

CHF 15.-
€ 10.-

aqua viva

Le journal de la protection des eaux

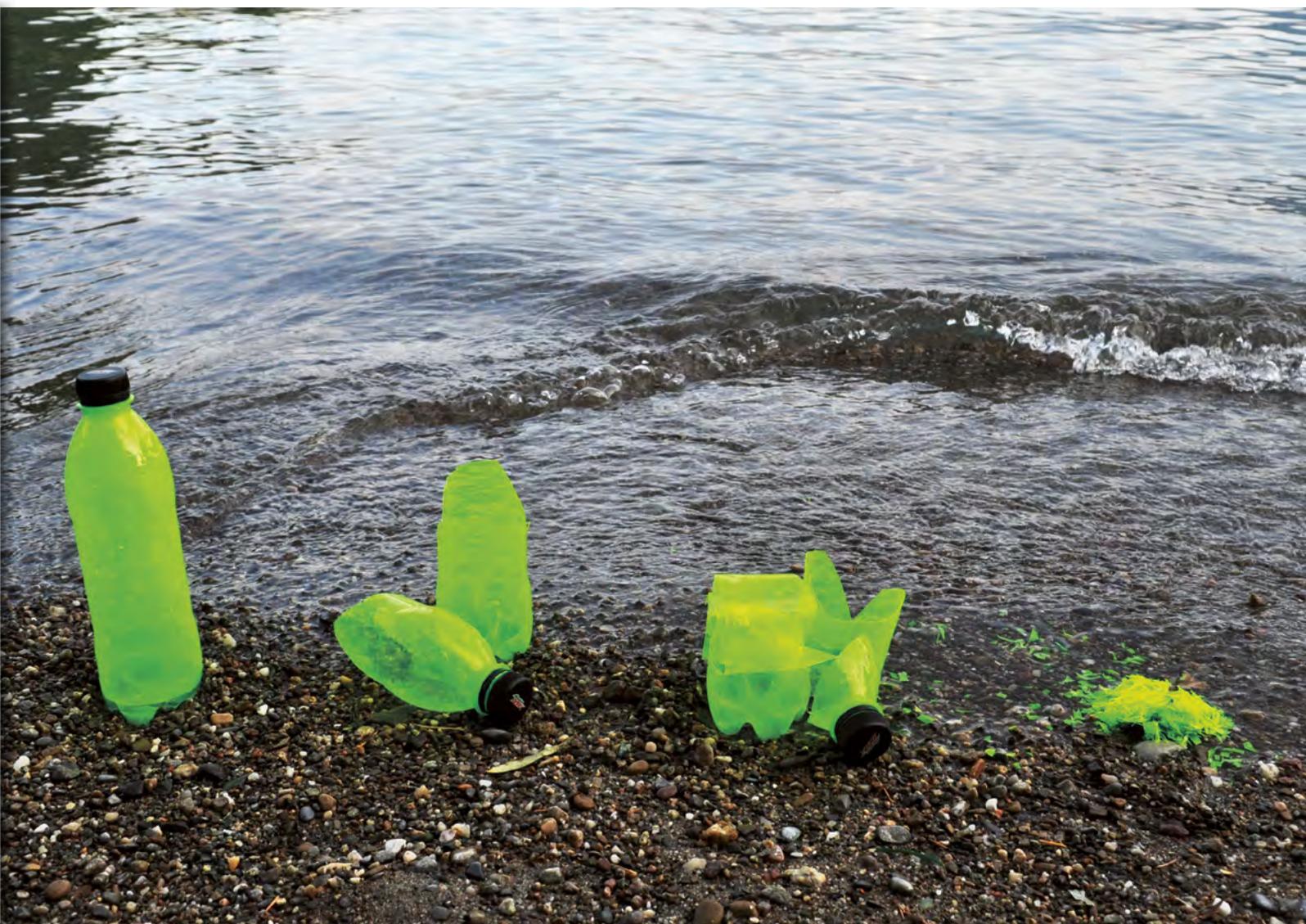
NUMÉRO SPÉCIAL

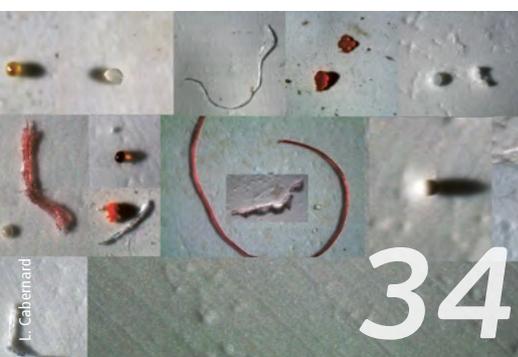
Une coproduction d'Aqua Viva et du
VSA, l'association des professionnels
de la protection des eaux en Suisse

Anciennement « natur und mensch », depuis 1958

60^{ième} année #3/2018

Les microplastiques dans nos lacs et cours d'eau





ÉDITORIAL

1 Heinz Habegger, Thomas Weibel

COMMENTAIRE

2 **Des microplastiques dans nos lacs et cours d'eau :**

« Vite, des mesures ! »

Stefan Hasler, Antonia Eisenhut

MILIEUX AQUATIQUES

4 **Microplastiques : un problème grandissant pris sous la loupe**

Antonia Eisenhut

10 **Les microplastiques dans les eaux de chaussée**

Felix Rutz, Adalbert Pazeller

15 **SETEC : la solution miracle ?**

Andri Bryner

16 **Le problème de l'abrasion des pneus est-il reconnu à sa juste mesure ?**

Un entretien avec Marguerite Trocmé, Office fédéral des routes OFROU

18 **Swiss Litter Report**

Pascal Blarer

20 **Du plastique dans nos rivières ? Des écoliers et écolières y regardent de plus près avec Angelo Bolzern d'Aqua Viva**

Un entretien avec Angelo Bolzern, Alea, Angelika et Fion

22 **Les microplastiques d'origine textile**

Bernd Nowack

26 **Effet des microplastiques sur les cellules intestinales**

Roman Lehner

30 **Microplastiques dans l'eau du robinet : un problème pour la Suisse ?**

Un entretien avec Andreas Peter, Wasserversorgung Stadt Zürich

32 **Les gammars et les microplastiques**

Salome Steiner, résumé de l'étude originale

34 **Microplastiques et épuration des eaux usées**

Edith Durisch-Kaiser

38 **De nouveaux films plastiques pour le paillage des cultures : plus chers mais biodégradables**

Peter Rüegg, Andri Bryner

40 **Quatre bons conseils pour moins de microplastiques**

Aqua Viva

Ce numéro spécial est une coproduction d'Aqua Viva et du VSA, l'association des professionnels de la protection des eaux en Suisse



Photo de couverture :

S. Steiner

aqua viva 3/2018

Chères lectrices et chers lecteurs

Nous ne pouvons plus imaginer notre vie sans plastique. Il est omniprésent dans notre quotidien, que ce soit dans les jouets des enfants et les bouteilles en PET, dans les tuyauteries en PVC et les microbilles de peeling ou encore dans les pneus de nos voitures et les fibres de nos polaires. Mais que deviennent tous ces produits quand nous n'en avons plus l'utilité ? Dans ce numéro d'*aqua viva*, nous parlons sur les traces des déchets plastiques, ou plus précisément des microplastiques, dans nos lacs et cours d'eau. Comment se forment-ils et quels effets ont-ils sur notre environnement et sur notre santé ?

Le plastique est imputrescible – il ne pourrit pas mais se décompose en fragments de plus en plus petits qui se retrouvent sous forme de microplastiques dans nos lacs et cours d'eau. Chaque bouteille en plastique qui n'a pas été éliminée correctement, chaque mégot de cigarette jeté négligemment et chaque emballage de bonbon emporté par le vent contribue à ce phénomène. Mais les déchets sauvages ne sont qu'une source parmi d'autres. Ce que beaucoup d'entre nous ignorent, c'est que la majeure partie des microplastiques proviennent de l'abrasion de nos pneus et que les eaux de lessive qui s'écoulent de nos lave-linge déversent leur lot de microfibrilles de plastique dans le milieu aquatique.

Quel impact les microplastiques peuvent-ils avoir sur notre santé ? Que signifie pour un gammare de devoir partager son espace vital avec ces déchets ? Les stations d'épuration sont-elles en mesure de retenir les microplastiques contenus dans les eaux usées ? Et que pouvons-nous faire pour éviter de les émettre ? Autant de questions qui s'imposent en regard de l'omniprésence de ce matériau et que l'association des professionnels de la protection des eaux en Suisse (VSA) et Aqua Viva se sont proposé de traiter dans ce deuxième numéro spécial « à quatre mains ».

Nous vous souhaitons une lecture aussi instructive que stimulante.

Heinz Habegger, président du VSA

Thomas Weibel, président d'Aqua Viva

- Les eaux du Rümli sont d'une grande clarté. Ce qui est moins clair, c'est de savoir si elles renferment des microplastiques et en quelle quantité – car cette pollution se dérobe à nos yeux.



Des microplastiques dans nos lacs



Stefan Hasler

est directeur du VSA. Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en génie rural et de l'environnement de l'EPFL.



Antonia Eisenhut

est secrétaire exécutive d'Aqua Viva. Elle est géographe, titulaire d'un diplôme d'enseignement en gymnase et diplômée du VMI en management associatif.

Le plastique, c'est pratique. Polyvalent et bon marché, ce matériau apparu au milieu du siècle dernier a peu à peu envahi tous les domaines de notre vie quotidienne et changé nos habitudes. Mais que devient le plastique une fois qu'il se retrouve dans le milieu aquatique sous la forme de petites particules ? Il y a encore quelques années, la question des microplastiques dans les eaux continentales ne préoccupait qu'une poignée de spécialistes. Tout au plus le grand public parlait-il des macro-déchets flottant sur les océans et éventuellement du « 7e continent de plastique » apparu suite à la convergence des déchets transportés par les courants marins.

La question des microplastiques n'a fait son apparition dans les médias suisses que fin 2013 (cf. graphique). De juin à novembre 2013, l'EPF de Lausanne avait en effet étudié la contamination des eaux suisses par les microparticules de plastique sur mandat de l'office fédéral de l'environnement (OFEV). Dans le Rhône et les lacs étudiés (Constance, Brienz, Léman, Neuchâtel, Zurich et Majeur), l'EPFL a dénombré en moyenne plus de 90 000 microparticules par kilomètre carré de surface. Les lacs les plus fortement contaminés, le Léman et le lac Majeur, en présentaient 220 000 par km². Curieusement, la densité de population dans le bassin versant ne semble avoir aucune influence sur l'intensité de la contamination.

Dans son rapport de 2014, l'OFEV estime que les concentrations mesurées ne présentent pas de danger direct pour la santé humaine, l'environnement et la qualité de l'eau et juge donc que les microplastiques ne constituent pas, à ce moment-là, un problème prioritaire de qualité de l'eau en Suisse.

Presque cinq ans ont passé. Malgré les conclusions rassurantes de l'OFEV, la question des microplastiques n'a pas quitté la scène médiatique, bien au contraire. La recherche s'est, elle aussi, emparée du sujet et nous connaissons donc aujourd'hui un peu mieux les effets de cette pollution. Le numéro d'aqua viva que vous tenez entre les mains fait le point de ces connaissances.

À la lumière de ces nouvelles informations, le VSA et Aqua Viva estiment que les microplastiques relèvent bel et bien de la protection des eaux et que des mesures concrètes doivent être prises. Les deux organisations envisagent donc de publier une prise de position commune sur le sujet.

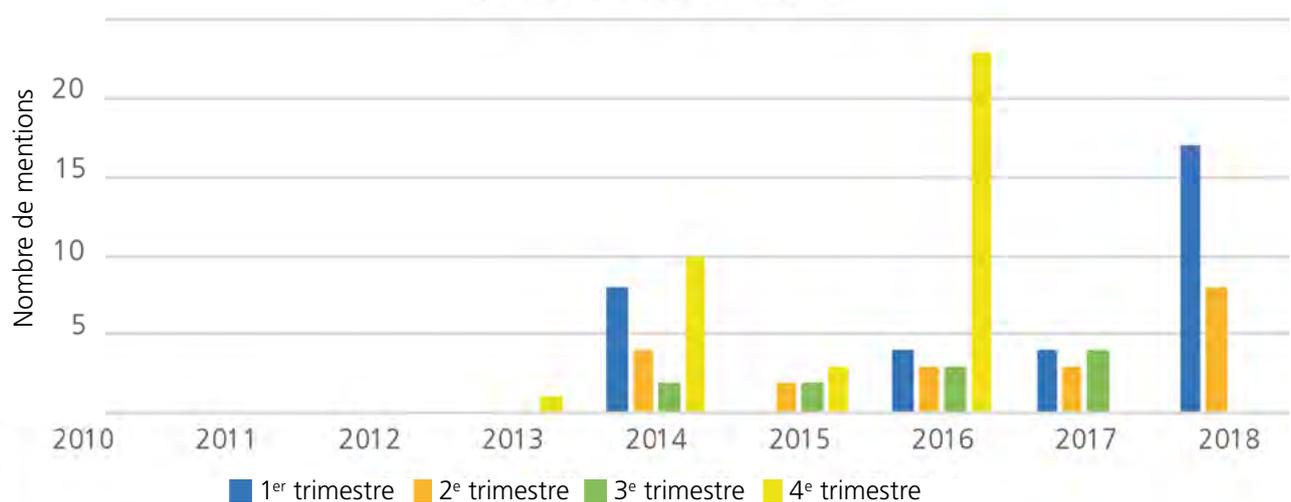
En parallèle, chacun de nous peut déjà intervenir à son niveau. Des conseils utiles sont prodigués aux pages 40 et 41. ♦

► Le graphique montre comment, ces dernières années, la question des microplastiques a progressivement occupé de plus en plus d'espace dans les médias suisses. Corollaire : l'opinion publique a été de plus en plus sensibilisée.



cs et cours d'eau: « Vite, des mesures! »

Évocation des microplastiques en relation avec l'eau potable, le milieu aquatique ou les eaux usées dans les médias suisses



Microplastiques : un problème grandissant pris sous la loupe



Foto: A. Eisenhut

▲ Figure 1: Les eaux cristallines d'un ruisseau en pleine nature – une image à laquelle nous sommes attachés. Mais la pollution par les microplastiques, en général invisible, ne se limite pas aux milieux urbains !

Le plastique est un matériau aussi pratique que bon marché et il fait donc aujourd'hui l'objet des usages les plus divers. Impossible, de nos jours, d'imaginer notre vie quotidienne sans plastique. Mais, bien souvent, nous ne l'utilisons qu'une seule fois – la plupart des produits jetables en contiennent ou en sont totalement constitués. Que devient-il alors ? Loin des yeux, loin du cœur ? Oui, pour certains d'entre nous. Mais pour la nature et plus précisément pour les milieux aquatiques et leurs habitants, c'est loin d'être le cas, même en Suisse. Ces dernières années, nous avons réalisé que nous avons un problème – et une quantité de questions ...

Une analyse d'Antonia Eisenhut

Tout le monde connaît ces images : des oiseaux marins sans vie enchevêtrés dans des morceaux de bâches en plastique ou des baleines mortes de faim, l'estomac plein de débris. De même, le spectacle impressionnant du « 7^e continent de plastique » est dans tous les esprits. En voyage, le spectacle de grandes quantités de déchets plastiques nous choque. Mais en Suisse, et plus généralement, en Europe centrale, nous avons, nous aus-

si, un problème de plastique, même s'il est moins flagrant – car les trois quarts de notre pollution plastique se compose de microplastiques (Bertling et al. 2018). On appelle microplastiques les débris de moins de 5 mm qui sont souvent si petits qu'ils ne sont plus visibles à l'œil nu. Il n'existe pas encore de consensus sur la taille à partir de laquelle les microplastiques deviennent des

nanoplastiques. Pour certains auteurs, cette limite est de 8 µm ; d'autres considèrent que les fragments de plus de 1 µm sont encore des microplastiques. Cette question a son importance puisque la quantité de débris par m² varie très fortement selon que l'on prend en compte les nanoplastiques ou non. Il est donc urgent de définir une norme pour la limite entre micro et nanoplastiques afin que les études soient dorénavant mieux comparables entre elles.

Les fragments plus grossiers sont qualifiés de macro-plastiques. Les macro-plastiques sont souvent associés au phénomène de « littering », c'est-à-dire au dépôt, en général par négligence, de déchets sauvages dans l'environnement. Le « Swiss Litter Report » (2018) fait état d'une quantité moyenne de 67 déchets observés sur 100m² en bordure des eaux suisses, dont les deux tiers en plastique (cf. p. 18–19).

Quelles sont les sources de microplastiques pour les eaux suisses ?

Les microplastiques peuvent être de différentes sortes. On parle de microplastiques primaires lorsqu'ils sont déjà émis sous la forme de microparticules et de microplastiques secondaires lorsqu'ils se forment dans l'environnement sous l'effet de l'altération et de la fragmentation des macro-plastiques. En effet, le plastique se dégrade extrêmement lentement, à un rythme qui dépend de sa composition. Pour simplifier, on peut dire que les polymères se désintègrent en fragments de plus en plus petits sous l'effet de facteurs biotiques et abiotiques. Il existe encore très peu d'études sur la dégradation des diffé-

rents plastiques en conditions naturelles. En extrapolant les phénomènes déjà observés, on peut supposer qu'il faut jusqu'à 2000 ans à certains polymères pour se dégrader (Bertling et al. 2018).

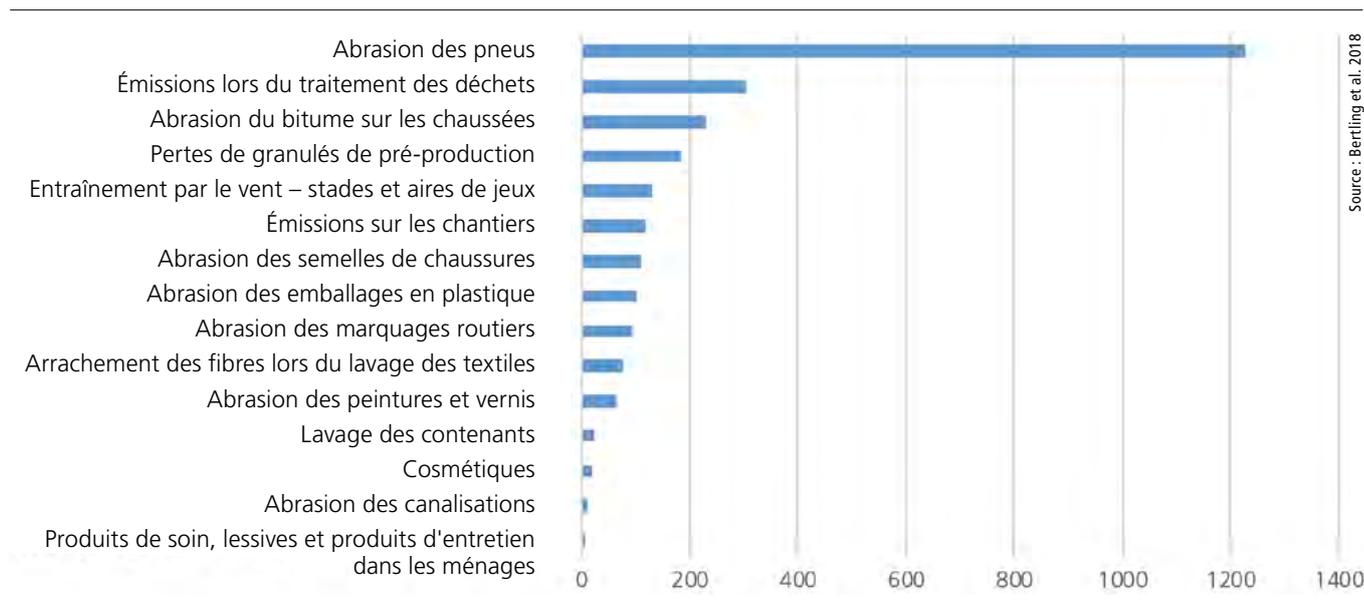
Les microplastiques primaires sont des particules et fragments arrivant déjà tels quels dans l'environnement. Ils peuvent avoir été synthétisés dans des buts précis, comme par exemple les microbilles entrant dans la composition des peelings pour le corps, ou remplir des fonctions spécifiques dans l'industrie sous une grande diversité de formes, comme par exemple les polymères utilisés pour le sablage des surfaces. En Allemagne, ces microparticules volontairement fabriquées de cette taille constituent près de 11 % des microplastiques émis dans le milieu aquatique. Les 89 % restants sont produits en quelque sorte « en passant », principalement par l'abrasion ou l'usure de produits que nous utilisons au quotidien.

Bertling et al. (2018) ont procédé à une estimation grossière des quantités de microplastiques – primaires et secondaires confondus – émis à partir de plus de 50 sources différentes (Fig. 2). Ces chiffres con-

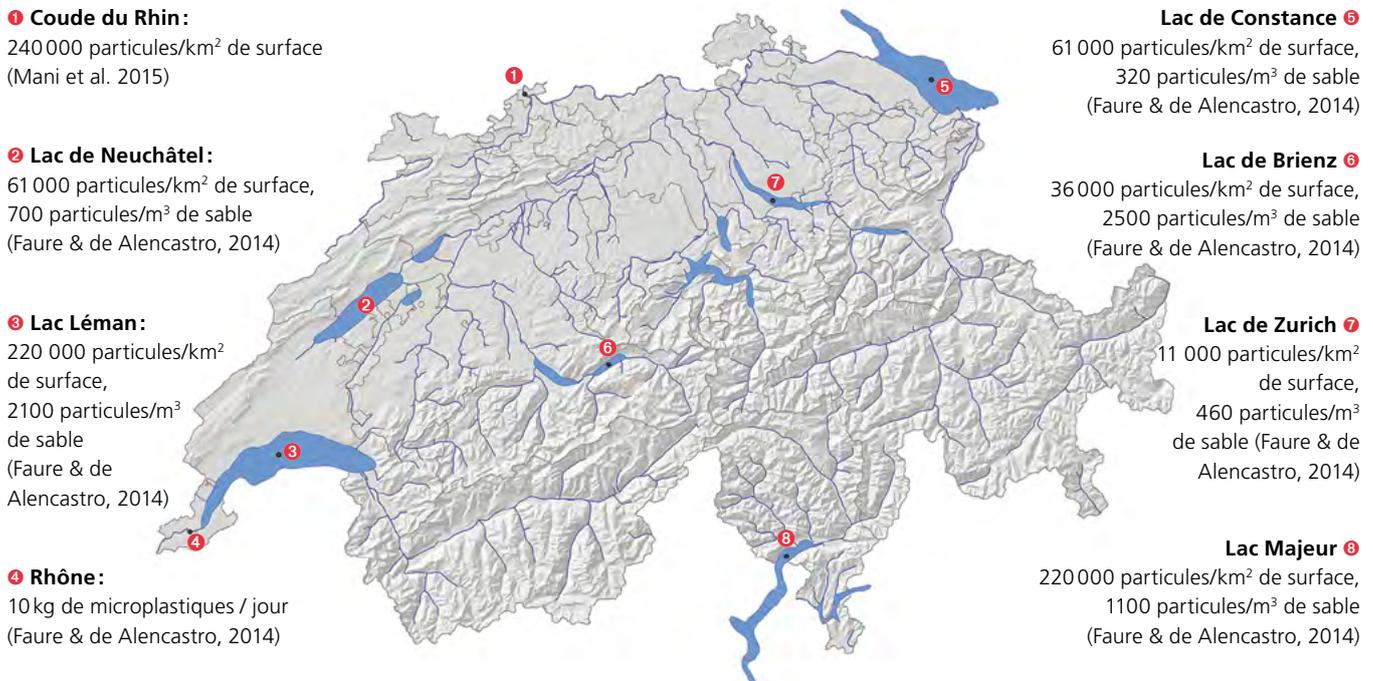
cernent l'Allemagne, de telles données n'étant pas pour le moment disponibles pour la Suisse, mais il est raisonnable de penser que la situation est comparable dans les deux pays. L'étude fait état de 330 000 tonnes de microplastiques émis chaque année en Allemagne. Cela correspond à 4 kg par habitant !

Il semble ainsi que l'abrasion des pneus soit responsable de la plus grande partie de la pollution par les microplastiques dans nos contrées (cf. p. 10–17). Sur les 1230g ainsi produits chaque année selon les estimations, 1000g sont dus à la circulation des voitures individuelles. La part de l'abrasion des pneus de poids lourds, de motos et de vélos est beaucoup plus faible. La deuxième source de microplastiques par son importance est l'émission lors du traitement des déchets, principalement lors du compostage et du recyclage des plastiques.

Ce constat peut surprendre car il ne correspond pas à l'idée que nous avons généralement des déchets plastiques. Suite à l'abrasion des pneus, du bitume et des marquages routiers, les infrastructures dont



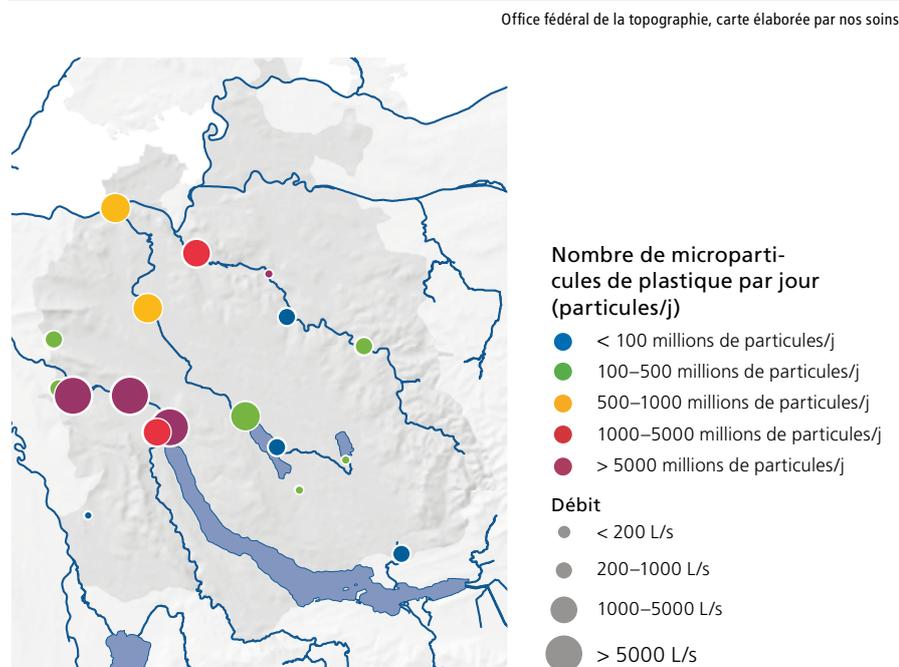
▲ Figure 2: Estimation des quantités de microplastiques émis en Allemagne à partir de différentes sources (en g/habitant.an)



Particules = Microparticules de plastique

Office fédéral de la topographie, carte élaborée par nos soins

▲ Figure 3: Résultats des études de Faure & de Alencastro (2014) et de Mani et al. (2015).



▲ Figure 4: Charge journalière de microplastiques dans les cours d'eau du canton de Zurich (données extraites de Cabernard et al. 2016).

nous avons besoin pour le transport par la route produit, et de loin, la majeure partie des microplastiques émis dans l'environnement. L'importance de l'abrasion des semelles de chaussures est, elle aussi, étonnante. L'estimation se base sur différents facteurs tels que le nombre de chaussures vendues par an, la pointure et la surface des semelles. En dehors de l'usure des chaussures, la liste comporte beaucoup de sources liées à nos activités quotidiennes et à nos habitudes de consommation : abrasion des emballages, arrachement des fibres lors du lavage des textiles (cf. p. 22–25), cosmétiques, produits de soin, lessives et produits d'entretien. La forte représentation du lavage des contenants et de l'abrasion des tuyauteries et canalisations est également inquiétante – ces sources pourraient en effet concerner notre eau potable (cf. p. 30–31).



▲ Figure 5: La Limmat à Zurich – 30 milliards de microparticules de plastique passent ici chaque jour !

Où trouve-t-on des microplastiques en Suisse et en quelle quantité ?

En 2014, des chercheurs de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) se sont penchés en détail sur cette question dans une étude commanditée par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) (Faure & de Alencastro, 2014). Ils ont analysé des échantillons d'eau et de sable prélevés dans et au bord de lacs et fleuves suisses et recensé les particules de plastique de 0,3 à 5 mm. Dans les 27 échantillons d'eau collectés, ils ont observé en moyenne 0,1 microparticule de plastique par mètre carré de surface. Sept échantillons ne contenaient pas de microplastiques. Parmi les échantillons de sable collectés sur les plages, 12 sur 33 en étaient également exempts. Les autres renfermaient en moyenne 1000 microparticules de plastique par mètre cube de sable. Comme le montre la figure 3, les concentrations varient fortement d'un lac à un autre. La densité de population dans le bassin versant ne semble en revanche avoir aucune incidence sur la pollution. Ainsi, le lac de Brienz présente une forte charge en microplastiques alors que ce facteur ne le laisserait pas présager. Les auteurs estiment par ailleurs que le Rhône transporte chaque jour environ 10 kg de micro-

plastiques hors de Suisse. Les études ont également porté sur les poissons et les oiseaux d'eau: huit oiseaux sur 9 et 3 poissons sur 40 présentaient des microplastiques dans leurs voies digestives.

Un an plus tard, une étude de l'université de Bâle s'est intéressée au Rhin entre Bâle et Rotterdam (Mani et al. 2015). D'après ses résultats, le Rhin est l'un des fleuves les plus fortement chargés en microplastiques parmi ceux étudiés jusqu'à présent dans le monde. Sur les trois sites bâlois observés dans cette étude, le Rhin présentait en moyenne près de 240000 microparticules de plastique par kilomètre carré.

En 2016, l'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich (AWEL) a publié des analyses de la pollution des effluents de stations d'épuration (STEP), des eaux de surface, des eaux souterraines et de l'eau potable du canton par les microplastiques (Cabernard et al. 2016). Il est apparu que les STEP étaient en mesure de retenir 90 % des microparticules de plastique contenues dans les eaux usées mais que, malgré cette filtration, leurs effluents déversaient chaque jour 30 milliards de ces particules dans les eaux zuricoises. Cela représente 600 grammes de

plastique couvrant une surface totale de 182 m² (cf. p. 34–37). Par ailleurs, une étude allemande a montré que près de 35 % des microplastiques retirés des eaux usées dans les STEP étaient de nouveau émis dans l'environnement suite à l'épandage des boues d'épuration (Schlei et al. 2016). Ce problème ne se pose pas en Suisse car les boues n'y sont plus utilisées dans l'agriculture. Mais, quoi qu'il en soit, une grande partie des microplastiques se déversent directement dans les milieux aquatiques ; de ce fait, la charge des cours d'eau pris individuellement se compte en millions voire en milliards de microparticules (Fig. 4).

Alors que les études précédentes se limitaient aux particules de plus de 300 µm, comme celle de Faure & de Alencastro (2014), celle de l'AWEL a également considéré des éléments beaucoup plus petits (cf. p. 35). La pollution dont elle fait état est donc logiquement plus importante: d'après les estimations de l'AWEL, si nous passions une journée sur le pont de Quaibrücke qui enjambe la Limmat à sa sortie du lac de Zurich, nous verrions défilé sous nos pieds près de 30 milliards de microparticules de plastique. La pollution du lac de Zurich est estimée à 8 billions de micro-débris, totalisant une masse de 141 kg et



Photo: A. Eisenhut

▲ Figure 6: Un paysage alluvial loin de toute civilisation dans les montagnes des Grisons – même ici, les microplastiques sont présents !

une surface de 4 hectares !

L'étude la plus récente sur la situation helvétique, publiée en 2018, s'intéresse à la pollution microplastique de 29 sols alluviaux situés dans des réserves naturelles (Scheurer & Bigalke, 2018). Des microplastiques ont été trouvés dans presque tous les échantillons, même dans ceux prélevés dans des zones de montagne quasiment inhabitées. Les auteurs de l'étude estiment que 53 tonnes de microplastiques sont accumulés dans les 5 premiers centimètres des sols alluviaux de Suisse.

Que veulent dire ces chiffres ?

Il existe encore très peu d'études livrant des informations concrètes sur les conséquences de la pollution par les microplastiques pour les écosystèmes et la santé humaine. L'OFEV concluait en 2015 à l'absence d'une menace directe à ce niveau.

Il est cependant évident que les microplastiques n'ont rien à faire dans les milieux aquatiques ou dans les sols. Les analyses présentées par le magazine « Kassensturz » en mai 2014 ont par exemple montré que

tous les miels testés en contenaient. Mais d'autres aliments, comme la fleur de sel ou les eaux minérales, font également défrayer la chronique en raison de leur contamination par les microplastiques. Les eaux minérales ont ainsi fait l'objet d'une étude en 2018 aux États-Unis (ORB Media, 2018): en moyenne, les eaux de marques connues contenaient 325 microparticules de plastique par litre. Nous avons cherché à savoir si notre eau du robinet pouvait également être concernée. Vous trouverez des éléments de réponse aux pages 28 et 29.

Il est tout aussi évident que les microplastiques véhiculent deux grands types de problèmes. Tout d'abord, la multitude de minuscules fragments qui composent cette pollution offrent une surface totale colossale sur laquelle des biofilms peuvent se former – fournissant un habitat à des virus, bactéries et parasites potentiellement dangereux pour la santé – et des résidus de pesticides, de produits ignifuges ou de médicaments peuvent s'accumuler. Par ailleurs, les plastiques ne sont pas uniquement composés d'un polymère mais comportent également une multitude

d'additifs destinés à renforcer certaines propriétés comme la souplesse ou la résistance aux UV. Bertling et al. (2018) ont calculé que les additifs constituent environ 4,5 % des plastiques. La plupart d'entre eux interviennent dans le domaine du bâtiment mais les emballages en plastique en contiennent également. Or beaucoup de ces additifs sont dangereux. C'est par exemple le cas des plastifiants. Ces substances sont notamment utilisées dans les revêtements de sol, les tapisseries, les emballages recouverts de plastique, les jouets, les peintures, les vernis et enduits et les cosmétiques mais aussi dans certains médicaments et produits médicaux. Certains plastifiants, comme les phtalates, s'échappent des matériaux au contact de l'eau ou des graisses. Beaucoup sont des perturbateurs endocriniens, c'est-à-dire qu'ils interfèrent avec le métabolisme hormonal. L'Office fédéral de la santé publique note qu'il a été entre autres démontré dans des essais sur animaux que le plastifiant bisphénol A (BPA) portait atteinte à la fertilité, surtout masculine. Malgré ce constat alarmant, la Suisse n'a pas suivi l'exemple du Canada ou de l'Allemagne en interdisant le BPA. En dehors des plastifiants, d'autres

additifs peuvent également être dangereux, comme par exemple les biocides, certains colorants, les agents d'expansion, les stabilisateurs UV ou les solvants.

En général, les additifs ne sont pas liés chimiquement aux polymères et peuvent donc être facilement libérés dans l'environnement. Tous ceux parmi nous qui ont déjà laissé une chaise ou autre objet en plastique trop longtemps à l'extérieur connaissent ce phénomène: le matériau s'altère et finit par devenir cassant. La raison: les plastifiants ont été lessivés et entraînés dans l'environnement.

De nombreux animaux aquatiques tels que les poissons ou les moules confondent les microplastiques avec le plancton. Plusieurs études ont démontré que, dans les écosystèmes marins, 85 % des bivalves et 37 % des poissons étaient contaminés avec des microplastiques (GESAMP, 2016). Les polluants qui leur sont liés s'accumulent ainsi dans la chaîne alimentaire.

Dans le domaine médical, certains polymères sont utilisés comme vecteurs de médicaments. Des travaux de recherche médicale ont montré que l'organisme humain pouvait absorber des particules de l'ordre d'un ou plusieurs nanomètres à travers la paroi intestinale (cf. p.26–29). Une fois dans le sang, elles peuvent gagner le foie et la vésicule biliaire avant d'être excrétées (Galloway, 2015). L'ingestion de microplas-

tiques ne signifie donc pas uniquement l'absorption de plastique mais également celle de toute une série de substances associées dont les interactions et les effets sur l'organisme sont encore très mal connus. Pire encore : même si nous n'ingérons pas de microplastiques, nous risquons d'être exposés aux additifs notoirement toxiques qui s'échappent des matériaux.

Et maintenant ?

De nombreuses questions sont encore sans réponse. En conclusion de leur étude, Bertling et al. (2018) formulent 25 recommandations. Trois concernent des problèmes de terminologie et de définitions: elles soulignent que nous avons conscience du problème des microplastiques mais qu'il n'existe toujours pas de consensus en termes de désignation. L'étude estime par ailleurs que, pour pouvoir réduire les rejets de microplastiques dans l'environnement, il est urgent d'effectuer des recherches sur la contribution des déversements d'eaux pluviales non traitées et des déversoirs d'orage des réseaux unitaires. Concernant les effets sur les écosystèmes, cinq recommandations sont formulées, dont quatre visent à résoudre des questions d'ordre méthodologique. En matière de gouvernance, l'étude recommande entre autres d'interdire les produits se retrouvant souvent dans les déchets sauvages ainsi que les microplastiques fabriqués volontairement en tant que tels. La dernière recommandation résume avec justesse la dimension du problème en remarquant qu'en fin de compte, les émissions de plastique n'étant pas réversibles, elles constituent un problème environnemental dont nous sommes bien forcés de reconnaître qu'il devra être transmis aux générations futures. Tous les acteurs de la recherche, de la politique, de l'industrie et de la société doivent travailler de concert à l'élaboration de solutions adéquates. Associez-vous à cet élan! Aux pages 40 et 41, nous vous indiquons comment vous pouvez contribuer au quotidien à réduire les émissions de microplastiques dans l'environnement. ♦

Références bibliographiques

- Bertling, J., Bertling, R., Hamann, L. (2018): *Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umwelt-schicksale, Wirkungen, Lösungsansätzen, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen.*
- Cabernard, L., Durisch-Kaiser, E., Vogel, J.-C., Rensch, D., Niederhauser, P. (2016): *Mikroplastik in Abwasser u. Gewässern. Aqua & Gas N°7/8, 2016.*
- Faure, F. & De Alencastro, F. (2014) : *Évaluation de la pollution par les plastiques dans les eaux de surface en Suisse. Rapport final. École polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.*
- Galloway, T. S. (2015) : *Micro- and Nanoplastics and Human Health. In marine Anthropogenic Litter. Bergmann, M., Gutov, L., Klages, M. (Ed.). Springer International Publishing, Cham.*
- GESAMP, 2016 : *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment : Part 2 of a Global Assessment.*
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., Burkhardt-Holm, P. (2015): *Microplastics profile along the Rhine River. Scientific Reports volume 5, Article number: 17988 (2015).*
- Orb Media (2018): *Plus Plastic. Microplastics found in global bottled water. <https://orb-media.org/stories/plus-plastic/>. Accessed : 7.9.2018*
- Scheurer, M., Bigalke, M., (2018): *Microplastics in Swiss floodplain soils, Environmental Science and Technology, 2018, 52 (6), doi:10.1021/acs.est.7b06003.*
- Schlei, Seit, Herbst, (2016): *Plastik im Klärwerk. <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Schlei-Seit-Herbst-2016-Plastik-in-Klaerwerk>. Accessed 11.6.2018*



Antonia Eisenhut

a effectué des études de géographie, options géologie et biologie, à Fribourg, à Barcelone et à Berne puis acquis un diplôme

d'enseignement de gymnase en géographie à l'EPF de Zurich et suivi une formation continue en management associatif au VMI. Elle est secrétaire exécutive d'Aqua Viva depuis 2015.

Antonia Eisenhut

Aqua Viva
Weinsteig 192
8200 Schaffhausen
052 625 26 58
antonia.eisenhut@aquaviva.ch



Les microplastiques dans les eaux de chaussée

L'usure des pneus est une source non négligeable de microplastiques. Les systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (SETEC) sont-ils en mesure d'éliminer les plastiques et autres polluants contenus dans les eaux qui ruissellent de nos routes ? En 2006, l'installation de Ristet près de Birmensdorf (ZH), la première à disposer de filtres à sable plantés, entrait en fonction. Son suivi montre qu'un SETEC ainsi conçu retient efficacement les particules, même très fines, et qu'il se prête donc à l'élimination des microplastiques dans les eaux de chaussée.

Une analyse de Felix Rutz et Adalbert Pazeller

L'usure des pneus, une source de microplastiques

On appelle « microplastiques » les fragments de polymères synthétiques solides et insolubles de moins de 5 mm de long ou de diamètre. En raison de leurs propriétés – matériaux organiques de synthèse très difficilement biodégradables – les résidus de l'usure des pneus entrent dans cette catégorie (Fig. 1). Comparée à d'autres sources d'émission de microplastiques dans les océans, la contribution de l'usure des pneus et des chaussées de routes est de plus de 30 %. Son rôle est

donc loin d'être négligeable (selon le rapport de l'UICN « Primary microplastics in the oceans », 2017).

Les résidus de pneus et autres polluants qui se déposent sur les routes proviennent de l'abrasion des pneus, du bitume et des freins, de pertes de liquides, de résidus de combustion et de produits des pots catalytiques et de l'entretien des routes, notamment en hiver. La VSS – association de recherche et de normalisation en matière de route et de transports – a élaboré à ce sujet la norme VSS 640347 «Évacuation des

eaux de chaussée ; pollution des eaux de chaussée» qui décrit les principaux polluants rencontrés et les contaminations potentielles de l'environnement à travers les eaux de ruissellement routières. Les métaux lourds, les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), les AOX (composés organiques halogénés adsorbables) et les hydrocarbures sont les principaux groupes cités. Jusqu'à présent, c'est sur ces groupes que se sont concentrées les recherches. La norme considère que les HAP et les métaux lourds sont les groupes les plus préoccupants d'un point de vue écotoxicologique.

En Allemagne, des travaux de recherche ont été lancés sur la question des microplastiques dans les eaux de chaussée (projet «OEMP» sur les microparticules de plastiques issues de l'abrasion des pneus).

Types d'installations de traitement des eaux de chaussée

La directive de l'OFROU sur le traitement des eaux de chaussée des routes nationales (ASTRA 18005) présente différents types d'installations adaptées à l'évacuation et au traitement des eaux de ruissellement routières. Il existe ainsi des systèmes naturels dans lesquels l'eau collectée est filtrée à travers une couche de terre ou de sable et des systèmes faisant appel à une filtration technique. En milieu urbain, les eaux de chaussée de routes cantonales ou communales peuvent également être traitées dans des dépotoirs décentralisés équipés de filtres (cf. Baudirektion Zürich, par exemple).

L'OFROU gère un cadastre des SETEC sur le réseau routier national (<http://saba.ilu.ch>). Il comptabilise aujourd'hui près de 120 systèmes à filtre naturel (terre / sable), 6 sys-

tèmes à filtration technique et 56 bassins de décantation avec paroi siphonoïde (Fig. 2).

Rétention des microplastiques dans les systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (SETEC)

Les microplastiques sont retenus plus ou moins efficacement selon le type d'installation de traitement des eaux de chaussée.

Les microplastiques sont plus légers que les matières minérales et décantent donc difficilement. Les bassins de sédimentation ne permettent donc pas de les retenir et leur élimination exige une filtration.

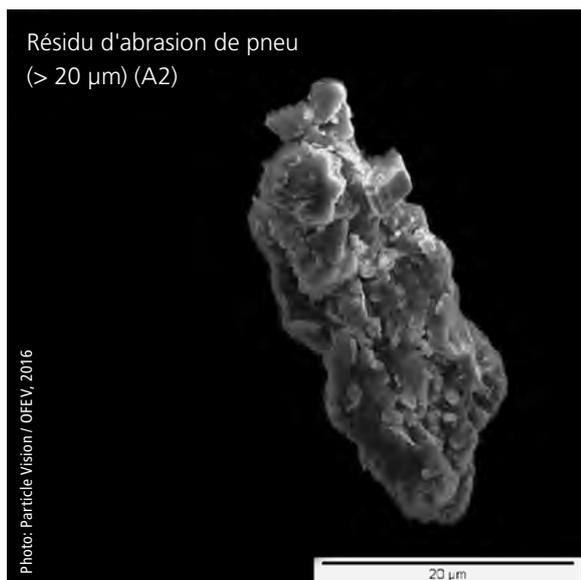
Des essais de laboratoire effectués en Allemagne montrent que, suivant la pluie simulée, des taux de rétention de 60 à plus de 90% peuvent être atteints dans des dépotoirs équipés de filtres composés d'un matériau spécial (granulat) («Unterwegs mit Plastikjägern», 2017).

Les systèmes à filtre en terre ou en sable retiennent également les très petites particules. Les SETEC basés sur ce principe

conviennent donc bien à l'élimination des microplastiques contenus dans les eaux de chaussée. Selon les résultats d'un projet de l'OFROU dans lequel les performances de filtres en terre et en sable végétalisés ont été comparées pour l'épuration des eaux de chaussée (ASTRA, 2017), il apparaît que les filtres à sable sont en général préférables. Les systèmes techniques faisant appel à des filtres en toile ou à des micro-tamis conviennent également à la rétention des microplastiques.

Un exemple pratique d'un SETEC à filtre en sable

En 2006, l'installation de traitement de Ristet près de Birmensdorf (ZH), la première à disposer de filtres en sable végétalisés, entrait en fonction. Ce SETEC traite les eaux de chaussée de la Waldeggstrasse qui présente un trafic journalier moyen de 12 000 véhicules/jour. L'installation est constituée d'un bassin de décantation et d'avarie et de deux bassins de rétention dont le fond forme un filtre en sable planté de roseaux. Lors du passage dans le bassin de décantation, les particules grossières (en général des sables) se déposent au fond tandis que



▲ Figure 1: Résidu d'abrasion de pneu collecté au niveau de l'A2 dans le canton d'Uri. Source : Bestimmung des PM10 Anteils aus dem Schienen- und Strassenverkehr im Urner Reusstal.



▲ Figure 2: Des micro et macro-plastiques sont également transportés avec les eaux de chaussée. La photo montre des déchets plastiques retenus dans le bassin de décantation du système d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (SETEC) de Chlosterschür.

Milieux aquatiques

les matériaux flottants sont séparés du reste grâce à une paroi siphonoïde. Par ailleurs, ce bassin multifonctionnel sert de volume de rétention en cas d'accident libérant des substances dangereuses pour l'environnement aquatique. En sortant du bassin multifonctions, l'eau est dirigée vers les deux bassins de rétention et de filtration par un ouvrage de répartition (Fig. 3).

Les bassins de rétention sont pourvus d'un filtre composé d'une couche de sable de 70 cm d'épaisseur reposant sur une couche de 40 cm de graviers dans laquelle des drains ont été aménagés. Ces conduites de drainage débouchent sur le Vogelsangbächli, un ruisseau qui fait fonction de milieu récepteur. Les bassins de rétention sont étanchéifiés par un tapis de bentonite et plantés de roseaux.

En dix ans de fonctionnement, c'est-à-dire de 2006 à 2016, une couche de quatre à huit centimètres d'épaisseur s'est formée à la surface du sable. Composée de sédiments et de résidus organiques des roseaux, cette couche de vase améliore la capacité de rétention des polluants du filtre. Les roseaux et l'activité des micro-organismes évitent que cette couche de sédiments ne devienne imperméable à l'eau.

Les bassins sont à sec pendant les périodes sans précipitations et leur niveau monte à la faveur des pluies. Lorsque la pluie cesse, l'eau accumulée percole à travers le filtre puis se déverse dans le Vogelsangbächli. Grâce au laminage de la pointe de débit, le ruisseau récepteur est également moins impacté sur le plan hydraulique.

Le fonctionnement du SETEC de Ristet a été contrôlé en 2006/2007, c'est-à-dire juste après sa mise en service, et en 2015/2016, soit neuf ans plus tard. Les résultats sont tout à fait satisfaisants. Contrairement à ce que l'on aurait pu craindre, la capacité d'infiltration n'a pas baissé. Forte d'environ dix litres par minute et par mètre carré, elle est même supérieure aux attentes et de cinq à dix fois plus élevée que celle d'un filtre en terre. Ces performances permettent de construire des filtres moins encombrants, ce qui est un avantage important dans le contexte actuel de raréfaction des réserves foncières. Les filtres en sable peuvent fonctionner avec une surface plus faible que les filtres en terre. Ils sont par ailleurs plus faciles à construire et plus économiques à l'entretien pour des performances équivalentes voire supérieures.

▼ Figure 3, en bas et photo en haut à droite : le SETEC de Ristet dans le canton de Zurich ; plan de l'installation et vue sur un bassin de rétention et de filtration planté de roseaux.

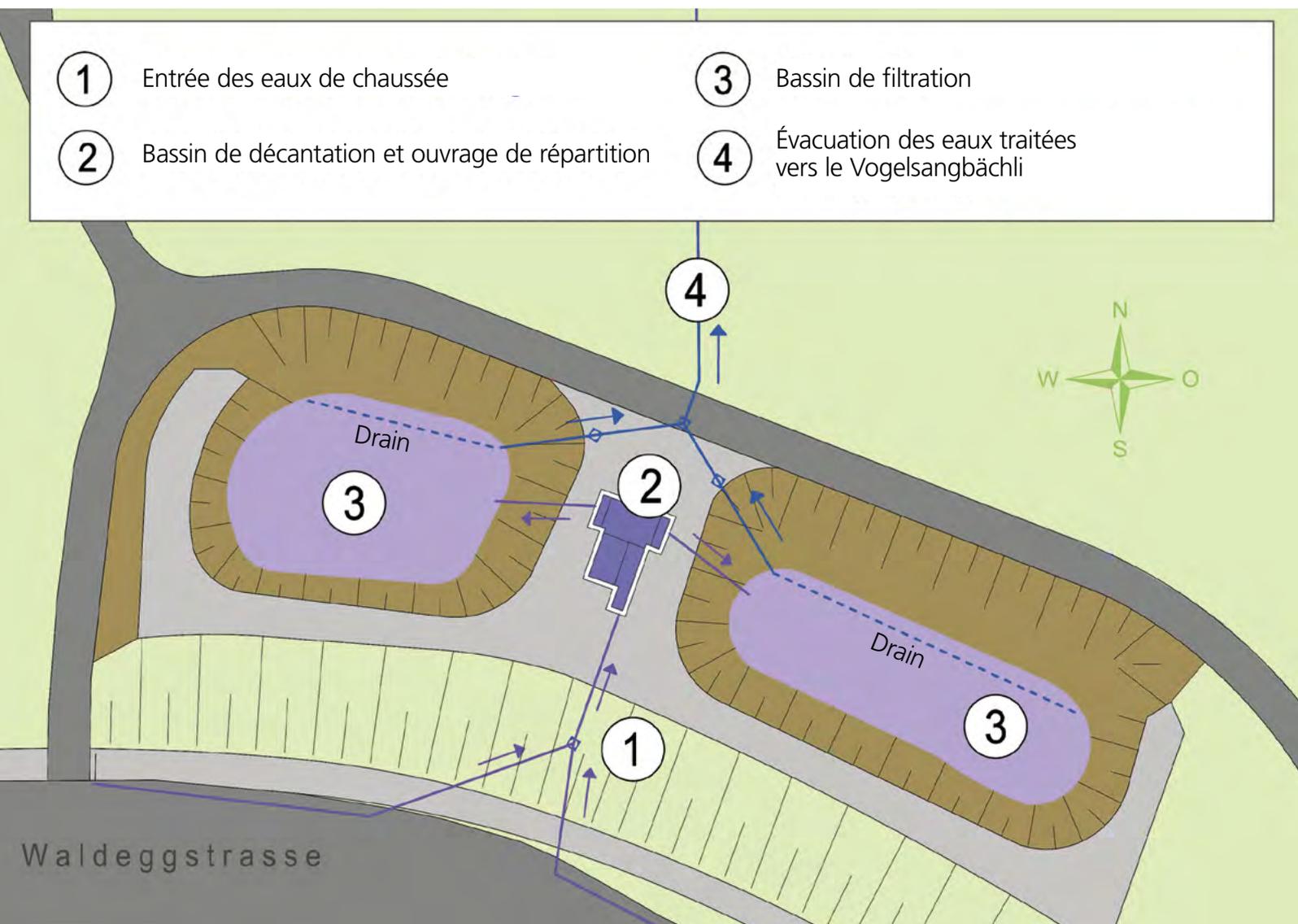




Photo : Illu AG, novembre 2014

res (comparaison filtre en sable / filtre en terre, VSS / ASTRA, 2017). La rétention des polluants par le filtre en sable du SETEC de Ristet a été évaluée à l'aune des concentrations de cuivre et de zinc (métaux lourds) et de particules fines (matières non dissoutes totales) en entrée et en sortie du dispositif. Le taux de rétention mesuré était de 92 à 95 % selon les substances. Le rendement mesuré était donc de plus de 90 %. La rétention des microplastiques n'a pas été étudiée séparément. Outre ces matières, les particules fines comprenaient également d'autres substances organiques (d'origine végétale, entre autres), des résidus de combustion (suies) et des matières minérales. En raison des propriétés du filtre, il est cependant raisonnable de penser que le système de traitement des eaux de chaussée à filtre en sable planté retient très efficacement les microplastiques.

Différents profils pédologiques ont été analysés dans les bassins de filtration. Ces profils présentent une zone très nette de changement de couleur qui correspond au front de déplacement des polluants. L'observation de cette zone de pénétration permet de suivre la progression du front de polluants vers le bas. Près de

l'entrée des eaux de chaussée dans le bassin, ce front s'est abaissé de dix bons centimètres en neuf ans. Du côté opposé du bassin, cet abaissement n'était plus que de quelques centimètres (Fig. 5, p. 14). Les polluants non dégradables s'accumulent dans la couche de sédiments et dans la zone de pénétration.

Le filtre en sable retient les particules même très fines et donc également les microplastiques. La figure 4 montre un dépôt de minuscules particules noires issues de l'a-

brasion des pneus et des chaussées sur des grains de sable. Ce matériau n'a pas été analysé et il n'est donc pas certain qu'il s'agisse de plastique.

Conclusion

L'efficacité des filtres à sable – et des filtres plus généralement – pour la rétention des microplastiques n'a pas encore été étudiée de manière détaillée et spécifique. Divers essais montrent cependant que certains matériaux carbonés tels que les résidus d'abrasion des pneus ou les suies produites

▼ Figure 4: Échantillon de sable du SETEC de Ristet observé à la loupe binoculaire ; des dépôts noirs (provenant de l'abrasion des pneus ou de la chaussée) sont visibles sur les grains de sable. Grossissement env. 100x.



Photo : GEOTEST AG



Photo: SABA, Chlosterchür, GEOTEST AG, Août 2015

▲ Figure 5 : Couches successives du filtre en sable d'un SETEC ; de haut en bas : litière de roseaux, couche de sédiments noirs de 1 à 2 cm d'épaisseur, zone de pénétration sombre dont la limite inférieure ondulée se situe à environ 10 cm de profondeur, sable plus ou moins propre. Les particules apportées par les eaux de chaussée s'accumulent dans les sédiments et dans la zone de pénétration.

par les moteurs diesel sont bien retenus dans les bassins de filtration (Schneider et



Felix Rutz

Ingénieur du génie rural ETHZ / EPD en hydraulique urbaine et protection des eaux Eawag, il travaille dans la société ilu AG dans

le domaine de l'eau (eaux de chaussée, percolats de centres d'enfouissement des déchets, aménagement des cours d'eau et revitalisation) et conçoit des SETEC depuis plus de 20 ans.



Adalbert Pazeller

Ingénieur agronome ETHZ / EPD en hydraulique urbaine et protection des eaux Eawag, il travaille dans la société GEOTEST

AG dans le domaine de l'environnement et plus spécialement dans celui de la protection des sols et de l'évacuation des eaux de chaussée. Il a été membre de la commission de normalisation et de recherche (2.7 évacuation et protection des eaux) du VSS jusqu'en avril 2018.

al. 2013). Tous les dosages de particules fines (matières non dissoutes totales) ont fait état de taux de rétention de l'ordre de 90 %. Ils ne donnent cependant aucune information sur la distribution des particules en fonction de leur granulométrie en sortie de filtre et donc, notamment, sur l'occurrence de nanoparticules problématiques pour la physiologie des êtres vivants. ♦

Références bibliographiques

Bestimmung des PM10 Anteils aus dem Schienen- und Strassenverkehr im Urner Reusstal (Aldorf, Kt. Uri), Particle Vision/BAFU, 2016.
Directive ASTRA 18005 : Traitement des eaux de chaussée des routes nationales, OFROU, 2013
Évacuation des eaux de chaussée ; Systèmes de traitement, VSS, 2017
Gewässerschutz an Strassen, Teil 2 Richtlinie Projektierung und Ausführung von Gewässerschutzmassnahmen, Baudirektion Kanton Zürich, 2014, Revision 2018.
Les microplastiques dans l'environnement, fiche info, Centre Ecotox EPFL/Eawag, 2015
Norme VSS 640 347 : Évacuation des eaux de chaussée ; pollution des eaux de chaussée, 2008

Optimized materials and processes for the separation of microplastic from the water cycle OEMP

Primary microplastics in the oceans, IUCN, 2017
 Schneider, M., Pazeller, A., Schmidt, M. :

Quantification and characterization of black carbon in a soil filter system for road runoff water treatment; Actes du colloque de la société suisse de pédologie (SSP), février 2013.
Unterwegs mit Plastikjägern, séquence diffusée le 21 octobre 2017 sur la chaîne de télévision allemande rbb.

VSS / ASTRA / A. Pazeller, M. Steiner, F. Rutz, B. Kulli: Vergleich der Eignung von bewachsenen Boden- und Sandfiltern zur Reinigung von Strassenabwasser, 2017.

Felix Rutz

ilu AG
 Zentralstrasse 2a
 8610 Uster
 felix.rutz@ilu.ch

Adalbert Pazeller

GEOTEST AG
 Grubenstrasse 12
 8045 Zürich
 adalbert.pazeller@geotest.ch

SETEC : la solution miracle ?

Un commentaire d'Andri Bryner, membre du comité d'Aqua Viva

Les SETEC, systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée, constituent de précieux outils de protection des eaux, surtout lorsqu'ils sont modernes et bien entretenus. En regard des aspects suivants, Aqua Viva apporte cependant quelques critiques :

– Les SETEC arrivent souvent (trop) tard. On sait depuis longtemps que la circulation automobile, non contente de nécessiter beaucoup d'espace pour les équipements routiers, pollue l'air, l'eau et le sol et génère d'importantes nuisances acoustiques. Or il n'y a qu'une vingtaine d'années que l'on construit des SETEC et, à plusieurs endroits, les projets ont encore du mal à aboutir. L'aménagement de telles installations n'est obligatoire que lors de la réfection totale d'une route ou d'importantes extensions et il est évident que ces transformations interviennent tardivement. C'est ainsi, par exemple, que les eaux fortement polluées qui ruissellent de l'A1 à Winterthur-Wülflingen s'écourent directement dans un tronçon sensible de la Töss sans passer par un quelconque dispositif de traitement.

– Les SETEC n'apportent qu'une protection locale. Le traitement des eaux de chaussée est absolument indispensable et, sans aucun doute, une bonne chose. Mais les SETEC n'offrent pas de solution contre la pollution par temps sec. Entre 37 et 62 % des émissions totales sont transportées par le vent et disséminées sur de vastes territoires. Pour espérer l'éviter, il faudrait réaliser un coffrage de l'autoroute, comme cela est en train d'être fait à Zurich-Schwamendingen – pour des raisons d'urbanisme, au demeurant.

– Les SETEC ne sont aménagés qu'au niveau des grands axes routiers. Même si la circulation peut être très importante sur les routes cantonales, elle n'a pas encore été jugée suffisante pour motiver la construction de telles installations de traitement. Au niveau des routes cantonales du pourtour du lac de Zurich, par exemple, l'évacuation des eaux s'effectue à travers une STEP ou des déversoirs d'orage sur seulement 3 km de chaussée, elle se fait directement dans le lac sur 37 km et passe par des étangs ou des ruisseaux sur les 13 km restants. Beaucoup d'accotements et talus routiers constituent certes de bons filtres et offrent ainsi une protection aux eaux souterraines mais ils se trouvent ainsi contaminés de façon irréversible et ce, sur plusieurs mètres, selon la topographie et la distance de projection des eaux.

Conclusion : Toutes les mesures de protection de l'environnement contre les émissions de la circulation automobile ont leur raison d'être, y compris les SETEC. Mais il s'agit en fait de solutions « end of pipe », palliatives et coûteuses, qui doivent impérativement être accompagnées de mesures à la source – et pas uniquement pour lutter contre les microplastiques – telles que l'utilisation de revêtements de chaussée sans HAP, de plaquettes de frein sans polluants ou de filtres à particules sur tous les véhicules. Mais en fin de compte, il faut bien nous rendre à l'évidence : seule une réduction massive de la circulation individuelle motorisée résoudrait réellement le problème. Et les avantages ne seraient pas uniquement considérables pour la protection des eaux et des sols mais aussi pour la qualité de vie de centaines de milliers de personnes. ♦

▼ L'A1 enjambant la Töss à Winterthur. Par temps de pluie, les eaux de chaussée non traitées se déversent un peu plus en aval dans le tronçon déjà affaibli par un régime de débit résiduel.



Photo: Andri Bryner

Le problème de l'abrasion des pneus est-il

Un entretien avec l'Office fédéral des routes OFROU

En Suisse, la circulation automobile ne cesse d'augmenter – avec son cortège de pollutions et nuisances. L'abrasion des pneus est ainsi à l'origine de l'émission de quelque 12 000 tonnes de matières par an. Selon une étude de l'EMPA, leur impact est faible sous la forme de particules fines. La majeure partie du produit de l'usure des pneus reste sur la chaussée jusqu'à ce qu'il soit entraîné par les eaux de pluie. Aqua Viva a demandé à l'Office fédéral des routes (OFROU) comment le problème de la pollution des eaux de chaussée était géré. Marguerite Trocmé, responsable Environnement à l'OFROU, a accepté de nous répondre.

Propos recueillis par Hans-Caspar Ryser, Aqua Viva

Madame Trocmé, les résidus de l'abrasion des pneus, composés d'un mélange de gommages et de suie ou de silice, sont l'une des principales sources de microplastiques en Suisse. L'OFROU a-t-il conscience de cette situation ?

Tout d'abord, je souhaiterais préciser une chose : l'usure des pneus est la première source de microplastiques dans les eaux de chaussée mais elle n'est pas la principale responsable des émissions de microplastiques de la Suisse prises dans leur ensemble. Par ailleurs, l'abrasion des revêtements de chaussée enrichis en gommages pour limiter le bruit peut également contribuer à ce type de pollution. Mais ceci étant, nous nous préoccupons aussi d'autres types de substances telles que le zinc et le cadmium qui proviennent des plaquettes de frein. L'OFROU a bien conscience des problèmes qui en résultent pour l'environnement. C'est pourquoi nous rénovons les vieilles portions de routes et veillons à un bon traitement des eaux de chaussée au niveau des routes nationales. Et nous nous efforçons d'être à la pointe de la technique quand nous le faisons ! Une bonne collaboration avec l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) nous le permet. Pour l'heure, il n'existe pas encore beaucoup d'études sur les émissions routières de microplastiques. La Conférence européenne des directeurs des routes (CEDR) a donc lancé une investigation sur ce sujet. Par ailleurs, une étude allemande tente d'élucider le rôle que jouent les particules de gommages et de suie issues de l'abrasion des pneus en tant que matière organique dans les sols des accotements routiers et de savoir si les systèmes d'évacuation existants retiennent efficacement les substances peu étudiées jusqu'à présent.

Comment l'OFROU aborde-t-il le problème de la pollution des eaux par les résidus d'abrasion des pneus ?

En ce qui concerne le traitement des eaux ruisselant des routes nationales suisses, nous nous conformons à la directive 18005 « Traitement des eaux de chaussée des routes nationales » qui s'appuie elle-même sur les instructions de l'OFEV. Nous savons très bien que le moyen le plus efficace de traiter ces eaux reste la filtration par les banquettes ou accotements (surfaces naturelles le long des routes), qui est le système le plus couramment employé par nos voisins. Ces accotements filtrent les résidus, dont les microplastiques, contenus dans les eaux de chaussée.

Lorsque le réseau de routes nationales a été planifié, les surfaces dédiées aux accotements ont souvent été limitées à une bande très étroite (pour des raisons de place), privant les routes de cette possibilité de filtration. On a alors plutôt misé sur des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (les SETEC) aménagés près des routes nationales. Les eaux de ruissellement sont alors centralisées et acheminées vers le SETEC par un réseau de canalisations pour y être traitées. Le nombre de SETEC dépend de la taille de la zone à

desservir et de l'importance du trafic routier.

À quelles techniques de traitement les SETEC font-ils appel ?

Le plus souvent, les techniques de traitement sont des filtrations à travers des couches de terre, de sable ou de graviers. Lorsque ces systèmes naturels ne peuvent être employés, les SETEC peuvent également mettre en œuvre des filtrations techniques. L'OFEV recommandait autrefois les bassins de rétention avec filtres en terre. Ces systèmes affichent une capa-

.....
Le moyen le plus efficace de traiter les eaux de chaussée reste la filtration par les surfaces d'accotement.
.....

reconnu à sa juste mesure ?

citée de rétention satisfaisante pour les particules telles que les résidus d'abrasion des pneus. Ils ont cependant l'inconvénient de présenter un taux d'infiltration assez faible, de l'ordre de un à deux litres par minute et par mètre carré et de se colmater assez rapidement lors de fortes pluies ou de fortes concentrations de particules fines. C'est pourquoi les filtres en sable végétalisés, plus robustes, sont aujourd'hui privilégiés. Les eaux traitées par ces filtres sont ensuite dirigées vers un cours d'eau récepteur ou déversées sur les terrains environnants. Les résidus retenus dans le gravier, le sable ou la terre ne doivent être éliminés que lors du renouvellement du SETEC, au bout de 10 à 30 ans selon la nature du filtre.

Quelle est l'efficacité de ces techniques de traitement des eaux de chaussée ? Les systèmes en place sont-ils à la pointe de la technique ou doivent-ils être améliorés ?

Comme je l'ai déjà indiqué, la filtration sur de grandes surfaces constitue encore la méthode la plus efficace et la moins coûteuse de traitement. Les couches des sols naturels retiennent les polluants contenus dans l'eau. Dans les horizons abritant des organismes vivants, une dégradation des hydrocarbures a même lieu. Les filtres en sable végétalisés, moins étendus mais fonctionnant selon un principe similaire, présentent un rendement de près de 90 %. Le taux d'épuration est grandement accru par la plantation de roseaux dans les filtres. Avec ce type d'installations, les quantités de polluants déversées dans le cours d'eau récepteur ou dans l'environnement sont fortement réduites, même en cas d'orage. Par ailleurs, le niveau d'eau dans les bassins plantés de roseaux varie en fonction des précipitations, ce qui offre des habitats à une grande diversité d'espèces animales et végétales.

Risquons un œil sur l'avenir : dans quelle direction les techniques de traitement des eaux de chaussée vont-elles évoluer, à votre avis ?

Au niveau fédéral comme cantonal, il importe aujourd'hui d'optimiser et de moderniser les installations de traitement existantes en fonction de l'expérience acquise. En raison des limites de la Suisse en matière foncière, il faut trouver le bon équilibre entre épuration et surfaces nécessaires tout en veillant à un bon rapport coût-bénéfice. En clair : là où l'espace est disponible, nous privilégions la filtration par les accotements, en particulier lors de la construction ou de l'extension de routes nationales. Là où les contraintes l'imposent, nous misons plutôt sur l'efficacité des filtres à sable plantés de roseaux. Mais bien entendu, nous suivons les évolutions de la science et appliquerons toutes les améliorations techniques qui se présenteront pour éliminer les particules polluantes.



▲ Marguerite Trocmé, responsable Environnement à l'Office fédéral des routes (OFROU).

Madame Trocmé, que fait l'OFROU pour attaquer le problème à la racine et limiter l'abrasion des pneus là où elle se produit ?

On ne peut pas faire grand-chose pour limiter l'abrasion des pneus, d'autant plus que, pour les fabricants de pneumatiques, d'autres aspects sont prioritaires, comme la tenue de route, le confort, l'efficacité énergétique et, dans la mesure du possible, la limitation du bruit. Rien ne peut empêcher l'usure des pneus. Leur composition ne peut pas être modifiée au détriment de la sécurité. À l'OFROU, nous nous concentrons donc sur le traitement des eaux de chaussée pour limiter la pollution due à l'abrasion des pneus et des revêtements routiers. En ce qui concerne les routes non nationales, la compétence revient aux cantons et aux municipalités qui appliquent les instructions de l'OFEV « Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication ».

Est-ce que chacun de nous peut agir pour minimiser les émissions de microplastiques par l'abrasion des pneus ?

Oui, en adaptant notre conduite. En limitant les freinages et accélérations, c'est-à-dire en adoptant une conduite « soft » et écologique. C'est ainsi que chacun peut au mieux contribuer à réduire l'abrasion des pneus sur les routes. Je ne saurais dire, en revanche, si le fait d'utiliser des pneus d'été ou d'hiver a une influence.

Merci, Madame Trocmé, pour cet entretien. ♦

Swiss Litter Report

Le Swiss Litter Report a permis, pour la première fois, de mettre en évidence la pollution des rives des lacs et cours d'eau par les plastiques et autres déchets. Pour ce projet de sciences citoyennes, plus de 150 volontaires dûment formés ont collecté des déchets pendant un an dans toute la Suisse avant de les classer en différentes catégories.

Un compte-rendu de Pascal Blarer

Plusieurs études font état de quantités considérables de microplastiques (particules de moins de 5 mm) dans divers lacs ou cours d'eau suisses (Mani et al. 2015 ; Faure et al. 2015 ; AWEL, 2016). Curieusement, les macro-plastiques (>2,5cm) et autres déchets n'avaient pas fait l'objet, jusqu'à présent, de recensements sérieux dans et au bord des eaux de surface. Pourtant, le danger qu'ils représentent est connu : il y a quelques mois, à peine, une étude a démontré que des fragments de plastique collectés sur les rives du lac Léman renfermaient de fortes concentrations d'éléments toxiques (Filella & Turner, 2018).

Le Swiss Litter Report aide à combler cette lacune en indiquant les quantités de déchets recensés sur les rives des eaux suisses. En plus de proposer une analyse de la distribution spatiale et temporelle de différentes catégories de déchets, le projet a l'avantage de sensibiliser la population et les acteurs concernés à ce problème. Les

données collectées doivent servir de base à la prise de mesures de réduction des déchets dans l'environnement.

Le Swiss Litter Report peut être téléchargé dans son intégralité à partir du site stopp.org.

Collecte et classement des déchets en catégories

La méthode adoptée dans le projet s'inspire des protocoles internationaux de l'Agence européenne de l'environnement, de la commission OSPAR et du PNUE en tenant compte des spécificités des lacs et cours d'eau. D'avril 2017 à mars 2018, plus de 150 volontaires (sciences citoyennes) dûment formés ont effectué un relevé mensuel des tous les déchets présents sur 112 sites localisés sur les rives naturelles de différents lacs et rivières. Ils ont ensuite classé les objets et fragments trouvés (> 2,5 cm) en 89 catégories de déchets et 9 catégories de matériaux.

Pour la saisie des données, une appli a été mise à leur disposition (la Marine Litter Watch Smartphone App). Les données collectées seront transmises à la base de données de l'Agence européenne de l'environnement. Tous les déchets ont été correctement éliminés après l'étude.

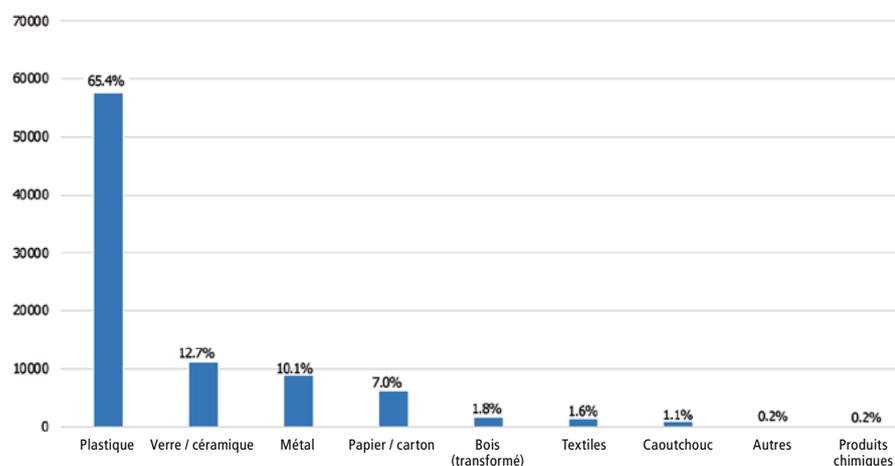
95 971 déchets récoltés – majoritairement en plastique

1052 relevés ont été effectués sur les 112 sites et les volontaires ont collecté et classé 95 971 déchets. Le Swiss Litter Report est donc l'un des plus importants projets de sciences participatives sur ce sujet dans le monde. Il livre pour la première fois un aperçu de la pollution des rives par les déchets à l'échelle de la Suisse.

L'analyse de la **composition des déchets** livre les conclusions suivantes :

- 65,4 % des déchets trouvés sont en plastique, ce qui en fait, de loin, le matériau le plus fréquent (Fig. 1).
- Les mégots de cigarette rassemble 34,1 % des déchets collectés, ce qui en fait la catégorie la plus fréquente. Ce constat est particulièrement préoccupant dans la mesure où les mégots de cigarette ne sont pas biodégradables (l'acétate de cellulose est un plastique) et qu'ils renferment de fortes concentrations de substances toxiques. Les fragments de plastique, de polystyrène, de verre et de papier ont également été fréquemment récoltés de même que les emballages de bonbons, les bouchons en métal, les capsules de canettes et les films plastiques.

▼ Figure 1: Fréquence des matériaux le plus souvent rencontrés, indiquée en nombre et en pourcentage. Source : 2018 STOPPP





▲ Figure 2: Déchets accumulés en un mois sur 100 m² de rive.

– Les déchets de petite taille étaient particulièrement fréquents. En plus des déchets évoqués plus haut, les cotons-tiges, les bouchons en plastique et les bâtons de sucettes étaient souvent rencontrés. Il est probable que ces petits objets sont jetés avec désinvolture dans la nature et que les agents de nettoyage municipaux n'ont pas les capacités de les ramasser.

La **densité moyenne mensuelle de déchets** est de 67 objets ou fragments sur 100 m². La figure 2 donne un aperçu de la composition typique de ces déchets.

- La densité moyenne de déchets observée variait de 91 objets sur 100 m² en été à 47 en hiver. Une légère augmentation a été constatée en janvier 2018 suite aux activités de la Saint-Sylvestre et aux trois tempêtes enregistrées ce mois-là.
- Les rives lacustres présentaient une densité de déchets beaucoup plus élevée que le bord des rivières (123 contre 38 déchets sur 100 m²) et cette densité était plus forte en ville qu'en agglomération et qu'à la campagne (respectivement 103, 56 et 53 déchets sur 100 m²). Il apparaît que la densité de visiteurs a une forte influence sur ce paramètre.

– Les densités de déchets mesurées sont du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres pays lors d'études du même genre. La Suisse ne mérite donc pas, à ce niveau, la réputation de propreté qui lui a été faite.

Le Swiss Litter Report a montré que des quantités considérables de déchets s'accumulaient mois après mois sur les rives des lacs et cours d'eau suisses. Et ce, alors que les surfaces étudiées étaient entièrement débarrassées de leurs déchets mensuellement. Étant donné que le plastique n'est pas biodégradable, il s'accumule dans la nature de même que les produits chimiques qui lui sont inhérents. Le problème s'aggrave donc constamment et seule une limitation immédiate de toutes les émissions permettrait de le contrer. Les déchets plastiques constituent un danger pour les animaux qui peuvent s'y enchevêtrer et les confondre avec leur nourriture. Une fois qu'ils sont dans le milieu aquatique, ils ont une forte probabilité d'être transportés par les fleuves et rivières jusqu'à la mer.

problème très au sérieux et de lui apporter des solutions. Dans ce domaine, nous pouvons prendre exemple sur l'Union européenne et sur les initiatives qu'elle a prises pour cerner le problème et le gérer par le biais, par exemple, d'objectifs de réduction voire d'interdictions de certains produits en plastique. ♦

Références bibliographiques

AWEL (Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich) (2016) : *Mikroplastik in Abwasser und Gewässern*. *Aqua & Gas* 7(8), 78-85.

Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., de Alencastro, L.F. (2015) : *Plastic pollution in Swiss surface waters ; nature and concentration, interaction with pollutants*. *Environ. Chem.*, 12, 582.

Filella, M., and Turner, A. (2018): *Observational Study Unveils the Extensive Presence of Hazardous Elements in Beached Plastics from Lake Geneva*. *Front. Environ. Sci.* 6(1).

Mani, T., Hauk, A., Walter, U., Burkhardt-Holm, P. (2015): *Microplastics profile along the Rhine River*. *Sci. Rep.* 5, 17988.



Pascal Blarer

M. Sc. en Sustainable Development, se consacre depuis son master à l'université de Bâle au problème de la pollution par le

plastique et a déjà publié sur le sujet. Il a élaboré le premier Swiss Litter Report pour le collectif Stop Plastic Pollution Switzerland et le WWF Suisse en tant que chef de projet.

Même si, considérées à l'échelle planétaire, les émissions de la Suisse semblent faibles, nous en sommes entièrement responsables et il est en notre pouvoir de les réduire. En tant que château d'eau de l'Europe, la Suisse est chargée d'une grande responsabilité vis-à-vis de la propreté des eaux continentales et, in fine, des océans. STOPPP et le WWF Suisse conseillent aux décideurs, à tous les niveaux de la société, de la politique et de l'économie, de prendre ce

Pascal Blarer

WWF Schweiz
Hohlstrasse 110
8004 Zürich
044 297 21 78
pascal.blarer@wwf.ch

Du plastique dans nos rivières ?

Des écoliers et écolières y regardent de plus près avec Angelo Bolzern d'Aqua Viva.



Angelo Bolzern est chef de projet dans l'équipe d'éducation à l'environnement d'Aqua Viva. Ce docteur en biologie titulaire d'un diplôme d'enseignement pour le degré secondaire. Il dirige le projet « Journées cours d'eau » avec enthousiasme et conviction.

L'équipe d'éducation à l'environnement d'Aqua Viva organise des journées Cours d'eau à l'occasion desquelles elle se rend au bord des rivières et ruisseaux proches avec des groupes d'enfants et d'adolescents. Ils se penchent alors ensemble sur le cours d'eau, en examinant la faune et réfléchissent en commun aux impacts de l'Homme sur l'écosystème aquatique. Que deviennent les bouteilles et emballages en plastique laissés au bord de l'eau ? Par ses journées Cours d'eau, Aqua Viva cherche à mettre en évidence les possibilités d'action de chacun et à amener les participants à prendre conscience des conséquences potentielles de leur comportement tout en leur permettant d'appréhender la beauté et la diversité des milieux aquatiques afin d'établir une relation émotionnelle durable avec les rivières qui les entourent.

Les journées Cours d'eau en quelques mots

Création : 2006

Objectif : Sensibilisation des enfants et adolescents à la beauté des cours d'eau mais aussi aux dangers qui les menacent.

Équipe : Aqua Viva & partenaires

Infos: umweltbildung.aquaviva.ch

Des écoliers et écolières se sont rendus au bord de la rivière de leur village avec Angelo Bolzern du programme d'éducation à l'environnement d'Aqua Viva. Sur les rives, ils ont trouvé des bouteilles en PET et des débris de sacs en plastique. Les chercheurs en herbe s'intéressent au milieu et à la vie aquatique et ont été interpellés par la présence des déchets. Fion, en 2^e année primaire, Alea et Angelika, en 4^e année, ont été interrogés à ce sujet ainsi que leur instructeur.

Propos recueillis par Christine Ahrend d'Aqua Viva

Fion et Angelika, quand vous allez au bord de la rivière, vous voyez beaucoup de déchets plastiques ?

Fion: Oui. Une fois, nous les avons même collectés et mis en tas.

Angelika: Ça dépend des rivières. Il y a beaucoup de déchets au bord des routes mais il y en a moins en forêt.

Angelo Bolzern, pour les humains, les déchets plastiques constituent surtout un désagrément esthétique alors qu'ils peuvent être un danger mortel pour la faune sauvage. À quoi faites-vous particulièrement attention quand vous vous rendez sur une rivière avec une classe ? Comment sensibilisez-vous les écoliers au problème de la pollution par le plastique ?

Les élèves doivent tout d'abord découvrir ce qui fait partie de l'habitat « rivière » et ce qui n'a rien à y faire. Ils partent alors à la recherche des objets « étrangers » – en général des déchets. Ensuite, il est très important que les jeunes fassent la relation entre notre vie quotidienne et les déchets rencontrés. Nous avons par exemple trouvé des sachets de chips, des mouchoirs en papier et des bouteilles en plastique – des objets très familiers. Nous discutons alors avec eux du temps qu'il faut à une bouteille en PET pour se dégrader et de ce qu'il adient des microplastiques issus de cette dégradation. Beaucoup d'élèves sont très touchés par cet exemple. Je suis certain que la première pierre est alors posée et que les jeunes adopteront ensuite une attitude beaucoup plus responsable vis-à-vis du plastique.

Alea et Fion, est-ce que le plastique qui traîne par terre vous dérange ?

Alea: Oui, énormément !

Fion: Oui.

Pourquoi ?

Fion: Parce que c'est dangereux pour les animaux. Ils peuvent s'empêtrer dedans et ne plus pouvoir se dégager.

Est-ce que vous laissez parfois traîner du plastique par terre quand vous rentrez à la maison ?

Fion: Non, jamais. Je ne ferais jamais une chose pareille !

Alea: Non, on fait bien attention. Mais il m'arrive peut-être de laisser tomber quelque chose ...

Vous avez vu à l'école ce qui se passait quand on laissait du plastique au bord d'une rivière. Que savez-vous d'autres ?

Angelika: Le plastique est entraîné dans la Birse puis jusqu'à la mer. Il y a tout un continent de plastique dans l'océan. C'est très dangereux pour les animaux marins.

Fion: Je ne l'ai pas appris à l'école mais je sais que les animaux peuvent s'emprisonner dans le plastique. Il est emporté par le vent jusqu'à la rivière et puis il est entraîné jusqu'à la mer. Même les dauphins ou les tortues de mer peuvent s'emmêler dans le plastique.

Angelo Bolzern, les élèves apprennent qu'il est essentiel de bien collecter et traiter les déchets. À votre avis, que nous réserve l'avenir ? Pensez-vous que les bords des rivières seront bientôt plus propres ?

Je suis sûr que la plupart des gens qui vivent en Suisse ont un bon comportement vis-à-vis des déchets. Le problème, c'est qu'il suffit de quelques irresponsables pour polluer. Et comme la population, et donc la fréquentation des cours d'eau, augmente, je ne suis pas très optimiste. En sensibilisant les enfants au problème des déchets, nous pouvons cependant favoriser l'engagement pour la nature et contre la pollution. ♦



Les chercheurs en herbe apprennent à agir très concrètement : en s'engageant, par exemple, dans une action « rivière propre » ou, tout simplement, en ramenant ses propres déchets à la maison pour qu'ils soient gérés correctement.

A microscopic view of synthetic textile fibers, showing a dense field of small, dark, curly fibers against a light background. The fibers are irregular in shape and size, typical of microplastic fibers.

Les microplastiques d'origine textile

Lors de leur lavage, les textiles synthétiques peuvent libérer de grandes quantités de microfibrilles qui peuvent se déverser dans la nature avec les eaux usées. De quels facteurs dépend la quantité de fibres entraînées et celles-ci présentent-elles un danger pour le milieu naturel ? Une analyse de Bernd Nowack

Les microfibrilles : un nouveau problème environnemental ?

Les fibres synthétiques comptent parmi les microplastiques les plus fréquemment observés dans les analyses effectuées dans l'environnement (Salvador Cesa et al. 2017). Dans une étude australienne, il a été démontré que 65 % des microplastiques recensés en sortie d'une station d'épuration étaient composés de fibres de polyester (Ziajahromi et al. 2017b). Le lavage des vêtements en fibre synthétique est l'une des sources de ces microplastiques. Ces textiles sont majoritairement composés de polyester (PET) et, en

moindre mesure, de polypropylène. Étant donné que le marché des synthétiques est en plein essor et que les textiles font l'objet d'un lavage fréquent, l'émission de microfibrilles dans les eaux usées domestiques doit être considérée comme un phénomène important qui mérite une caractérisation soignée. Il importe de bien comprendre comment et en quelles quantités les fibres sont émises à partir des textiles, quelles sont leurs caractéristiques et comment elles se comportent lors du traitement des eaux usées. Plusieurs études ont été menées ces dernières années pour répondre à ces questions.

Influence de la nature du textile sur l'émission de fibres

Les textiles synthétiques sont fabriqués avec diverses techniques de tissage ou de tricotage faisant appel à différents types de fibres. Le point le plus important est de savoir si les fibres sont filées à partir de fils continus ou de fibres courtes. Les fibres courtes sont obtenues en coupant les filaments en morceaux d'environ 4 cm de long qui sont ensuite filés. Ce procédé permet de produire des tissus donnant au porter la même sensation que les fibres naturelles comme le coton. D'autres techniques de fabrication peuvent également être uti-

lisées pour obtenir des surfaces structurées de façon à éviter la sensation lisse ou « froide » typique du synthétique. La figure 1 présente un textile constitué de fibres courtes. Les fibres composant les fils tricotés sont bien visibles, ainsi que la surface un peu rugueuse formée par les extrémités des fibres courtes. Ce genre de textile est notamment utilisé pour la fabrication des sous-vêtements de sport tandis que les fils continus servent par exemple à la confection des vêtements de pluie. Les textiles polaires sont des matières tricotées dont la surface est ensuite « ébouriffée » par un traitement spécifique. Ce procédé peut cependant porter atteinte à l'intégrité des fibres qui peuvent plus facilement libérer de petits fragments. Il a ainsi été démontré que les textiles polaires émettaient des quantités particulièrement importantes de fibres (Pirc et al. 2016). Certaines études

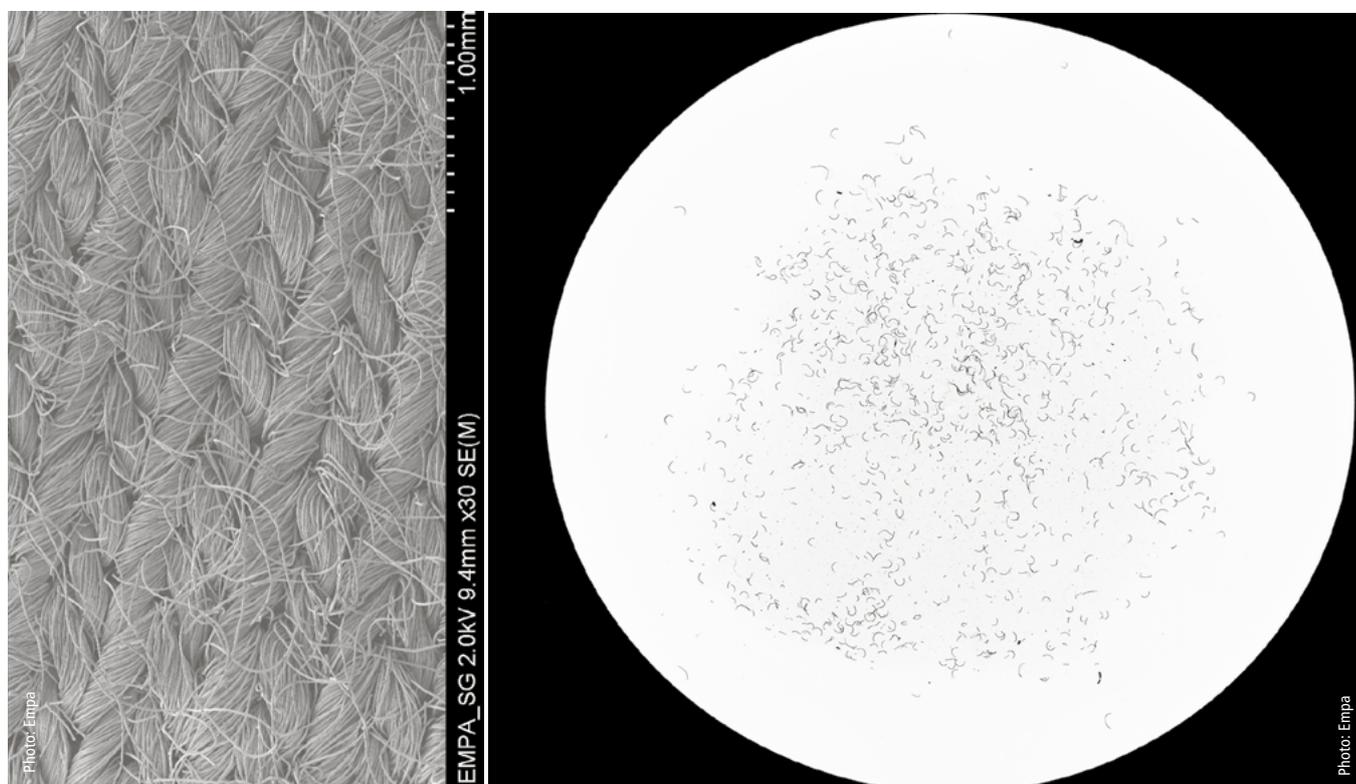
indiquent également que les fibres courtes libèrent beaucoup plus de fragments que les étoffes en fils continus. Il semble donc probable qu'il soit bientôt possible de contrôler la quantité de fibres potentiellement émises par un tissu à travers une régulation des processus de fabrication.

Comment l'émission des fibres est-elle étudiée ?

Plusieurs études ont déjà été menées sur l'émission de fibres lors du lavage des textiles. Dans la plupart des cas, elles sont basées sur une expérimentation assez simple : les textiles sont achetés puis lavés à la machine en différentes conditions plus ou moins contrôlées ; l'eau de lavage est ensuite filtrée et le poids ou le nombre de fibres retenues par le filtre est déterminé (Hartline et al. 2016 ; Pirc et al. 2016).

Ces études livrent une indication approximative de la quantité de fibres pouvant être arrachées à un textile au cours du lavage. Elles ne permettent cependant pas d'étudier correctement les processus qui influencent l'émission des fibres.

Toutefois, d'autres études ont été réalisées en conditions mieux contrôlées. Des échantillons de tissu clairement définis ont alors été soumis à des essais de laboratoire. Dans une étude réalisée par nos soins à l'EMPA de Saint-Gall, des échantillons de tissu noir ont été lavés avec un lave-linge de laboratoire dans différentes conditions bien définies et le nombre et la longueur des fibres libérées ont ensuite été déterminés (Hernandez et al. 2017). Grâce à l'utilisation de tissus noirs et aux possibilités d'imagerie analytique, une quantification des fibres contenues dans l'eau de lavage a été possible. La figure 2



▲ Figure 1, à gauche : Textile en jersey fabriqué à partir de fibres courtes observé au microscope électronique à balayage. Figure 2, à droite : Photo d'un filtre ayant intercepté des fibres libérées par un tissu noir dans une solution de tensioactifs. Diamètre du filtre: 45 mm.

(p. 23) montre un filtre de 45 mm de diamètre ayant intercepté des centaines de fragments libérés par un textile en fibres courtes.

La figure 3 présente une portion de ce filtre sur laquelle les fragments de fibres de 100-600 µm de longueur sont bien visibles. Nous avons étudié une grande diversité de paramètres susceptibles d'influer sur l'émission des fibres : température, durée de lavage, nombre de cycles de lavage, composition de la lessive, type de lessive et mode de séchage (Hernandez et al. 2017). Il est apparu que le facteur ayant la plus forte influence sur le nombre de fibres libérées était la présence d'agents tensioactifs dans l'eau de lavage. Les autres paramètres n'avaient pas d'influence systématique sur les tissus que nous avons étudiés. La figure 4 montre nettement qu'un lavage à l'eau pure libère beaucoup moins de fibres qu'un lavage avec des tensioactifs, présents ici sous la forme d'une lessive liquide.

Les microfibrilles sont-elles retenues lors de l'épuration des eaux usées ?

Lorsque des microfibrilles sont entraînées dans les eaux usées avec l'eau de lavage de la lessive, elles ne se déversent pas encore dans la nature mais sont tout d'abord acheminées vers une station d'épuration. Quel est alors leur comportement ? De premières analyses effectuées dans différents pays montrent que les traitements d'épuration assurent une bonne rétention des microplastiques et des microfibrilles. Murphy et al. (2016) ont ainsi observé un rendement d'élimination des microplastiques de plus de 98 % lors de l'épuration des eaux usées. Dans une étude menée au niveau de 12 stations d'épuration allemandes, la quantité de fibres dans les effluents était en moyenne de 0,1 à 5 fibres/litre (Mintenig et al. 2017). Lorsque les stations comportaient une étape supplémentaire de filtration en fin de chaîne, la rétention des fibres était encore accrue de 97 %.

L'élimination des fibres dans les stations d'épuration implique leur accumulation dans les boues. Étant donné qu'en Suisse,

les boues d'épuration sont incinérées, presque toutes les microfibrilles sont totalement éliminées et ne représentent donc plus de danger pour l'environnement. Seule une fraction infime est émise dans le milieu aquatique avec les effluents d'épuration ou se déverse directement dans la nature à travers les déversoirs d'orage des réseaux unitaires. Pour estimer les quantités émises de cette façon, une analyse de tous les flux de matières textiles et plastiques est nécessaire. À Saint-Gall, l'EMPA y travaille actuellement dans un projet.

Quels sont les effets des microfibrilles dans l'environnement ?

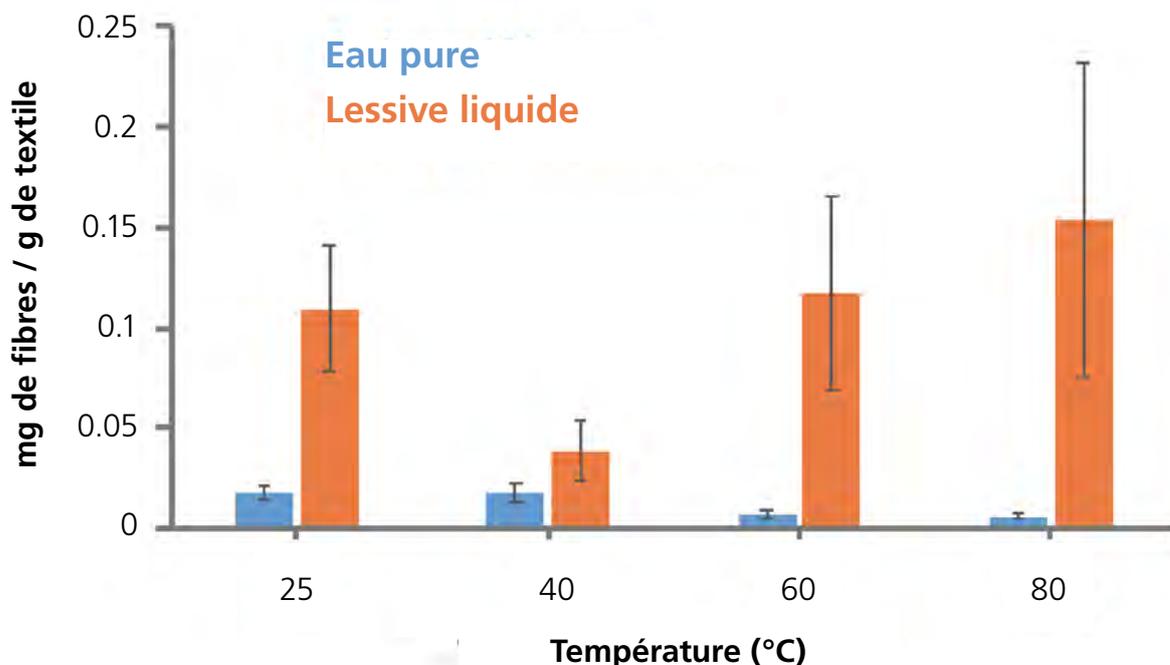
Bien qu'il soit raisonnable de penser qu'une grande partie des microfibrilles libérées n'aboutit pas dans le milieu naturel, il est de notre devoir de nous demander si ces fibres peuvent avoir un impact sur les organismes biologiques. Or, bien que les microplastiques aient déjà fait l'objet d'un nombre respectable de publications, seules quelques études ont porté sur cet aspect. Dans l'une d'entre elles, les résultats obtenus étaient contradictoires : les fibres avaient ou non un effet selon les conditions expérimentales (Jemec et al. 2016). Une étude sur le zooplancton a en revanche montré que les fibres de polyester avaient un effet plus important sur les daphnies que les microbilles de polyéthylène appliquées en même quantité (Ziajahromi et al. 2017a). Les fibres avaient en effet tendance à s'agglutiner sur les crustacés, ce qui les handicapait dans leur comportement natatoire.

Lorsque l'on considère de telles études toxicologiques, il faut bien garder à l'esprit qu'elles ne présentent que l'aspect « effet ». Pour évaluer le risque environnemental, il faut également considérer l'exposition, c'est-à-dire la quantité de microfibrilles réel-

▼ Figure 3: Grossissement d'une portion du filtre de la figure 2. Les fibres mesurent entre 100 et 600 µm de long.



Photo: Empa



Source : Empa

▲ Figure 4: Influence de la température de lavage et de l'ajout d'agents tensioactifs (sous la forme de lessive liquide) sur l'émission de microfibrilles pendant des essais de lavage en conditions contrôlées. Graphique d'après Hernandez et al. (2017), modifié.

lement présentes dans l'environnement. Dans les études écotoxicologiques, les concentrations employées sont souvent très élevées, le but n'étant pas, alors, de représenter la situation réelle dans le milieu naturel mais de mieux comprendre les processus. Il faut ensuite réaliser une évaluation quantitative du risque environnemental pour savoir si les microfibrilles peuvent avoir un effet sur les organismes dans des conditions environnementales réalistes. ◆

Références bibliographiques

Hartline, N.L., Bruce, N.J., Karba, S.N., Ruff, E.O., Sonar, S.U., Holden, P.A., (2016):



Bernd Nowack

Le Pr. Nowack dirige l'équipe « Environmental Risk Assessment and Management » à l'EMPA de Saint-Gall. Il est

également professeur titulaire au département de Sciences des systèmes environnementaux de l'EPF de Zurich. Son domaine de recherche est l'étude des risques et opportunités liés aux nouveaux matériaux.

Microfiber Masses Recovered from Conventional Machine Washing of New or Aged Garments. Environmental Science & Technology 50, 11532–11538.

Hernandez, E., Nowack, B., Mitrano, D.M., (2017): Polyester Textiles as a Source of Microplastics from Households: A Mechanistic Study to Understand Microfiber Release During Washing. *Environmental Science & Technology 51, 7036-7046.*

Jemec, A., Horvat, P., Kunej, U., Bele, M., Kržan, A., (2016): Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean *Daphnia magna*. *Environmental Pollution 219, 201–209.*

Mintenić, S.M., Int-Veen, I., Loder, M.G.J., Primpke, S., Gerdt, G., (2017): Identification of microplastic in effluents of wastewater treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Research 108, 365–372.*

Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B., (2016): Wastewater Treatment Works (WWTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology 50, 5800–5808.*

Pirc, U., Vidmar, M., Mozer, A., Krzan, A., (2016): Emissions of microplastic fibers from microfiber fleece during domestic washing. *Environmental Science and Pollution Research 23, 22206–22211.*

Salvador Cesa, F., Turra, A., Baraque-Ramos, J., (2017): Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: A review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of the Total Environment 598, 1116–1129.*

Ziajahromi, S., Kumar, A., Neale, P.A., Leusch, F.D.L., (2017a): Impact of Microplastic Beads and Fibers on Waterflea (*Ceriodaphnia dubia*) Survival, Growth, and Reproduction: Implications of Single and Mixture Exposures. *Environmental Science & Technology 51, 13397–13406.*

Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L., Leusch, F.D.L., (2017b): Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research 112, 93–99.*

Bernd Nowack

EMPA - Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche
Lerchenfeldstrasse 5
9014 Saint-Gall
058 765 76 92
nowack@empa.ch

Effet des microplastiques sur les cellules intestinales



État d'avancement de la recherche

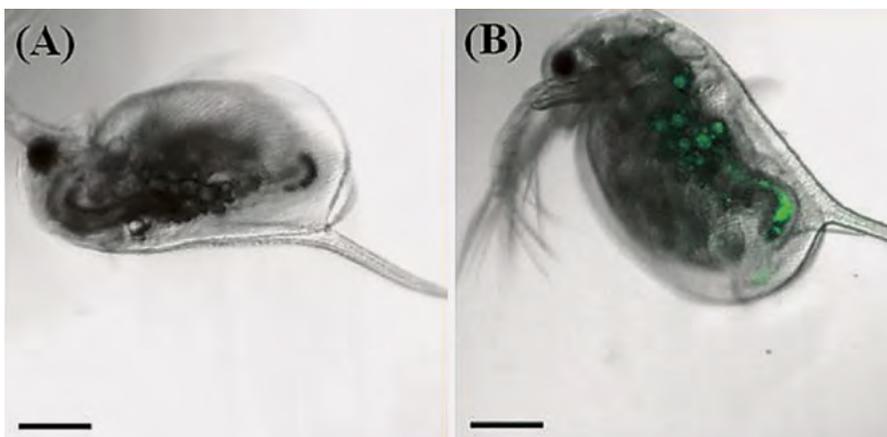
Les microplastiques constituent un problème environnemental typique de notre époque. Les études scientifiques les plus diverses ont montré qu'ils avaient des effets négatifs sur l'environnement. En revanche, les risques qu'ils représentent en termes de santé humaine sont encore mal connus.

Une analyse de Roman Lehner

Les microplastiques occupent le débat public partout dans le monde et, depuis quelques années, les scientifiques ne sont plus les seuls à s'inquiéter de leurs effets négatifs sur l'environnement et donc sur la santé humaine. Les micro-particules de plastique peuvent en effet

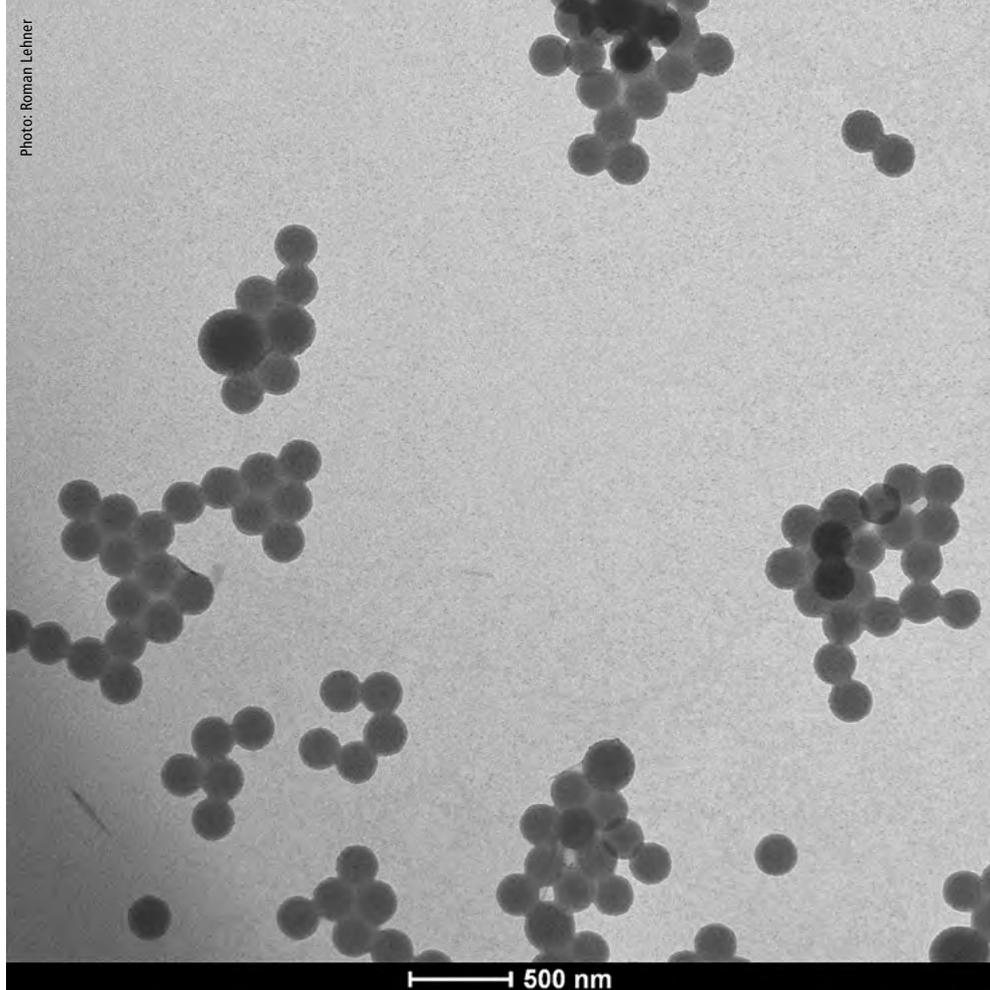
entrer dans la chaîne alimentaire à travers des organismes marins contaminés comme le plancton ou les poissons. Elles ne se contentent alors pas de menacer la santé des animaux mais également celle des humains qui consomment le poisson ou les fruits de mer. Plusieurs études, portant

principalement sur des organismes aquatiques, ont montré que l'absorption de microplastiques pouvait provoquer des effets toxiques tels que des inflammations des voies digestives, une abrasion des tissus internes ou des occlusions intestinales (Moos et al. 2012 ; Wright et al. 2013).



Diverses études ont montré que les produits chimiques tels que les plastifiants, les stabilisants ou les pigments ajoutés aux plastiques pour leur conférer la flexibilité,

◀ Figure 1: Deux photos de daphnie *Daphnia magna* (un petit crustacé également appelé puce d'eau). La photo A montre une daphnie sans nanoplastiques dans son organisme, la photo B une daphnie ayant absorbé des nanoplastiques reconnaissables à leur fluorescence verte. Source : Yooeun Chae, Dokyung Kim, Shin Woong Kim & Youn-Joo An (2018) : Trophic transfer and individual impact of nano-sized polystyrene in a four-species freshwater food chain.



▲ Figure 2: Vue de nanoparticules de polystyrène en microscopie électronique à transmission.

l'élasticité et la couleur voulue, n'étaient pas chimiquement liés au polymère et qu'ils étaient donc facilement entraînés dans l'environnement lors de l'utilisation des objets en plastique. Par ailleurs, les microparticules de plastique peuvent fixer et transporter des substances cancérigènes. À leur contact, les organismes qui leur sont exposés peuvent donc être intoxiqués par les polluants adsorbés à leur surface. Face à ces observations, une question fondamentale se pose donc : quels sont les effets et les risques des microplastiques en termes de santé humaine ?

Les microplastiques ne sont pas le dernier maillon de la chaîne de dégradation

Lorsque du plastique est libéré dans l'environnement, il peut être dégradé en microplastiques sous l'effet de contraintes environnementales telles que le rayonnement UV ou l'action mécanique des éléments. De nouvelles études indiquent par ailleurs que ce processus de dégradation du plastique peut aller plus loin. Il a ainsi été démontré que des nanoparticules de plastique pouvaient se former sous l'effet des UV à partir des couvercles en polystyrène des gobelets jetables pour le café (Lambert and Wagner, 2016). Les microplastiques ne sont donc pas le dernier maillon de la chaîne de dégradation. Il convient cependant de signaler que nos connaissances sur les nanoplastiques sont encore très éparses et que les publications scientifiques sur le sujet se comptent encore sur les doigts de la main. Les scientifiques estiment aujourd'hui que le problème des nanoplastiques est certainement le moins connu mais aussi le plus dangereux que connaît le milieu marin en termes de déchets. Aussi insistent-ils sur la nécessité d'intensifier les recherches dans ce domaine.

Aujourd'hui, la recherche se concentre sur les organismes aquatiques pour mettre en évidence les effets des nanoparticules de plastique (principalement en polystyrène). Elle s'intéresse ainsi à l'absorption du plas-

tique, à son accumulation dans les tissus et aux réactions inflammatoires qu'il peut provoquer dans l'appareil digestif des animaux (Bouwmeester et al. 2015).

Beaucoup d'études menées dans le domaine des nanomatériaux ont montré que la très petite taille des nanoparticules leur permettait d'entrer en interaction avec une plus grande diversité de cellules et de barrières biologiques que les particules plus grossières (Norris and Sinko, 1997 ; Vacha et al. 2013). Les nanoparticules possèdent des propriétés très particulières dues à leur taille, à leur forme et à l'importance de leur surface par rapport à leur volume. Selon leur taille et leurs propriétés, les nanoparticules peuvent pénétrer dans l'organisme par la peau, par les voies respiratoires ou par la paroi intestinale puis se répandre dans tout le corps à travers les vaisseaux sanguins (Bourquin et al. 2018). Donc, si nous voulons évaluer les effets potentiels de ces particules sur la santé humaine, nous devons porter un autre regard, plus différencié, sur le problème. Et ce, d'autant plus que les

nanoparticules peuvent également être directement ingérées avec la nourriture. En outre, les nanoparticules de plastique, comme les microplastiques, peuvent fixer à leur surface des substances chimiques, telles que des plastifiants, des stabilisants ou des polychlorobiphényles, qui peuvent être absorbées avec elles et nuire à l'organisme.

Influence des micro et des nanoplastiques sur la santé humaine

Divers résultats semblent indiquer que la principale voie d'absorption des micro et nanoparticules de plastique dans l'organisme humain soit la voie digestive. Dans plusieurs études, des microplastiques ont été détectés dans l'appareil digestif de différentes espèces de poissons (Baalkhuyur et al. 2018 ; Pegado et al. 2018). Il est cependant peu probable que l'Homme soit exposé à ces particules dans la mesure où ces organes sont généralement retirés des poissons après la pêche. Par ailleurs, les quantités de microplastiques ainsi détectés dans les poissons étaient extrêmement faibles. La source la plus probable de microplastiques par l'alimen-

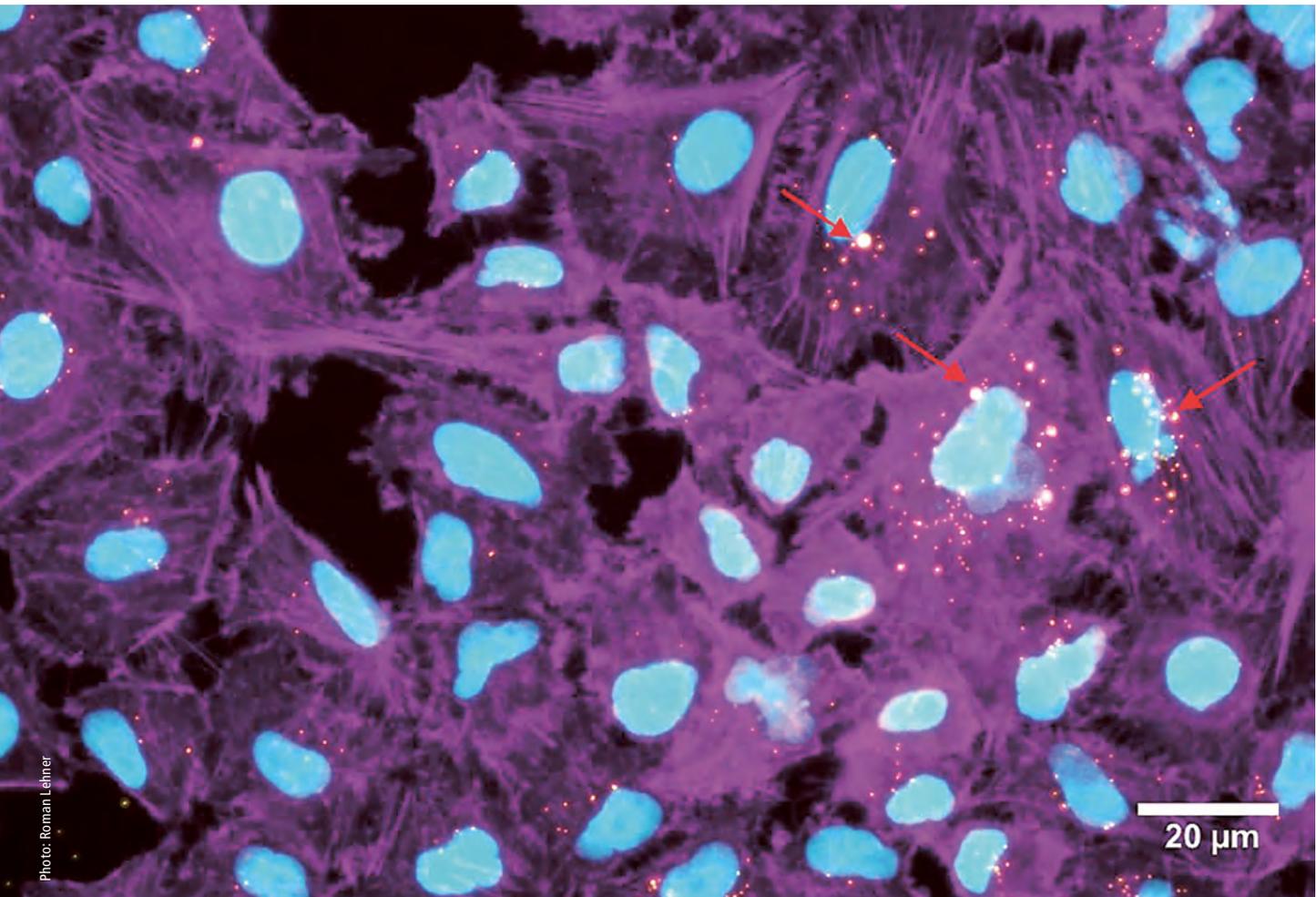
tation humaine semble donc être aujourd'hui la consommation de moules et coquillages. Ces mollusques bivalves provoquent des tourbillons pour se nourrir de grands volumes d'eau pompés à travers le creux formé par leurs coquilles. Les microplastiques qui se trouvent dans leur environnement proche sont ainsi aspirés par les coquillages et aboutissent dans leur système digestif. Or, contrairement aux poissons, les moules sont consommées avec leurs viscères. Au Canada et en Belgique, des microfibrilles de plastique ont ainsi été détectées aussi bien dans des coquillages sauvages que dans des bivalves du commerce et ces fibres étaient encore présentes au bout de trois jours de rinçage à l'eau claire (De Witte et al. 2014 ;

Mathalon and Hill, 2014). Selon une étude, on estime que le consommateur européen moyen de coquillages pourrait théoriquement absorber jusqu'à 11 000 microparticules de plastique par an (Van Cauwenberghe and Janssen, 2014). Mais des microplastiques ont également été détectés dans d'autres denrées alimentaires comme le miel (182 particules/kg en moyenne), la bière (jusqu'à 109 particules/litre), le sel (jusqu'à 681 particules/kg) et le sucre (249 particules/kg en moyenne) (G. Liebezeit and E. Liebezeit, 2014 ; 2013 ; Yang et al. 2015).

Comme cela a déjà été évoqué, les micro et les nanoparticules possèdent des pro-

priétés très particulières dues à leur taille, à leur forme et à l'importance de leur surface par rapport à leur volume. L'une de ces propriétés, et non des moindres, est leur capacité à pénétrer dans les cellules et dans l'épithélium intestinal et, si leur taille et leurs propriétés de surface le leur permettent, dans les vaisseaux sanguins. Dans une série d'études effectuées *in vitro* avec des lignées de cellules humaines de différents organes tels que les poumons ou l'intestin, il a été démontré que les nanoparticules de polymère pouvaient activer le système immunitaire inné, induire une réaction inflammatoire ou déclencher un stress oxydatif (Brown et al. 2001 ; Forte et al. 2016). Ces premiers résultats appellent cependant des études

▼ Figure 3: Vue au microscope à fluorescence de cellules épithéliales ayant absorbé du polystyrène marqué (en jaune). Les noyaux cellulaires apparaissent en bleu et les fibres d'actine en violet.



plus diversifiées telles que des essais de longue durée avec des expositions répétées et des essais avec différents types de matériaux, comme le polyéthylène, le polytéraphthalate d'éthylène et le polypropylène, dans la mesure où la plupart des études actuelles ont été menées avec des particules de polystyrène.

Les recherches de l'Institut Adolphe Merkle

Un projet de recherche s'intéresse actuellement aux effets des microparticules (>1 µm) et des nanoparticules de plastique (<200 nm) présentes dans le système digestif et aux risques qui en découlent pour la santé humaine. Nous nous intéressons tout particulièrement aux interactions des particules avec les cellules des voies digestives et à leur éventuelle translocation dans les tissus plus profonds ainsi qu'aux réactions qu'elles peuvent provoquer dans les cellules, comme des inflammations par exemple.

Les matériaux choisis pour l'étude comprennent notamment les plastiques le plus souvent rencontrés dans le milieu naturel comme le polystyrène.

Les particules de polystyrène peuvent être de différentes tailles et il est possible de les marquer avec un colorant fluorescent. Elles peuvent alors être visualisées dans les tissus grâce à un microscope à fluorescence. Les premiers essais ont montré que les cellules épithéliales de culture pouvaient absorber aussi bien les microparticules que les nanoparticules de plastique (Fig.3). Il est prévu de réaliser d'autres essais avec un modèle d'intestin constitué de différentes cellules qui permettra une étude encore plus détaillée des interactions avec différents types de particules de plastique. Ce travail aidera à mieux prédire les risques dus à une absorption de particules de plastique avec la nourriture en fonction de la nature du matériau et de la taille des éléments ingérés. ♦

Références bibliographiques

- Baalkhuyur, FM, Bin, Dohaish EA, Elhalwagy, MEA, Alikunhi, NM, AlSuwailam, AM, Røstad, A, Coker, DJ, Berumen, ML, Duarte, CM, (2018): *Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. Mar Pollut Bull* 131, 407–415.
- Bourquin, J., Rothen-Rutishauser, B., (2018): *Bio-distribution, Clearance, and Long-Term Fate of Clinically Relevant Nanomaterials. Adv. Mater.* 30, 1704307–31.
- Bouwmeester, H., Hollman, P.C.H., Peters, R.J.B., (2015): *Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. Environ. Sci. Technol.* 49, 8932–8947.
- Brown, DM, Wilson, MR, MacNee, W, Stone V, Donaldson, K, (2001): *Size-Dependent Pro-inflammatory Effects of Ultrafine Polystyrene Particles: A Role for Surface Area and Oxidative Stress in the Enhanced Activity of Ultrafines. Toxicol Appl Pharmacol* 175, 191–199.
- De Witte, B, Devriese, L, Bekaert, K, Hoffman, S, Vandermeersch, G, Cooreman, K, Robbens J, (2014): *Quality assessment of the blue mussel (Mytilus edulis): comparison between commercial and wild types. Mar Pollut Bull* 85, 146–155.
- Forte, M, Iachetta, G, Tussellino, M, Carotenuto, R, Prisco, M, De Falco, M, Laforgia, V, Valiante, S, (2016): *Polystyrene nanoparticles internalization in human gastric adenocarcinoma cells. Toxicol In Vitro* 31, 126–136.
- Lambert, S., Wagner, M., (2016): *Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. Chemosphere* 145, 265–268.
- Liebezeit, G., Liebezeit, E., (2014): *Synthetic particles as contaminants in German beers. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 31, 1574–1578.
- Liebezeit, G., Liebezeit, E., (2013): *Non-pollen particulates in honey and sugar. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 30, 2136–2140.
- Mathalon, A., Hill, P., (2014): *Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. Mar Pollut Bull* 81, 69–79.
- Moos, von, N., Burkhardt-Holm, P., Köhler, A., (2012): *Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel Mytilus edulis L. after an experimental exposure. Environ. Sci. Technol.* 46, 11327–11335.



Roman Lehner

Après des études de biologie moléculaire au Biozentrum de Bâle, Roman Lehner a effectué une thèse en génie biologique

à l'hôpital universitaire de Bâle. Il est chercheur à l'Institut Adolphe Merkle de Fribourg depuis 2016 où il étudie notamment les micro et les nanoplastiques et leurs effets potentiels sur la santé humaine. Depuis 2018, il réalise par ailleurs des expéditions pour collecter les microplastiques et sensibiliser l'opinion au problème qu'ils représentent.

- Norris, D.A., Sinko, P.J., (1997): *Effect of size, surface charge, and hydrophobicity on the translocation of polystyrene microspheres through gastrointestinal mucin. Journal of Applied Polymer Science* 63, 1481–1492.
- Pegado, TSES, Schmid, K, Winemiller, KO, Chelazzi, D, Cincinelli, A, Die, L, Giarrizzo, T, (2018): *First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. Mar Pollut Bull* 133, 814–821.
- Vacha, R, Martinez-Veracochea, FJ, Frenkel, D, (2013): *Challenges in Nanoparticle Delivery: Cellular Uptake and Intracellular Escape. Biophys J* 104, 622a.
- Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., (2014): *Microplastics in bivalves cultured for human consumption. Environ. Pollut.* 193, 65–70.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., (2013): *The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. Environ. Pollut.* 178, 483–492.
- Yang, D, Shi, H, Li, L, Li, J, Jabeen, K, Kolandhasamy, P, (2015): *Microplastic Pollution in Table Salts from China. Environ. Sci. Technol.* 49, 13622–13627.

Roman Lehner

Institut Adolphe Merkle (AMI)
Université de Fribourg
<http://ami.swiss/>

Chemin des Verdiers 4, 1700 Fribourg
078 824 46 77, Roman.lehner@unifr.ch

Microplastiques dans l'eau du robinet : un problème pour la Suisse ?

Un entretien avec le service des eaux de la ville de Zurich

En sa qualité de chef de la section de surveillance de la qualité de l'eau du service des eaux de la ville de Zurich, Andreas Peter est responsable depuis bientôt quatre ans de la qualité de l'eau distribuée et de la coordination de la recherche dans ce domaine. Pour ce docteur en sciences, le travail sur l'eau ne se conçoit que dans l'interdisciplinarité selon une approche volontairement holistique. Andreas Peter a étudié les sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich puis travaillé dans la recherche à l'Eawag avant d'assurer le contrôle de la qualité de l'eau potable au laboratoire cantonal. Pour lui, le travail est plus une vocation qu'un simple métier et c'est avec une grande curiosité pour les processus et interactions qu'il s'y adonne. Propos recueillis par Salome Steiner, Aqua Viva

Monsieur Peter, d'où vient l'eau potable distribuée par la ville de Zurich ?

L'eau potable vient de plusieurs endroits différents, ce qui garantit une grande stabilité de l'approvisionnement. Si un problème de capacité apparaît au niveau d'un captage, il peut être facilement compensé. Mais la principale source d'eau potable de la ville reste bien entendu le lac de Zurich qui fournit 70 % de l'eau distribuée. Le traitement de cette eau lacustre est un processus complexe qui s'effectue en plusieurs étapes dans deux usines. Les autres piliers de l'approvisionnement sont les sources et les nappes phréatiques. Nous pratiquons une recharge artificielle des nappes pour profiter de la filtration par le sol. Aucun traitement n'est plus alors nécessaire après captage de l'eau souterraine.

En tant que responsable de la surveillance de la qualité de l'eau au service des eaux de la ville de Zurich, vous veillez comme une sentinelle sur l'eau potable. À quoi ressemble une journée de travail typique pour vous ?

Je n'ai pas beaucoup de journées de bureau classiques. Mon travail consiste la plupart du temps à « réseauter » à l'intérieur et à l'extérieur du service d'approvisionnement en eau. Dans notre section de surveillance de la qualité, qui compte 30 personnes, il y a beaucoup d'actions à coordonner. J'accompagne des projets, échange avec d'autres collaborateurs et suis les sujets d'actualité. La communication vers l'extérieur

est également un domaine important. J'aime l'interdisciplinarité et la liberté de création dans le travail. En ce moment, je m'intéresse tout particulièrement à la surveillance de la qualité de l'eau en cas d'insécurité potentielle de l'approvisionnement – comment traverser les périodes de sécheresse ? nos systèmes et installations sont-ils prêts à faire face à de telles situations ? – ou en rapport avec les micropolluants.

Comment les responsables de l'approvisionnement gèrent-ils le problème des micropolluants ?

Le maintien de la qualité de l'eau potable est un défi de tous les instants. Les progrès techniques permettent de détecter de plus en plus de substances. C'est une bonne chose mais nous ne devons pas pour autant perdre le « cocktail » de vue. Il ne suffit pas de surveiller les substances individuelles, il faut également évaluer le mélange qu'elles composent. Nous y travaillons

actuellement avec beaucoup d'engagement. Une solution consiste à évaluer la toxicité du mélange avec des bioessais. Cette approche permet de juger immédiatement de la gravité de la situation au vu des résultats et d'engager des mesures si nécessaire. En tant que fournisseurs d'eau potable, nous estimons très important d'être à la pointe des connaissances scientifiques, d'être acteurs de notre travail et de ne pas attendre que la législation soit adaptée avant d'agir correctement. D'ailleurs, toutes nos données sont librement accessibles sur Internet.

.....
Jusqu'à présent, nous n'avons pas détecté de microplastiques dans l'eau potable de Zurich.
.....

Et qu'en est-il des microplastiques dans l'eau potable ?

Jusqu'à présent, nous n'avons pas détecté de microplastiques dans l'eau potable de Zurich. Pour s'en assurer, nous avons effectué une étude en interne et une autre étude a été menée par l'AWEL. Les deux étaient basées sur un criblage en fonction de la taille. L'eau a été filtrée et les particules de l'ordre d'un à plusieurs microns retenues. Aucun des filtres ne présentait de microplastiques. L'eau potable de Zurich n'est donc pas contaminée par des particules de plastique de cette taille. On peut raisonnablement penser que les microplastiques éventuellement présents, à l'origine, dans l'eau brute, sont retenus dans les usines de potabilisation et dans le sol. Grâce à ces barrières, le risque d'une contamination de l'eau potable par les microplastiques peut être écarté.

Tout semble donc clair en ce qui concerne les microplastiques.

Mais qu'en est-il des nanoplastiques ?

Comme je viens de le dire, les filtres utilisés dans les études étaient conçus pour retenir les microparticules. Nous ne sommes malheureusement pas encore en mesure de réaliser des contrôles avec des filtres encore plus fins ou de détecter les nanoparticules par d'autres moyens. Nous ne pouvons donc pas nous prononcer sur la contamination de l'eau potable par les nanoplastiques. Il est cependant probable que les nanoparticules puissent atteindre l'eau potable. Bien qu'elle soit bien filtrée, cette eau fait partie intégrante des cycles biogéochimiques. Tout ce qui est émis par l'homme ou la nature peut, en principe, se retrouver dans le milieu aquatique et, éventuellement, dans l'eau potable. Nous estimons cependant que le risque pour la santé est négligeable. Nous travaillons en contact étroit avec l'EMPA et l'Eawag et les études réalisées jusqu'à présent sur la toxicité des microplastiques et des nanoplastiques dans le corps humain ne donnent généralement pas de raison de s'inquiéter. Même l'Autorité européenne de sécurité des aliments considère que les nanoplastiques ne jouent probablement pas de rôle significatif sur le plan toxicologique.

Que compte faire le service des eaux, maintenant ?

En tant que fournisseur, je considère que les nanoplastiques n'ont absolument rien à faire dans l'eau potable. Il en va aussi de la confiance placée dans le produit « eau potable ». Nous y attachons une très grande importance et nous voulons délivrer un produit aussi naturel que possible.

Pour trouver un moyen de détecter les nanoparticules, nous collaborons depuis trois ans avec des stations de recherche. Grâce à de nouvelles méthodes, nous pourrions bientôt connaître les particules pouvant survenir dans l'eau utilisée pour la production d'eau potable et savoir si elles sont bien retenues par les filtres des usines de potabilisation. La technique mise en œuvre est cependant extrêmement complexe et il faudra encore attendre pour avoir des résultats.

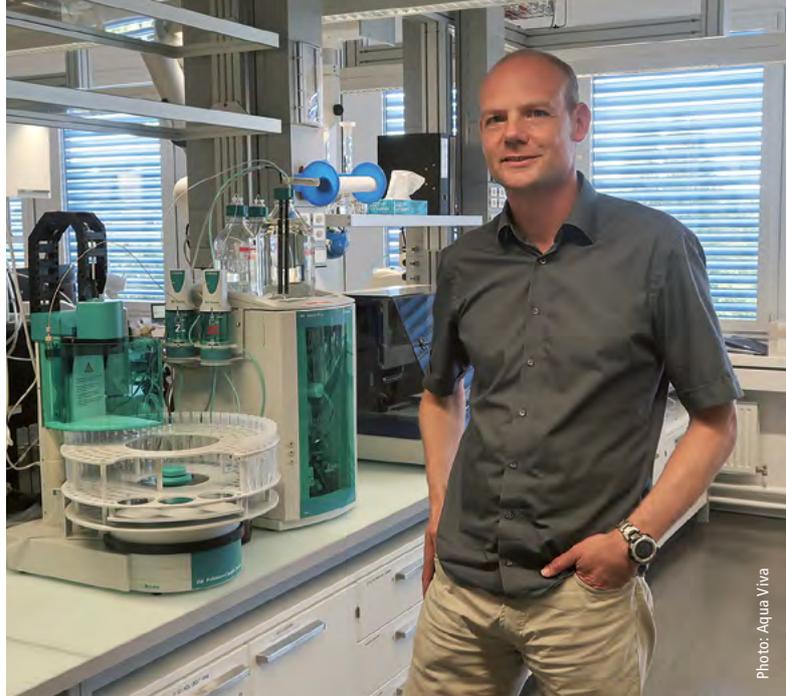


Photo: Aqua Viva

▲ Andreas Peter, chef de la section de surveillance de la qualité de l'eau du service des eaux de la ville de Zurich (WVZ).

Les vieilles plomberies sont souvent mises en cause lorsqu'il s'agit de la qualité de l'eau potable. Est-ce qu'elles peuvent être une source de microplastiques ?

Non, pas de microplastiques. Mais elles peuvent libérer d'autres types de particules. Les vieilles tuyauteries sont généralement en métal et elles peuvent émettre des particules dans l'eau sous l'effet de la corrosion. C'est effectivement un sujet fréquent de réclamation de la part des usagers. Ces particules ne représentent cependant aucun danger pour la santé, même si nous préférerions qu'elles ne soient pas dans l'eau potable. Aujourd'hui, les canalisations sont de plus en plus souvent en plastique. La question qui se pose est alors la libération de plastifiants dans l'eau. Il est absolument impératif que les matériaux utilisés soient certifiés. Il vaut mieux donc éviter de s'équiper soi-même avec des tuyaux bon marché du magasin de bricolage. Ce qui se passe au niveau des ménages n'est cependant plus du domaine de compétence des fournisseurs d'eau potable ; la qualité des tuyauteries est de la responsabilité des propriétaires.

Monsieur Peter, la question des microplastiques et de la consommation des matériaux plastiques vous tient-elle personnellement à cœur ?

Je suis profondément choqué par l'inconscience et l'indifférence avec laquelle nous utilisons nos ressources. Nous en faisons une consommation absolument colossale ! Ma famille et moi, nous essayons donc de limiter au maximum notre consommation de ressources et de produire le moins possible de déchets. Pour la nourriture, nous essayons de consommer des produits frais et locaux, nécessitant peu d'emballage. Par ailleurs, nous privilégions les produits durables, nous sommes contre la mentalité du « tout jetable ».

Merci, Monsieur Peter, pour cet entretien. ♠

Les gammares et les microplastiques

Les organismes aquatiques, comme le gammare ou crevette d'eau douce *Gammarus fossarum*, sont exposés aux microplastiques et les absorbent avec leur nourriture. Les microparticules de plastique issues de matériaux biodégradables sont-elles alors moins néfastes au gammare que celles provenant de matériaux issus de la pétrochimie ? Des essais montrent que le comportement des deux types de microplastiques ne diffère pas au niveau de l'ingestion et de l'excrétion mais bel et bien au niveau de l'assimilation. Un texte de Salome Steiner (résumé de l'étude originale de Sandrine Straub, Philipp E. Hirsch et Patricia Burkhardt-Holm)

La quantité de microparticules de plastique absorbées par les organismes aquatiques dépend de différents facteurs tels que la taille des particules par rapport à l'espèce considérée et la densité de microplastiques présents (revue dans Ivar Do Sul & Costa, 2014 et Wright et al. 2013b). Les effets biologiques de ces plastiques après l'ingestion se manifestent le plus souvent sous la forme de perturbations de l'absorption de nourriture ou d'actions mécaniques comme des blessures de l'estomac ou de l'intestin. Les essais de laboratoire menés jusqu'à présent avec les organismes aquatiques attestent de

réductions de la prise de nourriture (Cole et al. 2014 et Watts et al. 2015), d'un aminuement des réserves d'énergie disponibles pour la croissance (Wright et al. 2013a), d'une réduction des chances de survie (Lee et al. 2013) et d'une perte de fitness (Ogonowski et al. 2016).

De nombreuses études sont aujourd'hui consacrées aux effets des microparticules de plastique sur les organismes biologiques. Elles s'intéressent alors généralement aux plastiques issus traditionnellement de la pétrochimie. Celles qui portent sur les microplastiques biodégradables sont

en revanche extrêmement rares et il semble que, jusqu'à présent, aucune n'ait entrepris de comparer les effets des deux types de matériaux en conditions contrôlées.

La présente étude se concentre sur l'impact de microparticules de plastique de 32 à 250 µm provenant de matériaux biodégradables ou issus de la pétrochimie sur le gammare *Gammarus fossarum*, organisme écologiquement représentatif des milieux dulçaquicoles. Les essais ont porté sur l'ingestion, l'excrétion et les effets biologiques des deux types de microparticules. Les gammares ont été nourris avec des solutions contenant les particules à étudier pendant différentes durées allant jusqu'à quatre semaines. Les matériaux étudiés étaient le poly(β -hydrobutyrate) (PHB) pour le plastique « bio » et le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) pour le plastique conventionnel. Pour faciliter leur identification lors de l'examen du contenu stomacal, des particules fluorescentes ont été utilisées. En complément des deux types de microplastiques, des essais ont été effectués avec des groupes témoins nourris sans particules ou avec des particules de silice, ces dernières étant utilisées pour reproduire les grains de sable habituellement présents dans l'environnement dulçaquicole.

Les taux d'ingestion et d'excrétion ont été étudiés avec des particules de taille et de concentration standardisées selon les protocoles utilisés dans des études antérieures (Blarer & Burkhardt-Holm, 2016). Les particules les plus fréquemment ingérées par les gammares étaient celles comprises entre 32 et 63 µm. Les fréquences d'ingestion et

▼ Gammarus *Gammarus fossarum*



d'excrétion mesurées avec les deux types de plastique étaient comparables dans toutes les classes de taille des particules.

Effets biologiques des microparticules de plastique

Dans un deuxième temps, les effets biologiques des différentes microparticules ont été étudiés par l'observation de trois biomarqueurs : le taux d'absorption de nourriture, l'efficacité d'assimilation et la prise ou perte de poids. Chez le gammare, le taux d'absorption de nourriture est un marqueur de l'ingestion concomitante potentielle de substances toxiques (Drobne et al. 2008). Sur ce paramètre, de nouveau, aucune différence significative n'a été observée entre les deux types de microparticules.

Le paramètre « masse corporelle », mesuré en poids humide chez le gammare, indique si les différents types de microparticules de plastique ont un effet sur la prise ou la perte de poids des organismes exposés. Certains travaux avaient déjà montré que les microparticules de plastique d'origine pétrochimique induisaient une baisse de croissance chez le gammare suite, probablement, à une durée de séjour plus longue dans l'intestin que celle de particules naturelles (Au et al. 2015). Dans la présente étude, les gammars nourris avec les deux types de microparticules de plastique présentaient eux aussi une baisse significative de croissance par rapport aux groupes témoins.

L'efficacité d'assimilation indique la qualité avec laquelle la nourriture ingérée est intégrée au métabolisme (Gergs & Rothhaupt, 2008). Elle permet donc d'apprécier la qualité de l'utilisation de la nourriture pour la synthèse de tissus corporels ou la constitution de réserves d'énergie. L'efficacité d'assimilation a légèrement baissé pendant les quatre semaines d'expérimentation chez tous les gammars, indépendamment de la nature de la nourriture fournie. Une baisse significative a été observée à partir

de la deuxième semaine chez les gammars exposés aux microparticules de plastique d'origine pétrochimique. Aucune différence significative n'a en revanche été constatée entre les animaux ayant ingéré de la silice ou du plastique biodégradable. Concernant l'assimilation, un effet positif des microparticules de plastique biodégradable, et donc de ce matériau en général, a pu être démontré.

Il serait souhaitable, à l'avenir, que davantage d'études soient menées sur l'occurrence des deux types de microparticules de plastique dans l'environnement. Si nous voulons promouvoir le développement d'alternatives écocompatibles aux plastiques d'origine pétrochimique, nous devons mieux comprendre comment les microparticules de plastique biodégradable se manifestent et se comportent dans les écosystèmes.

L'étude a été publiée en 2017 sous le titre «Biodegradable and petroleum-based microplastics do not differ in their ingestion and excretion but in their biological effects in a freshwater invertebrate gammarus fossarum» dans la revue internationale Journal of Environmental Research and Public Health, 2017, 14, 774; doi:10.3390/ijerph14070774. ♦

Références bibliographiques

- Au S.Y., Bruce T.F., Bridges W.C., Klaine S.J., (2015): Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environ. Toxicol. Chem.* 2015, 34, 2564–2572.
- Blarer P. & Burkhardt-Holm P., (2016): Microplastics affect assimilation efficiency in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2016, 23, 23522–23532.
- Cole M., Webb H., Lindeque P.K., Fileman E.S., Halsband C., Galloway T.S., (2014): Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Sci. Rep.* 2014, 4, 4528.
- Drobne D., Blazic M., Van Gestel C.A.M., Leser V., Zidar P., Jemec A., Trebse P., (2008):

- Toxicity of imidacloprid to the terrestrial isopod Porcellio scaber (Isopoda, Crustacea).* *Chemosphere* 2008, 71, 1326–1334.
- Gergs R. & Rothhaupt K.O., (2008): Feeding rates, assimilation efficiencies and growth of two amphipod species on biodeposited material from zebra mussels. *Freshw. Biol.* 2008, 53, 2494–2503.
- Ivar Do Sul J.A. & Costa M.F., (2014): The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ. Pollut.* 2014, 185, 352–364.
- Lee K.W., Shim W.J., Kwon O.Y., Kang J.H., (2013): Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Environ. Sci. Technol.* 2013, 47, 11278–11283.
- Ogonowski M., Schür C., Jarsén Å., Gorokhova E., (2016): The effects of natural and anthropogenic microplastics on individual fitness in *Daphnia magna*. *PLoS ONE* 2016, 11, e0155063.
- Watts A.J.R., Urbina M.A., Corr S., Lewis C., Galloway T.S., (2015): Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, 14597–14604.
- Wright S.L., Rowe D., Thompson R.C., Galloway T.S., (2013a): Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Curr. Biol.* 2013, 23, R1031–R1033.
- Wright S.L., Thompson R.C., Galloway T.S., (2013b): The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* 2013, 178, 483–492.

Salome Steiner

Aqua Viva
Weinsteig 192, 8200 Schaffhausen
052 625 26 51
salome.steiner@aquaviva.ch

Patricia Holm

Interlocutrice au nom des auteurs de l'étude
Universität Basel, Programm MGU
Departement Umweltwissenschaften
Vesalgasse 1, CH-4051 Basel
061 207 04 02
patricia.holm@unibas.ch



Microplastiques et épuration des eaux usées

Foto: L. Cabernard

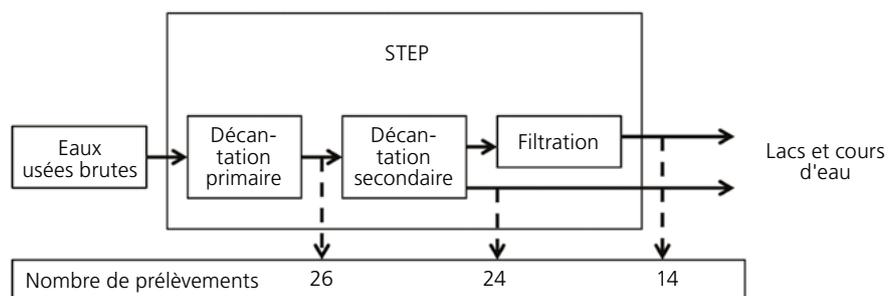
Dans cette étude, les microplastiques ont été suivis dans 28 stations d'épuration (STEP) du canton de Zurich. Il est apparu que leur taux d'élimination était en moyenne de 93 %. Les STEP contribuent donc de manière substantielle à la rétention des microplastiques. Il n'en reste pas moins que les 64 STEP que compte le canton de Zurich déversent ensemble chaque jour 31 milliards de microparticules de plastique dans le milieu aquatique. La solution n'est cependant pas de viser une élimination totale au niveau des STEP mais bien de réduire les émissions à la source. Un compte-rendu d'Edith Durisch-Kaiser (résumé de l'article de Cabernard et al. paru dans Aqua & Gas, 2016)

Une fois libérés dans les eaux usées domestiques ou industrielles, les microplastiques transitent vers les STEP. Là, ils sont en grande partie extraits des effluents et éliminés dans les boues d'épuration. Une petite partie, cependant, est rejetée dans le milieu naturel. Dans diverses études, les chiffres avancés pour ces rejets vont de 0,008 à 90 microparticules par litre d'eau épurée, ce qui indique une variabilité colossale (Murphy et al. 2016, Dris et al. 2015, HELCOM 2014, Magnusson and Norén 2014, Mintenig et al. 2014, Leslie et al. 2013). La quantité de micro-déchets de plastique présents dans les effluents d'épuration est souvent plus élevée que dans d'autres échantillons prélevés dans le milieu aquatique où des concentrations de 0,0005 à 14 particules/l ont été mesurées (Moore et al. 2005, EPFL 2014, Lechner et al. 2014, Mani et al. 2015, Ugert et al. 2015). En 2015, l'Office des

déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich (AWEL) a étudié les microplastiques (particules de 8 µm à 5 mm) au niveau des différentes étapes d'épuration et des effluents d'un grand nombre de STEP. Ce compte-rendu présente les résultats de la campagne de prélèvements ainsi qu'une estimation des quantités de microplastiques émises pendant cette période par les STEP zurichoises dans les lacs et cours d'eau du canton.

Échantillonnage au niveau des STEP

Les microplastiques ont été étudiés dans 28 STEP du canton de Zurich d'avril à décembre 2015 (Fig. 1). Des échantillons composites ont été prélevés sur 24 heures selon un échantillonnage asservi au débit en sortie de décantation primaire (26 échantillons), de décantation secondaire (24 échantillons) et de filtration (14 échantillons). Trois STEP sont équipées de filtres membranaires d'une porosité de 0,4 µm (selon les



▲ Figure 1: Nombre d'échantillons prélevés dans chaque station d'épuration de l'étude.

indications du fabricant), toutes les autres effectuent une filtration sur sable.

Comment les microplastiques sont-ils mis en évidence ?

Étant donné qu'il n'existe pas encore de méthode standardisée de mise en évidence des microplastiques dans les matrices environnementales, une stratégie a été mise au point pour les identifier et les quantifier dans les échantillons d'eau (Cabernard et al. 2016). Des échantillons d'eau usée de 100 ml ont été évaporés à 80 °C. Le résidu a ensuite été mis en présence d'une solution d'acide sulfurique à 60 % (30 ml, H₂SO₄) pendant 30 minutes afin de dissoudre la matière organique. La matière inorganique et les microplastiques ont ensuite été séparés par centrifugation (3000 tpm, 30 min, 20 °C) et isolés en fonction de la densité. La majorité des matières plastiques présentent en effet une densité bien inférieure à celle de l'acide sulfurique à 60 % (1,5 g/cm³) et surnagent donc en surface (Hellerich et al. 1996). Le surnageant contenant les microplastiques a alors été filtré à travers une membrane de porosité 0,45 µm (Macherey-Nagel, membrane filtrante Porafil, esters de cellulose mixtes) et la surface de ce filtre a été examinée pour compter les microplastiques. Le comptage a été effectué à l'aide d'un microscope à lumière réfléchie (Leica DM 2500) en utilisant un grossissement de 100 x et un éclairage supplémentaire. Parmi les débris, une distinction a été faite entre les particules, les sphérules et les fibres. Pour rendre compte d'éventuelles contaminations lors du travail de laboratoire, des échantillons témoins d'eau ultrapure (Nanopur) ont été examinés en parallèle.

Analyse des données

Les données concernant le nombre de micro-débris de plastique observés sur les filtres ont été utilisées pour calculer le rendement d'élimination des STEP et pour déterminer la quantité de particules libérées dans le milieu aquatique (charge de microplastiques).

Le rendement d'élimination correspond à la part de microplastiques qui est retirée des eaux usées lors d'une ou de plusieurs étapes de traitement. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$R = (1 - S / E) \times 100$$

R = rendement d'élimination (%)

S = quantité moyenne de microplastiques en sortie de l'étape ou des étapes de traitement (en particules/l)

E = quantité moyenne de microplastiques en entrée de l'étape ou des étapes de traitement (en particules/l)

La charge de microplastiques émise par la STEP est calculée à partir du débit moyen par temps sec des quatre dernières années. La charge journalière totale émise par les 64 STEP du canton de Zurich (> 2000 équivalents-habitants) a été estimée en multipliant la quantité moyenne de microplastiques observés en sortie de STEP par le volume d'effluents déversés par l'ensemble des stations d'épuration (pour les STEP avec et sans filtration) (Cabernard et al. 2016).

La masse et la superficie des micro-débris de plastique ont été estimées sur la base des observations microscopiques en se référant à des objets modèles connus : sphérules d'environ 30 µm de diamètre, particules cubiques d'environ 30 µm de côté et fibres cylindriques d'environ 500 µm de long et 5 µm de diamètre. Les valeurs considérées pour la densité moyenne des sphérules ($\rho \approx 1 \text{ g/cm}^3$), des particules ($\rho \approx 1 \text{ g/cm}^3$) et des fibres ($\rho \approx 1,4 \text{ g/cm}^3$) ont été tirées de l'étude de Mintenig et al. (2014).

Une analyse statistique univariée a été effectuée pour déterminer les différences

significatives et les probabilités correspondantes (p) entre les quantités de microplastiques comptabilisées au niveau des différentes étapes d'épuration et dans le milieu aquatique.

Les microplastiques dans les STEP zurichoises

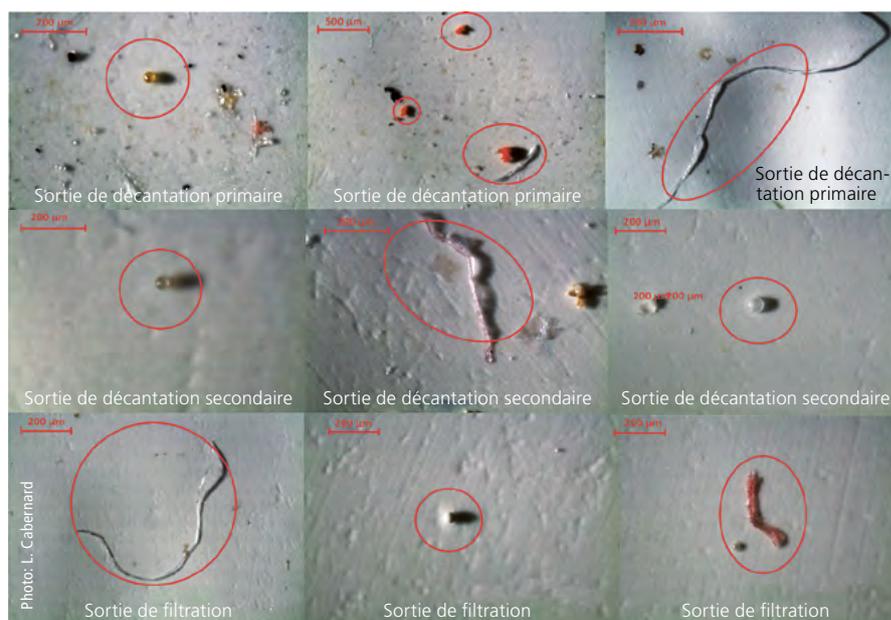
Des microplastiques ont été observés à toutes les étapes de traitement des 28 STEP étudiées. Les quantités différaient cependant très fortement (Fig. 2, 3 et 4).

- Sortie de décantation primaire : 640 ± 240 débris/l (moyenne ± écart-type)
- Sortie de décantation secondaire : 120 ± 60 débris/l
- Sortie de filtration : 50 ± 30 débris/l

Les quantités dénombrées en sortie des STEP équipées de filtration membranaire (63 ± 18 débris/l) étaient comparables à celles observées en sortie de STEP équipées de filtres à sable d'une ou plusieurs couches (44 ± 18 débris/l).

La représentation des fibres, particules et sphérules parmi les microplastiques variait selon les stades de traitement des eaux usées :

Les particules étaient particulièrement abondantes en sortie de décantation primaire (73 %) alors qu'elles ne constituaient plus que la moitié des microplastiques en sortie de décantation



▲ Figure 2: Microplastiques identifiés aux différentes étapes de traitement des STEP du canton de Zurich.

Tableau 1 : Rendement d'élimination des différents types de microplastiques lors des différentes étapes de traitement des STEP (par rapport aux valeurs en sortie de décantation)

Rendement d'élimination	Fibres	Sphérules	Particules	Total
Biologie et décantation secondaire	54 %	78 %	87 %	81 %
Filtration	48 %	41 %	75 %	61 %
Biologie, décantation secondaire et Filtration	76 %	87 %	97 %	93 %

Tableau 2 : Charge journalière de microplastiques à la sortie des STEP étudiées et extrapolée à la totalité des STEP du canton de Zurich (> 2000 équivalents-habitants) en considérant qu'elles sont toutes équipées d'une étape de filtration.

	Nombre de micro-déchets de plastique (milliards/jour)	Masse (g /jour)	Surface (m ² / jour)
STEP étudiées (28)	18	329	106
Toutes STEP du canton ZH (64)	31	600	182

secondaire et qu'un tiers en sortie de filtration (Fig. 3). Les *sphérules* sont le type de débris le moins abondant à tous les stades d'épuration. C'est en sortie de filtration que leur part relative est la plus importante (23 %). Celle des *fibres* augmente au cours de l'épuration. Alors qu'elles ne représentent que 14 % des débris en sortie de décantation primaire, elles en constituent déjà le tiers après la décantation secondaire et 44 % après la filtration.

La répartition des particules, fibres et sphérules parmi les microplastiques en

sortie de filtration est comparable à celle observée dans les eaux de surface étudiées (40 % de particules, 36 % de fibres et 24 % de sphérules).

En conséquence, le rendement d'élimination des différents types de microplastiques varie lui aussi selon les étapes de traitement d'épuration (Tab. 1).

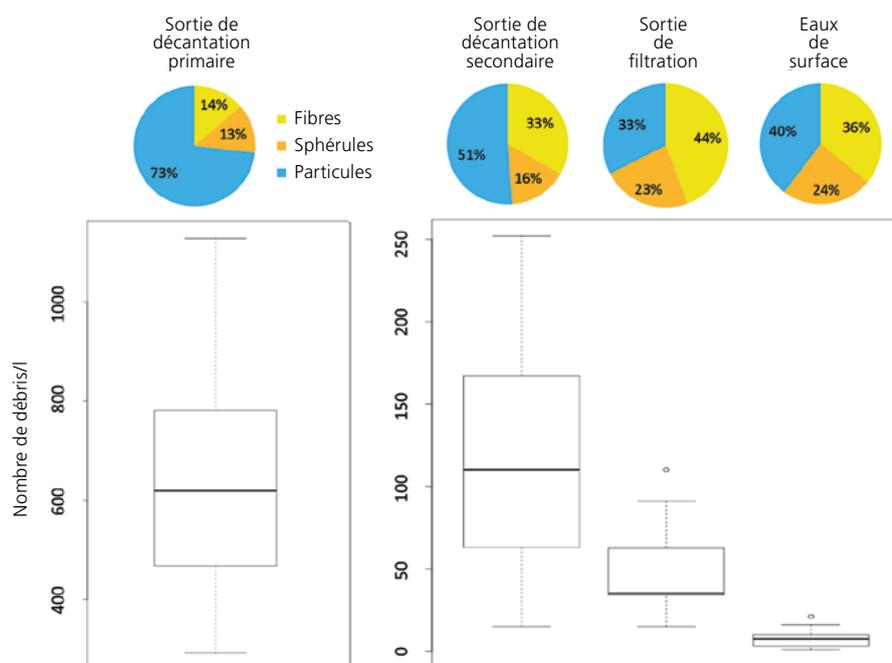
Rejet de microplastiques dans le milieu aquatique

Prises globalement, les 28 STEP zurichoises étudiées émettent environ 18 milliards de microplastiques dans l'environnement,

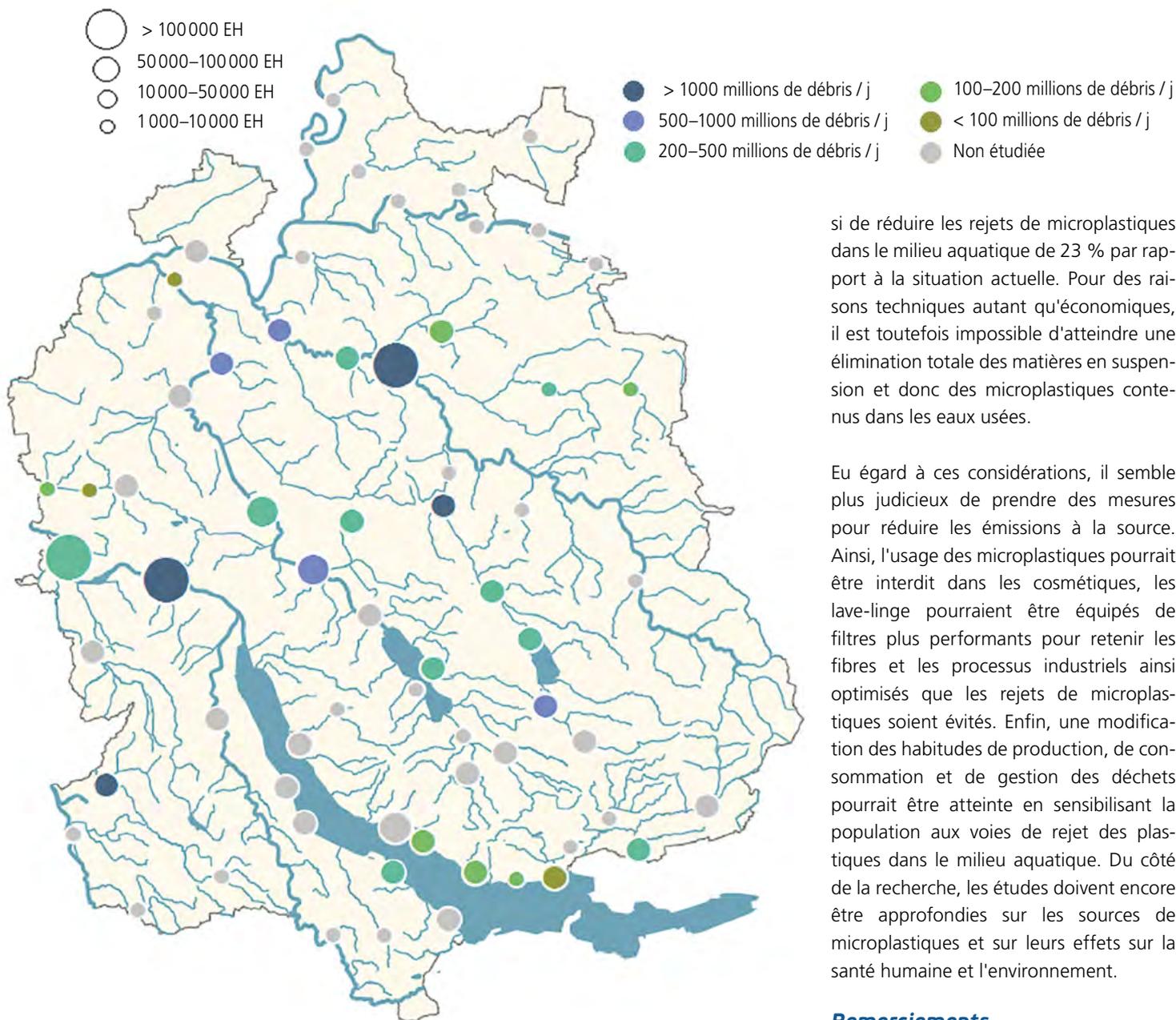
ce qui correspond à une masse de plastique de 330 g et à une surface totale de 106 m². (Tab. 2). Les quatre STEP présentant la charge hydraulique la plus importante émettent à elles seules la moitié de cette charge de microplastiques (Fig. 4). Si l'on extrapole ces valeurs aux 64 STEP du canton de Zurich (> 2000 équivalents-habitants), il apparaît que 31 milliards de débris, avec une masse totale de 600 g et une surface de 182 m², sont rejetés chaque jour par les STEP dans les eaux de surface zurichoises (Tab. 2).

Même les éléments les plus petits ont été comptabilisés

Cette étude est la première à proposer une détection systématique des microplastiques dans des échantillons d'eau usée prélevés dans des STEP du canton de Zurich. Les quantités mesurées en sortie de décantation secondaire (15–250 débris/l) et de filtration (15–110 débris/l) sont de l'ordre des valeurs les plus élevées obtenues dans d'autres études (0,008–91 débris/l indiqués par Murphy et al. 2016, Dris et al. 2015, HELCOM 2014, Magnusson and Norén 2014, Mintenig et al. 2014, Leslie et al. 2013). Ces valeurs relativement importantes s'expliquent par la fourchette de détection choisie, qui visait des particules comprises entre 8 µm et 5 mm. Dans les travaux cités, les tailles ciblées étaient généralement supérieures à 300 µm, à 500 µm ou même à 1 mm. Le nombre de micro-particules de plastique dans l'environnement augmente cependant fortement à mesure que leur taille diminue (Holm et al. 2013, Barnes et al. 2009). Dans une étude suédoise, par exemple, les microplastiques ont été recherchés dans de l'eau épurée à partir d'une taille de 0,7 µm : le nombre de débris détectés était 100 000 fois plus élevé que dans une étude hollandaise qui avait étudié des effluents d'épuration en plaçant la limite inférieure à 300 µm (Magnusson and Norén 2014, Leslie et al. 2013). Les micro-déchets de plastique détectés dans les STEP du canton de Zurich (Fig. 2, p. 35) étaient le plus souvent d'une taille comprise entre 8 et 300 µm, soit dans un intervalle rarement considéré dans les études effectuées jusqu'à présent.



▲ Figure 3: Quantité de microplastiques et répartition des particules, fibres et sphérules parmi les débris aux différents stades d'épuration des eaux usées et, à titre de comparaison, dans les eaux de surface du canton de Zurich (Cabernard et al. 2016).



▲ Figure 4: Charge journalière de microplastiques en sortie des 28 STEP étudiées.



Edith Durisch-Kaiser

Le Dr en sc. nat. Edith Durisch-Kaiser a travaillé dans la recherche en biogéochimie et dynamique des polluants à l'université de Vienne, à l'université du Texas à Austin et à l'Institut de recherche sur l'eau de l'EPF de Zurich avant d'intégrer l'AWEL en 2011. En tant que collaboratrice scientifique, elle s'y occupe de projets touchant au traitement des eaux usées avec un intérêt particulier pour les microplastiques, les nanomatériaux, les micropolluants et la gestion des eaux par bassin versant.

Perspectives

Le rejet de microplastiques dans l'environnement ne constitue évidemment pas une solution d'élimination durable pour l'un des produits de consommation les plus utilisés dans nos sociétés. Appliqué à la protection des eaux, le principe de précaution exige que les émissions de microplastiques par les stations d'épuration soient évitées autant que faire se peut. Une forte rétention des matières solides au niveau de la décantation secondaire et de la filtration est en soi nécessaire et cette exigence va dans le sens de l'élimination des microplastiques. Une augmentation des capacités à ce niveau par l'installation de systèmes de filtration dans toutes les STEP du canton de Zurich permettrait ain-

si de réduire les rejets de microplastiques dans le milieu aquatique de 23 % par rapport à la situation actuelle. Pour des raisons techniques autant qu'économiques, il est toutefois impossible d'atteindre une élimination totale des matières en suspension et donc des microplastiques contenus dans les eaux usées.

Eu égard à ces considérations, il semble plus judicieux de prendre des mesures pour réduire les émissions à la source. Ainsi, l'usage des microplastiques pourrait être interdit dans les cosmétiques, les lave-linge pourraient être équipés de filtres plus performants pour retenir les fibres et les processus industriels ainsi optimisés que les rejets de microplastiques soient évités. Enfin, une modification des habitudes de production, de consommation et de gestion des déchets pourrait être atteinte en sensibilisant la population aux voies de rejet des plastiques dans le milieu aquatique. Du côté de la recherche, les études doivent encore être approfondies sur les sources de microplastiques et sur leurs effets sur la santé humaine et l'environnement.

Remerciements

Livia Cabernard a réalisé cette étude à l'AWEL dans le cadre de son projet de l'EPFZ et l'a publiée dans la revue Aqua & Gas. Un grand merci à Jean-Claude Vogel, Fredi Bichsel et Dieter Sennhauser pour leur aide lors des prélèvements et des analyses de laboratoire et à Urs Holliger (AWEL, service Protection des eaux) pour l'interprétation des données. ♦

Références bibliographiques

👉 www.aquaviva.ch/wissen/zeitschrift

Edith Durisch-Kaiser

AWEL, Sektion Abwasserreinigungsanlagen
Abteilung Gewässerschutz
Hardturmstrasse 105, 8005 Zürich
043 259 91 52
edith.durisch@bd.zh.ch

De nouveaux films plastiques pour le paillage

Les films en polyéthylène sont utilisés pour le paillage des cultures dans de nombreux pays où ils polluent fortement les sols. Des chercheurs suisses montrent maintenant qu'il existe une alternative plus écologique : un autre plastique, le PBAT, est biodégradable dans le sol. Les scientifiques ont pu le démontrer en utilisant du PBAT spécifiquement fabriqué en incorporant des monomères marqués au ^{13}C . Pour le moment, les films en PBAT sont cependant encore peu utilisés dans le monde en raison, notamment, de leur coût supérieur à celui des films habituels en polyéthylène.

Un texte de Peter Rüegg et Andri Bryner

Huit millions de tonnes de plastique déferlent chaque année dans les océans. C'est colossal, mais les sols agricoles ne sont pas non plus épargnés par ce fléau. Dans le monde entier, les agriculteurs recouvrent leurs champs de films de paillage en polyéthylène (PE) dans le but d'augmenter le rendement des cultures en limitant la croissance des « mauvaises herbes », en augmentant la température du sol et en retenant son humidité.

Après la récolte, les agriculteurs sont souvent dans l'incapacité de collecter la totalité de ces films qui sont parfois extrêmement fins. Les restes de film plastique se retrouvent alors dans les sols où ils s'accumulent avec le temps puisque le polyéthylène n'est pas biodégradable. Or ces résidus portent atteinte à la fertilité des sols, perturbent les équilibres hydriques,

limitent la croissance des cultures et sont souvent emportés par le vent jusque dans les eaux de surface.

Des films plastiques alternatifs minéralisés par les bactéries

Des chercheurs de l'EPF de Zurich et de l'Eawag montrent maintenant qu'une solution pourrait être en vue. Ils démontrent en effet que les films composés d'un autre plastique, le PBAT (polybutylène adipate-co-téréphtalate), peuvent être totalement dégradés par la microflore du sol. Les micro-organismes incorporent le carbone du polymère dans leur biomasse et l'utilisent pour leur métabolisme énergétique. Comme le PE, le PBAT est un polymère d'origine pétrochimique. Étant donné qu'il est considéré comme compostable, c'est-à-dire biodégradable dans le compost, les scien-

tifiques ont également étudié sa biodégradation dans le sol.

Marquage au carbone ¹³

Dans leurs essais, les scientifiques ont utilisé du PBAT spécifiquement fabriqué à leur intention en incorporant une certaine quantité de monomères marqués au ^{13}C , un isotope stable et assez lourd du carbone. Les chercheurs étaient ainsi en mesure de suivre le cheminement du carbone originellement contenu dans le polymère lors de sa biodégradation dans le sol. Ainsi, si les microorganismes brisent la structure moléculaire du PBAT, ils accèdent automatiquement à du carbone 13. S'il est intégré, ce dernier peut ensuite être détecté dans les produits du métabolisme comme le CO_2 émis lors de la respiration ou dans les structures cellulaires synthétisées par les organismes.

- ▼ Photo de gauche : Les films de paillage en plastique sont très présents dans le paysage agricole, comme ici à Hürth, en Allemagne.
- Photo du milieu : Dans le monde, comme ici en Chine, les films de paillage utilisés sont souvent en polyéthylène non biodégradable et extrêmement fins. Ils se déchirent facilement et polluent fortement les sols.
- Photo de droite : Un chercheur environnementaliste remplissant un flacon avec de la terre et un morceau de film en PBAT pour étudier sa biodégradation en conditions contrôlées.



Photo: Florian Gerlach, CC 3.0

Photo : extraite de Liu et al. 2014, Environ. Res. Lett., CC 3.0

Photo: EPF de Zurich, Eawag

des cultures : plus chers mais biodégradables



Photo : EPF de Zurich, Eawag

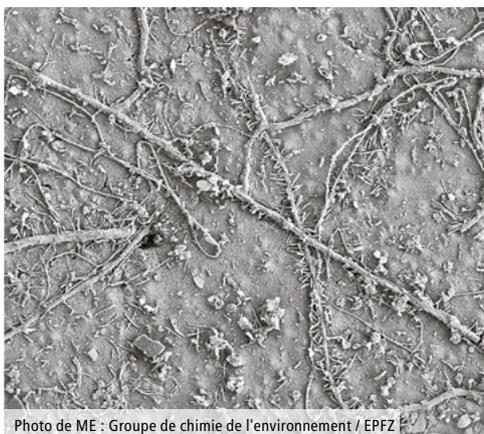


Photo de ME : Groupe de chimie de l'environnement / EPFZ

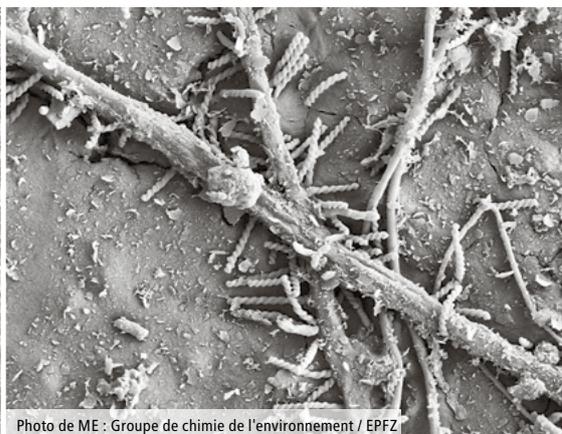


Photo de ME : Groupe de chimie de l'environnement / EPFZ

▲ Photo de gauche : La terre et les morceaux de film en PBAT mis à incuber en chambre climatisée. Les micro-organismes qui dégradent le polymère libèrent du CO₂ qui est analysé en continu. Photo du milieu : Au bout de quelques semaines passées dans le sol, la surface du film de PBAT est déjà colonisée par de nombreux micro-organismes. La biodégradation du polymère commence. Photo de droite : Pour la biodégradation, des bactéries s'associent aux filaments mycéliens.

Une biodégradation véritable

Les chercheurs ont ainsi pu obtenir, pour la première fois, la preuve scientifique irréfutable d'une réelle biodégradation d'un plastique. Car tout ce qui est déclaré « biodégradable » ne l'est pas. « On entend par biodégradation l'utilisation par les micro-organismes de la totalité du carbone contenu dans les chaînes du polymère pour leur métabolisme, leur approvisionnement énergétique et la synthèse de nouvelle biomasse. Et c'est exactement ce que nous avons observé avec le PBAT », explique Hans-Peter Kohler, microbiologiste de l'environnement à l'Eawag.

Les plastiques biodégradables se distinguent ainsi fondamentalement de ceux qui se décomposent dans l'environnement, sous l'effet du soleil par exemple, mais ne sont pas minéralisés. Beaucoup de plastiques ne font que s'effriter et, même s'ils ne sont plus visibles à l'œil nu, les fragments qui en résultent restent dans l'environnement sous forme de microplastiques.

Il est encore trop tôt pour lever l'alerte

« Mais le problème mondial de la pollution par le plastique est loin d'être résolu, commente Michael Sander, chimiste de

l'environnement à l'EPF de Zurich. Toutefois, nous avons franchi un cap décisif par la voie de la biodégradation du plastique agricole dans les sols. » Les chercheurs sont cependant encore dans l'incapacité de prévoir la durée de persistance du PBAT dans les sols agricoles. Il faudra pour cela réaliser des essais de longue durée dans différents sols et dans différentes conditions expérimentales sur le terrain. Et il est encore difficile d'extrapoler ces résultats à d'autres systèmes environnementaux. Par exemple, les processus de biodégradation des polymères sont probablement beaucoup plus lents en milieu marin en raison de conditions écologiques et d'une flore microbienne différentes.

Il est donc trop tôt pour crier victoire mais les chercheurs espèrent que leur étude éveillera l'intérêt de l'industrie. La nouvelle approche analytique offre de nouvelles perspectives aux fabricants pour l'étude d'impact sur l'environnement de leurs produits. Jusqu'à présent, seules quelques entreprises de l'industrie chimique misent sur les films de PBAT, plus écologiques mais également plus chers. Les films de paillage biodégradables ne représentent donc encore qu'une portion infime du plastique en circulation dans le monde.

D'un autre côté, il est également possible de réduire la pollution des sols par le plastique en utilisant des bâches plus épaisses pour le paillage, comme c'est l'usage dans l'agriculture suisse. Ces bâches peuvent être collectées après utilisation afin d'être réutilisées ou incinérées.

L'article original est librement accessible sur <https://doi.org/10.1126/sciadv.aas9024> ♦

Zumstein MT, Schintlmeister A, Nelson TF, Baumgartner R, Woebken D, Wagner M, Kohler H-P E, Mc Neill K, Sander M : *Biodegradation of synthetic polymers in soils: Tracking carbon into CO₂ and microbial biomass. Science Advances (2018), publié en ligne le 25 juillet 2018.*

Peter Rüegg

Rédacteur scientifique
Service communication
EPF de Zurich
peter.ruegg@hk.ethz.ch

Andri Bryner

Responsable médias de l'Eawag
Membre du comité d'Aqua Viva
andri.bryner@eawag.ch

Puissance 4 ✓

Quatre bons conseils pour moins de microplastiques

Chaque habitant et chaque habitante de Suisse consomme chaque année près de 125 kg de plastique. Une partie de ce plastique aboutit dans le milieu aquatique suite à l'abrasion des pneus, à des pertes lors de la production, à des émissions venant des textiles ou des produits cosmétiques ou encore suite au dépôt inconsidéré de déchets dans la nature. Il est avéré que ce matériau est absorbé ou ingéré sous la forme de microplastiques par les petits animaux aquatiques et par certains poissons et coquillages. D'après ce que nous savons aujourd'hui, les microplastiques réduisent la capacité de filtration des moules, affectent l'activité alimentaire des organismes du zooplancton marin et accroissent la mortalité de petits crustacés marins tout en affectant leurs capacités de reproduction. Un petit guide d'Aqua Viva

Pour le bien des animaux marins et de la faune de nos lacs et cours d'eau, il est impératif que nous réduisions fortement nos émissions et donc notre consommation de plastique. Tous autant que nous sommes, nous pouvons y contribuer en suivant les quatre conseils très simples qui suivent.

1. Réduire la consommation de plastique :

En réduisant la quantité de plastique consommée par habitant, nous pouvons limiter les quantités émises dans le milieu aquatique. Par ailleurs, une telle attitude permet d'économiser des ressources non

renouvelables. Nous prodiguons donc les conseils suivants :

- Bannir l'utilisation d'objets en plastique jetables (ne plus utiliser d'assiettes ou de couverts en plastique jetables, de pailles, de sacs en plastique, etc.)
- Si l'utilisation de plastique est inévitable, opter pour des objets réutilisables et veiller à une élimination correcte des déchets : recyclage des bouteilles en PET, des flacons de shampoing et des bouteilles de lait, etc., chez Migros et Coop, par exemple. Ne pas jeter le fil dentaire et les cotons-tiges dans les toilettes. Le plastique ne doit jamais être

jeté en-dehors des poubelles ou, pire, dans la nature.

2. Moins rouler et adopter une conduite plus souple au volant :

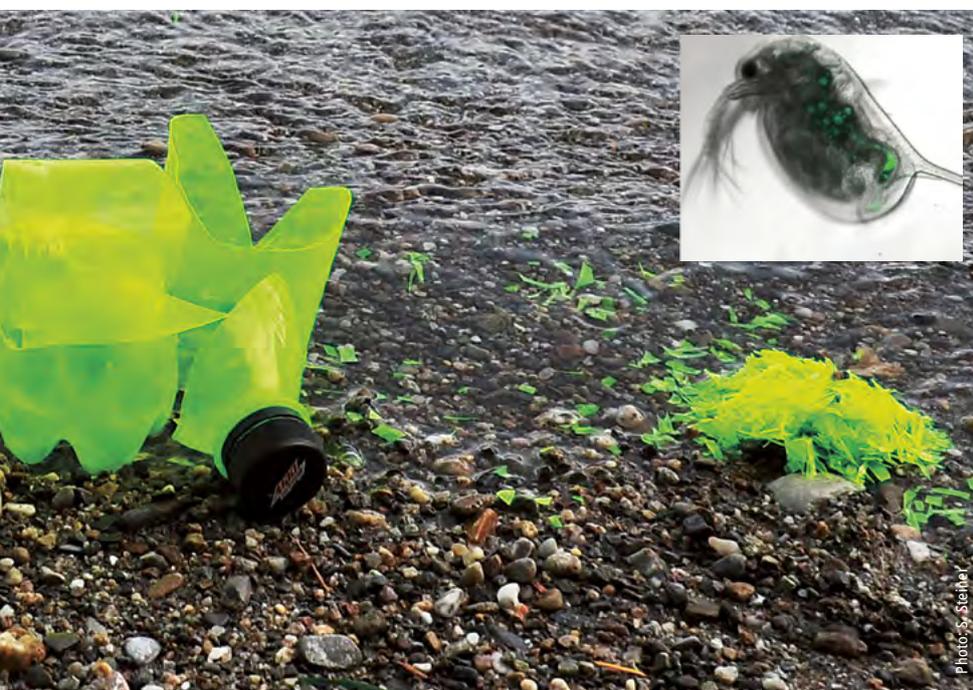
L'abrasion des pneus est l'une des principales sources d'émission de microplastiques dans les eaux de surface. Il est donc conseillé de renoncer à la voiture autant que faire se peut. En dehors de cela, certaines mesures permettent de réduire l'impact de la conduite automobile en termes de microplastiques : utiliser des pneus de bonne qualité et adopter une conduite souple, sans accélérations brutales et avec une vitesse réduite dans les virages.

3. Acheter des vêtements en matières plus naturelles et adopter les bons réflexes d'entretien :

Les textiles composés, au moins en partie, de matières synthétiques libèrent des fibres, le plus souvent lors de leur lavage. Une fois dans les eaux usées, ces fibres aboutissent dans les stations d'épuration qui en rejettent une petite partie dans le milieu aquatique. Nous pouvons réduire la quantité de fibres émises par nos lave-linge en adoptant les réflexes suivants :

- Acheter moins de vêtements en matière synthétique (comme les polaires par exemple) ou comportant des matériaux synthétiques. Les mentions suivantes

▼ Figure 1: Les microplastiques sont un problème croissant, même pour nos milieux aquatiques. Petite photo : Daphnie ayant ingéré des microplastiques. Source: Yooeun Chae, Dokyung Kim, Shin Woong Kim & Youn-Joo An (2018): Trophic transfer and individual impact of nano-sized polystyrene in a four-species freshwater food chain.



sur les étiquettes indiquent la présence de ces matières : polyester, polyamide, acrylique, nylon, élasthanne et micro-fibres.

- Laver les synthétiques dans un sac qui retient les fibres libérées (sac de lavage GUPPYFRIEND, par exemple).
- Laver à basse température en réduisant la vitesse d'essorage.
- Ne pas utiliser de chiffons en microfibres pour le ménage.

4. Utiliser des produits de soin ou cosmétiques sans plastique :

De moins en moins de produits de soin ou de cosmétiques contiennent encore du plastique, mais il en existe encore. Avec l'appli « Beat the Microbead », vous pouvez identifier les produits renfermant des microplastiques : il suffit pour cela de télécharger l'appli, de contrôler le produit et de suivre les recommandations. Vous pouvez également consulter la liste des ingrédients ; ceux qui contiennent les substances suivantes doivent être évités : polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polytéréphtalate d'éthylène (PET), nylon-12, nylon-6, polyuréthane (PU ou PUR), copolymère d'acrylate (AC), acrylates crosspolymer (ACS), polyacrylate (PA), poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA), polystyrène (PS). Certains fabricants comme la marque suisse Biokosma proposent déjà depuis longtemps des produits respectueux de l'environnement.

De simples gestes pour moins de microplastiques – les 4 conseils d'Aqua Viva

- Réduire la consommation de plastique, surtout jetable
- Moins rouler et adopter une conduite plus souple au volant
- Acheter des vêtements en matières plus naturelles et adopter les bons réflexes d'entretien
- Utiliser des cosmétiques sans plastique



▲ Figure 2: Cette photo extraite du Swiss Litter Report donne un exemple des déchets collectés dans et au bord de nos lacs et cours d'eau.

Impressum

Association éditrice : Aqua Viva **Rédaction :** Günther Frauenlob, Dipl. géogr., redaktion@aquaviva.ch, Salome Steiner, Dipl. biol., salome.steiner@aquaviva.ch **Relecture :** Anita Merkt Bureau et rédaction d'Aqua Viva : Weinstein 192, CH-8201 Schaffhouse, Tél. 052 625 26 58, www.aquaviva.ch, compte postal suisse Postcheck 82-3003-8 Schaffhausen, compte postal allemand Postbank Karlsruhe BLZ 660 100 75, compte 300 500 758 **Maquette :** Diener-Grafics GmbH **Mise en page :** Diener Grafics GmbH, Martin Diener, Winterthurerstrasse 58, 8006 Zurich, www.diener-grafics.ch ; Konzentrat, Thomas Zulauf, www.konzentrat.ch **Impression et expédition :** Druckerei Lutz AG, Hauptstr. 18, Postfach 31, 9042 Speicher, www.druckereilutz.ch, impression neutre en CO₂ sur papier 100 % recyclé et certifié FSC **Traductions :** Laurence Frauenlob, Dr biol., laurence.frauenlob@t-online.de **Tarifs des abonnements en 2018 :** Suisse 1 an 50 Fr., étranger 1 an 45 €, prix au numéro 15 Fr. / 10 €, ISSN 2296-2506, paraît 4–5 fois par an. La reproduction des articles d'*aqua viva* est autorisée sous réserve de mention de la source et de l'envoi de deux exemplaires. Les articles publiés sont de la responsabilité de leurs auteurs et ne traduisent pas nécessairement les positions d'Aqua Viva.

Les auteurs de ce numéro:

Pascal Blarer
Angelo Bolzern
Andri Bryner
Edith Durisch-Kaiser
Antonia Eisenhut
Heinz Habegger
Stefan Hasler
Patricia Holm
Roman Lehner

Bernd Nowack
Adalbert Pazeller
Andreas Peter
Peter Rüegg
Felix Rutz
Salome Steiner
Marguerite Trocmé
Thomas Weibel



www.aquaviva.ch



« Même la pollution non visible est dangereuse ! Je me réjouis donc de la ténacité et de l'engagement d'Aqua Viva dans la lutte contre les microplastiques. »

Balthasar Glättli, Conseiller national, les Verts