sur la pêche (OLFP).

Des kilos d'abrasion de pneu se retrouvent dans les rivières

Les concentrations de résidus de pneu (TRWP) dans les rejets routiers se déversant dans une rivière sont représentées sur une carte (Figure 5) et résumées dans le Tableau 1.

Les concentrations de particules de pneus ont des valeurs maximales observées dans la Venoge à Bussigny d'environ 30 mg/L pour un trafic journalier de 20 000 véhicules par jour et dans le Boiron à Tolochenaz d'environ 20 mg/L pour un trafic journalier de 17 000 véhicules par jour.

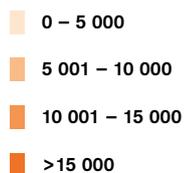
De plus, au niveau du site de Tolochenaz sur le Boiron, la mesure du débit lors du prélèvement a permis de déterminer un débit massique d'environ 200 g de particules de pneu par heures.

Par extrapolation, il est possible d'estimer que l'équivalent d'un pneu de 9 kg se déverserait dans le Boiron en quatre jours en cas de précipitations continues.

Étant donné que, selon la littérature, les camions génèrent environ six fois plus de particules de pneus que les voitures, les TJM ont été ajustés dans cette synthèse pour intégrer la contribution plus importante des poids lourds.



Trafic journalier moyen
(Véhicules/jours) :



TRWP
(mg/L) :

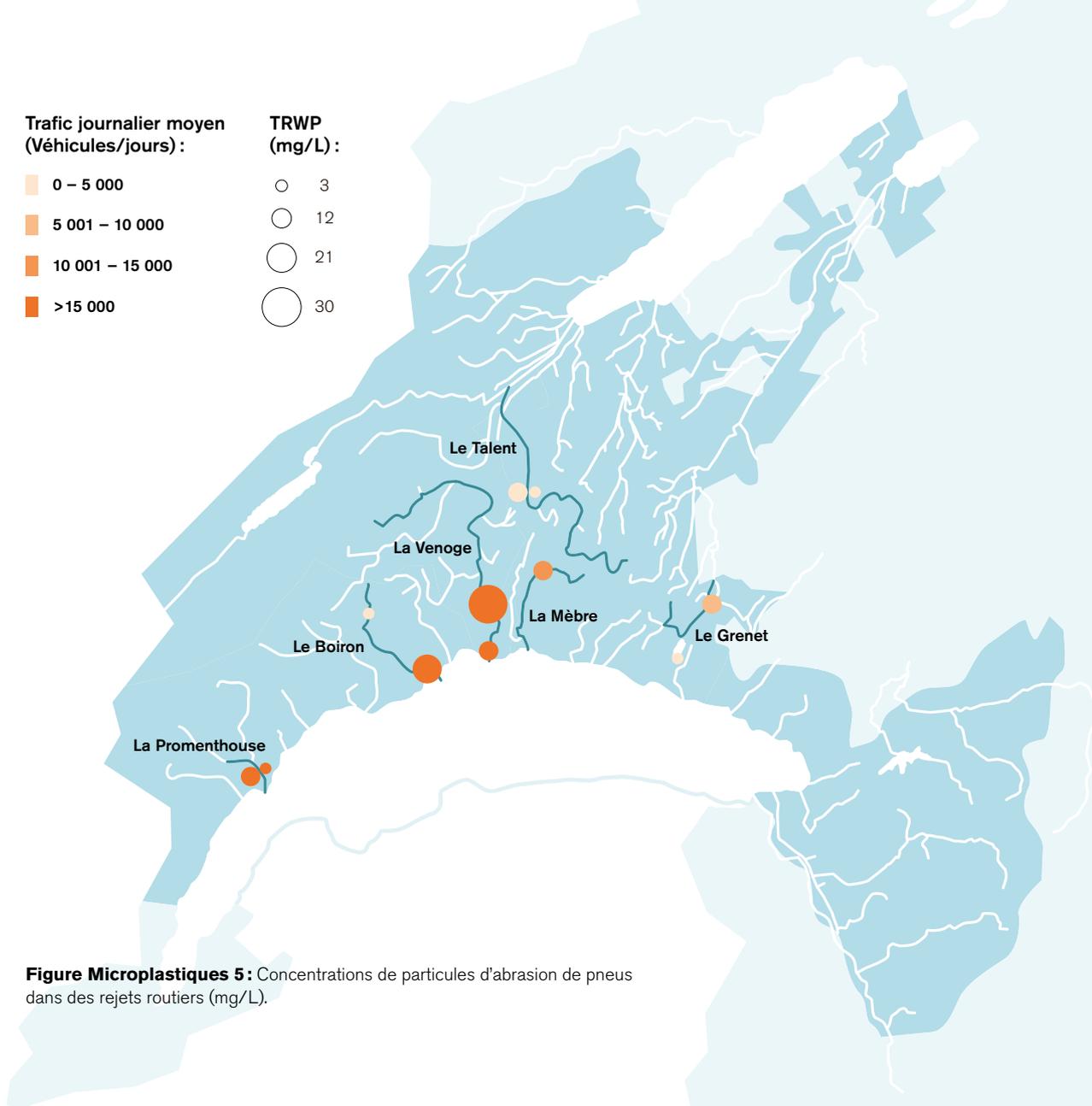


Figure Microplastiques 5 : Concentrations de particules d'abrasion de pneus dans des rejets routiers (mg/L).

Lieux de déversement des rejets routiers (milieux récepteurs)	Concentration de TRWP [Nb/L]	Concentration de TRWP [mg/L]	Débit massique de TRWP [g/heure]
Le Boiron , Ballens	6 828 999	2,8	4
Le Boiron , Tolothenaz	75 320 507	19,8	204
Le Talent , Oulens-Sous-Echallens, rive gauche	23 240 330	11,6	5
Le Talent , Oulens-Sous-Echallens, rive droite	16 635 796	5,2	9
Le Grenet , Route des Tavernes	13 379 130	7,3	79
La Promenthouse , Route de Lausanne, rive droite	21 781 227	7,2	6
La Promenthouse , Route de Lausanne, rive gauche	35 010 053	11,2	28
Lac de Bret , Route de Forel	16 024 547	6,0	32
La Mère , Cheseaux-sur-Lausanne	28 632 663	10,9	7
La Venoge , St-Sulpice	35 814 100	8,2	3
La Venoge , Bussigny	123 913 946	29,8	4

Tableau Microplastiques 1 : Concentration de résidus d'abrasion de pneus (TRWP allant de 2 à 125µm) en nombre par litre (Nb/L) et en milligramme par litre (mg/L) dans les différents rejets routiers analysés par Particle Vision GmbH (selon Rausch et al., 2022). Les débits massiques en gramme par heure ont également été calculés à partir des débits mesurés sur chaque site.

Des concentrations problématiques pour les salmonidés

Les concentrations de 6PPD-Quinone mettent en évidence des dépassements de la DL50 du saumon coho (Figure 6) dans 10 des 11 prélèvements routiers (espèce non présente en Suisse).

Concernant la truite arc-en-ciel présente dans certains petits lacs et étangs du canton, les concentrations sur l'ensemble des rejets routiers analysés restent en dessous de la DL50 pour les juvéniles.

La toxicité d'une molécule étant dépendante de l'espèce concernée, une toxicité à proprement parler n'est pas mesurable directement. Cependant, au vu des résultats obtenus dans les rejets routiers, les concentrations de 6PPD-quinone pourraient s'avérer toxiques pour certaines espèces.

Une analyse de la concentration de la 6PPD-quinone dans les milieux récepteurs couplée à une analyse écotoxicologique complémentaire serait à envisager pour évaluer l'impact réel de cette molécule sur la faune locale.



Figure Microplastiques 6 : Concentrations de 6-PPD-quinone analysées par l'Office cantonal de l'eau de Genève (OCEau) en nanogrammes par litre (ng/L) dans les eaux de onze rejets routiers. La dose létale médiane du saumon coho (95 ng/L) et de la truite arc-en-ciel juvénile (650 ng/L) sont illustrées à titre indicatif¹.

¹ Les données pour les espèces de poissons helvétiques vivant en rivière ne sont pas connues à l'heure actuelle. A noter également que les mesures de 6PPD-quinone sont réalisées dans des rejets routiers et non dans le milieu récepteur final (rivière ou lac) où la faune est présente. Les teneurs en 6PPD-quinone seront donc plus faibles dans le milieu récepteur dû à l'effet de dilution avec les eaux du milieu.

Quelles sont les perspectives au niveau cantonal ?

La thématique des microplastiques étant vaste, de nombreux points restent encore à approfondir. Il est donc nécessaire de poursuivre les investigations concernant cette problématique pour déterminer les sources principales de transfert de microplastiques vers les milieux aquatiques, les risques éco-toxicologiques qu'ils représentent et ainsi pouvoir agir à la source du problème.

Par ailleurs, la DGE et la Direction générale de la mobilité et des routes (DGMR) ont collaboré pour élaborer un Plan de gestion des eaux de chaussées. La DGMR respecte les directives et normes en vigueur lors de l'élaboration de ses projets, en partenariat avec la DGE. Ensemble, ces deux directions ont mis en place un outil de gestion visant à planifier à long terme, en tenant compte de l'ensemble du territoire vaudois, la conformité des routes cantonales avec la directive du VSA intitulée « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » de 2019, ainsi que la norme routière VSS 40 361 sur les installations de traitement, également de 2019.

En prenant en compte l'ensemble des routes cantonales situées en localité (gérées par les communes) et hors localité (gérées

par le Canton), une analyse approfondie des 2'130 kilomètres de chaussées a permis d'identifier les tronçons les plus sensibles en matière de pollution, ainsi que ceux ayant le plus grand impact selon les débits, les types et les lieux de rejet dans le milieu naturel (nappe, lac ou cours d'eau).

Par conséquent, la DGMR a déjà engagé des investissements significatifs et en prévoit d'autres pour le traitement des eaux des chaussées cantonales. Ces mesures contribueront à renforcer la protection des eaux superficielles et souterraines.

En vue de mieux cerner cette problématique sur les microplastiques, le Canton poursuit des investigations, notamment sur :

- les rejets routiers, dans le but de mieux estimer le flux total de microplastiques liés aux abrasions de pneus afin de cibler les rejets prioritaires.
- l'efficacité des différentes techniques de traitement des eaux de chaussées.
- le stockage de ces particules non dégradables dans les sédiments.
- les additifs de type micropolluants liés aux microplastiques et pouvant générer un potentiel risque d'écotoxicité.

Pour en savoir plus

Andersson-Sköld et al., 2020. *Microplastics from tyre and road wear A literature review*^[2].

Cabernard et al., 2016. *Mikroplastik in Abwasser U. Gewässern*. Aqua & Gas, 7/8, 2016.

Direction générale de l'environnement – Biodiversité et paysage, 2021. *Statistiques de pêche, Rivières analyses de 2021, Evolution des captures et du repeuplement*.

EMPA, 13 février 2024. *Les pneus des véhicules, source de microplastiques*^[2].

Goßmann et al., 2023. *Occurrence and backtracking of microplastic mass loads including tire wear particles in northern Atlantic air*^[2]. Nature Communications.

Hartmann et al., 2019. *Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris*^[2].

Kye et al., 2023. *Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards*^[2].

Li et al., 2020. *Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China*^[2].

Nair et al., 2023. *Synthesis and Toxicity Evaluation of Tire Rubber-Derived Quinones*^[2].

OFEV, 2020. *Le plastique dans l'environnement Suisse, Etat des connaissances sur les impacts environnementaux des plastiques (micro-macroplastiques)*.

OECD (Organisation de coopération et de développement économiques). *2020 Rapport Global Plastics Outlook, Economic Drivers, Environmental impacts and policy options*.

OFS, Office fédérale de la statistique, 2022. Excel « *Trafic quotidien moyen des véhicules à moteur sur certains axes routiers, Vaud, depuis 1985* ».

Rausch et al., 2022. *Automated identification and quantification of tire wear particles (TWP) in airborne dust: SEM/EDX single particle analysis coupled to a machine learning classifier*^[2].

Tian et al., 2022. *6PPD-Quinone: Revised Toxicity Assessment and Quantification with a Commercial Standard*^[2]. Environmental Science & Technology Letters 2022.