

# Micro-plastiques Abattements en eaux potables & usées (Journée technique du groupement romand des exploitants de stations d'épuration des eaux)



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE  
FACULTÉ DES SCIENCES

5 octobre 2023

Delphine Borboën, Angel Negrete  
Velasco, Serge Stoll



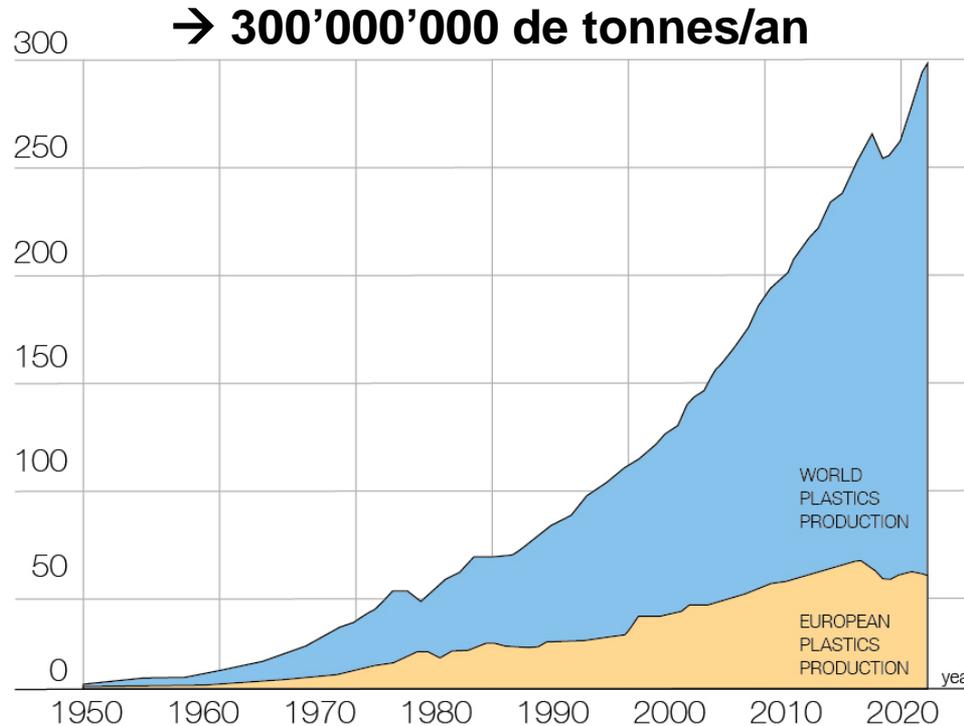
1. Problématique des Microplastiques (MPs)
2. Projet sur les microplastiques en eau potable
3. Projet sur les microplastiques en eaux usées



1

# Problématique des microplastiques

# Production des matériaux plastiques



Source: Plastics Europe Market Research Group

- Production de plastiques a considérablement augmenté depuis 1950
  - Millions de produits et déchets
- Suisse : 83% incinéré, 10% recyclé, 7% valorisation énergétique; pour ceux récupérés !  
→ 10 % “perdus” dans l’environnement

# C'est quoi un plastique ?

**Matériau polymère** = polymère(s) bruts(s) (résine(s) de base)  
+ charges + plastifiants + additifs

## Les charges :

diminuer le coût de la pièce, améliorer certaines propriétés mécaniques ou des propriétés spécifiques.

On distingue :

- Les charges d'origine minérale.
- Les charges organiques.
- Les charges métalliques.
- Les charges renforçantes fibreuses.

## Les plastifiants :

diluants peu volatils de faible masse molaire, à l'état solide, ou à l'état liquide (plus ou moins visqueux) ; rendre en particulier le composé obtenu plus flexible, plus résilient, diminuer la température de transition vitreuse et la température de mise en œuvre ; ajouté(s) en proportion variable

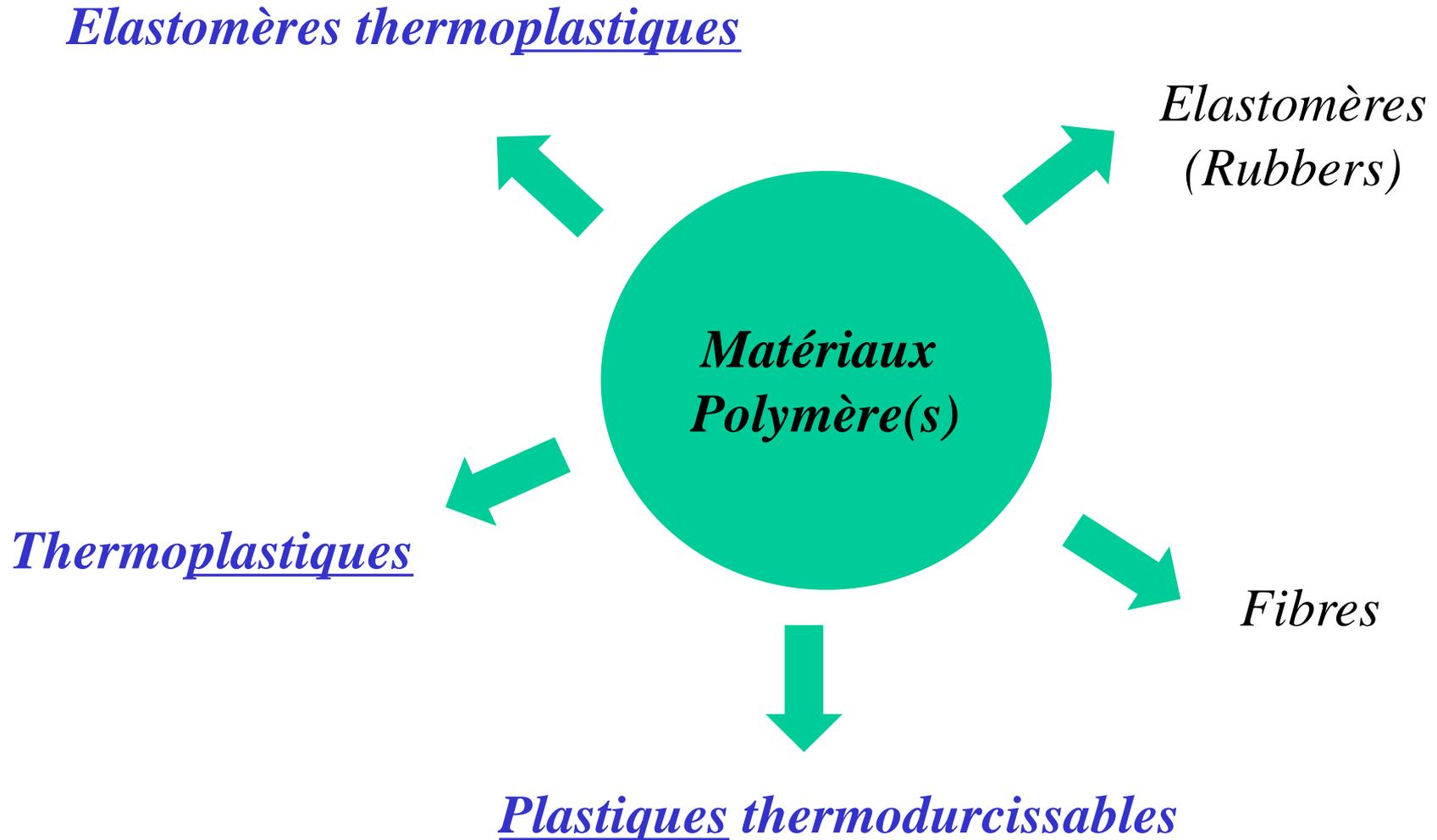
## Les additifs:

En général, ils accroissent notablement une propriété spécifique et sont incorporés à faible proportion.

On cite à titre d'exemple:

- stabilisants.
- ignifugeants.
- agents gonflants.
- lubrifiants.

- Plastic is made with other chemicals, called additives, which are toxic to living organisms.
  - Plasticizer
    - added to plastic polymers to change plastic properties
  - Flame retardants
  - Pigments
  - Metals
  - Nanoparticles
- Plastic monomers are often harmful to living cells
  - BPA (Bis-phenol A)
    - endocrine disruptor = disrupts the hormones of animals, including humans
  - Styrene (Monomer of Styrofoam)
    - Carcinogenic = cancer causing



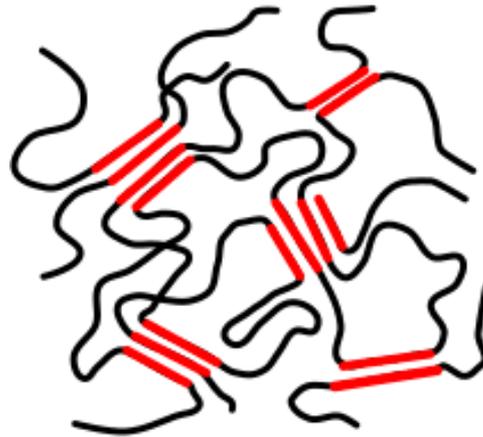
*Si la température  $T$  augmente, les propriétés changent*

*On définit une température de fusion  $T_f$*

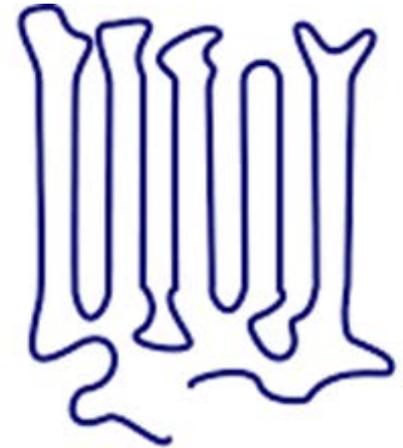
*On définit une  $T_g$ , la température de transition vitreuse*



amorphe



Semi-cristallin

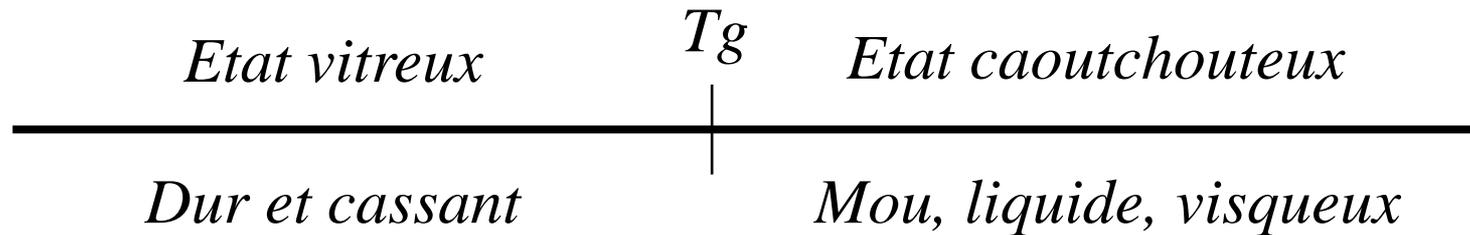


Cristallin

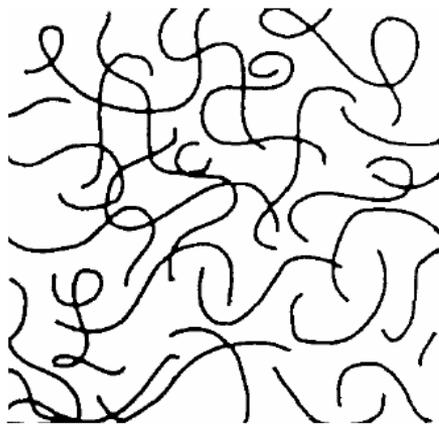
*Les polymères semi-cristallins présentent des zones amorphes, sans organisation, et des zones où les molécules sont ordonnées et organisées dans lesquelles les éléments de chaînes sont rangés parallèlement les uns aux autres et liés par des forces intermoléculaires.*

*Au cours du refroidissement du polymère fondu, l'organisation se met en place : les éléments cristallins apparaissent et se développent au hasard*

*La température de transition vitreuse  $T_g$  marque la frontière entre deux états !*



*Que se passe-t-il à l'échelle moléculaire ?*



### *Question de mobilité*

*-180° C pas de mouvement moléculaire*

*-130° C les CH<sub>3</sub> commencent à tourner*

*0° C la fonction ester tourne*

*T=T<sub>g</sub> les mouvements ne sont plus localisés*

*mais concernent des parties de chaînes (10 à 20*

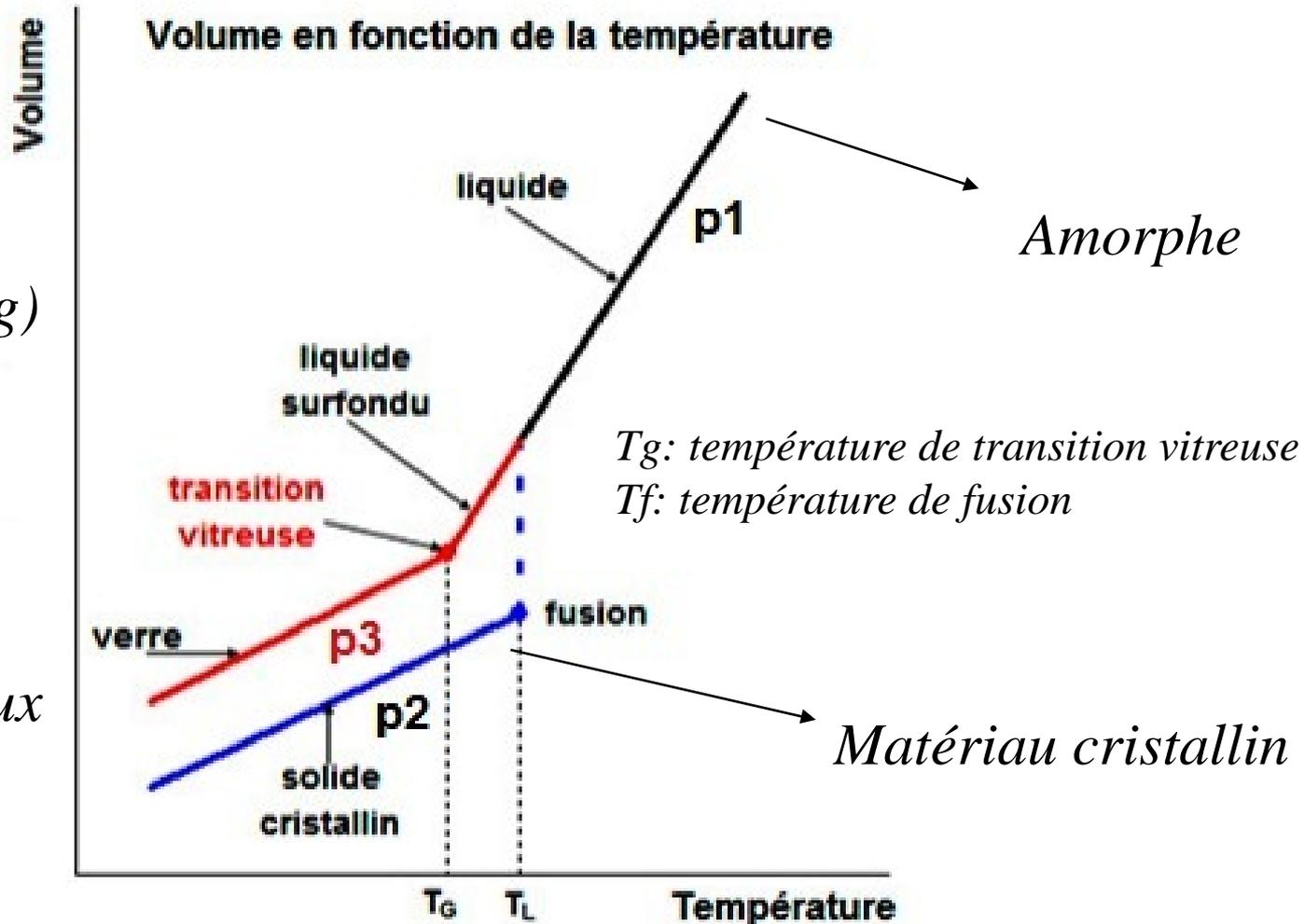
*unités de monomères). Mouvements coopératifs car*

*Le mouvement d'une chaîne va en entraîner d'autres !*

# Des matériaux aux propriétés complexes

Volume spécifique  
(dilatometre  $\text{cm}^3/\text{g}$ )

Etat vitreux  
Etat cristallin  
Etat caoutchouteux



## Bio-dégradation

Les plastiques sont décomposés en éléments plus simples ... par des bactéries par exemple



**La plupart des plastiques cependant sont difficilement biodégradables !**

## Dégradation

Les plastiques sont cassés en plus petits fragments par le rayonnement UV, la présence d'oxygène, la chaleur, le brassage mécanique, par hydrolyse, etc



**La plupart des plastiques se dégradent chimiquement et physiquement (processus lent)**

# Dans l'environnement sous quelles dimensions?

Macro



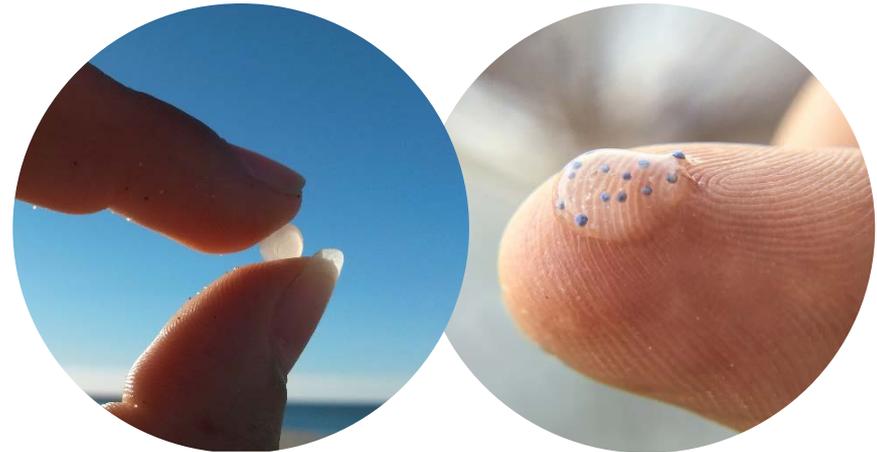
$\geq 25\text{mm}$

Meso



25 - 5mm

Micro-Plastiques

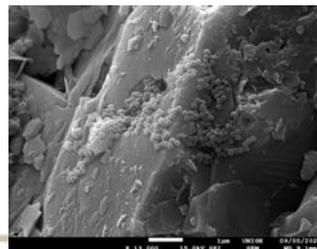


5mm -  $1\mu\text{m}$



Nanoplastiques ?  $< 1\mu\text{m}$

X 13'000



# Différents types de microplastiques



## Fibres



## Pellets



## Films



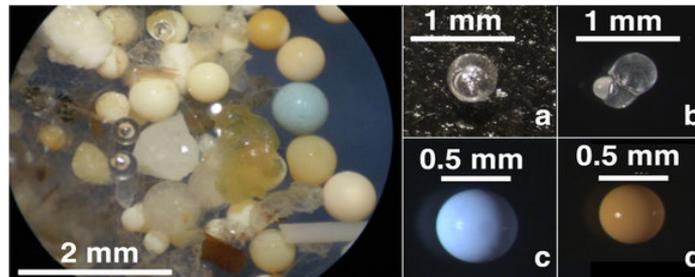
## Fragments



## Mousse expansée



## Micro-billes



### PRIMARY MICROPLASTICS

Those which enter the aquatic environment in their « micro » size

### SECONDARY MICROPLASTICS

Resulting from the breakdown of larger plastics in the aquatic environment

# Impacts sur l'environnement



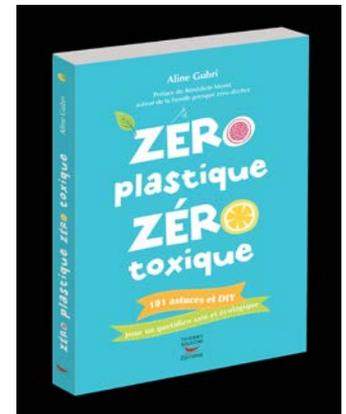
## Physiques

- Atteinte au paysage
- Obstruction des voies respiratoires
- Obstruction des voies digestives
- Transfert vers certains organes
- Piègage

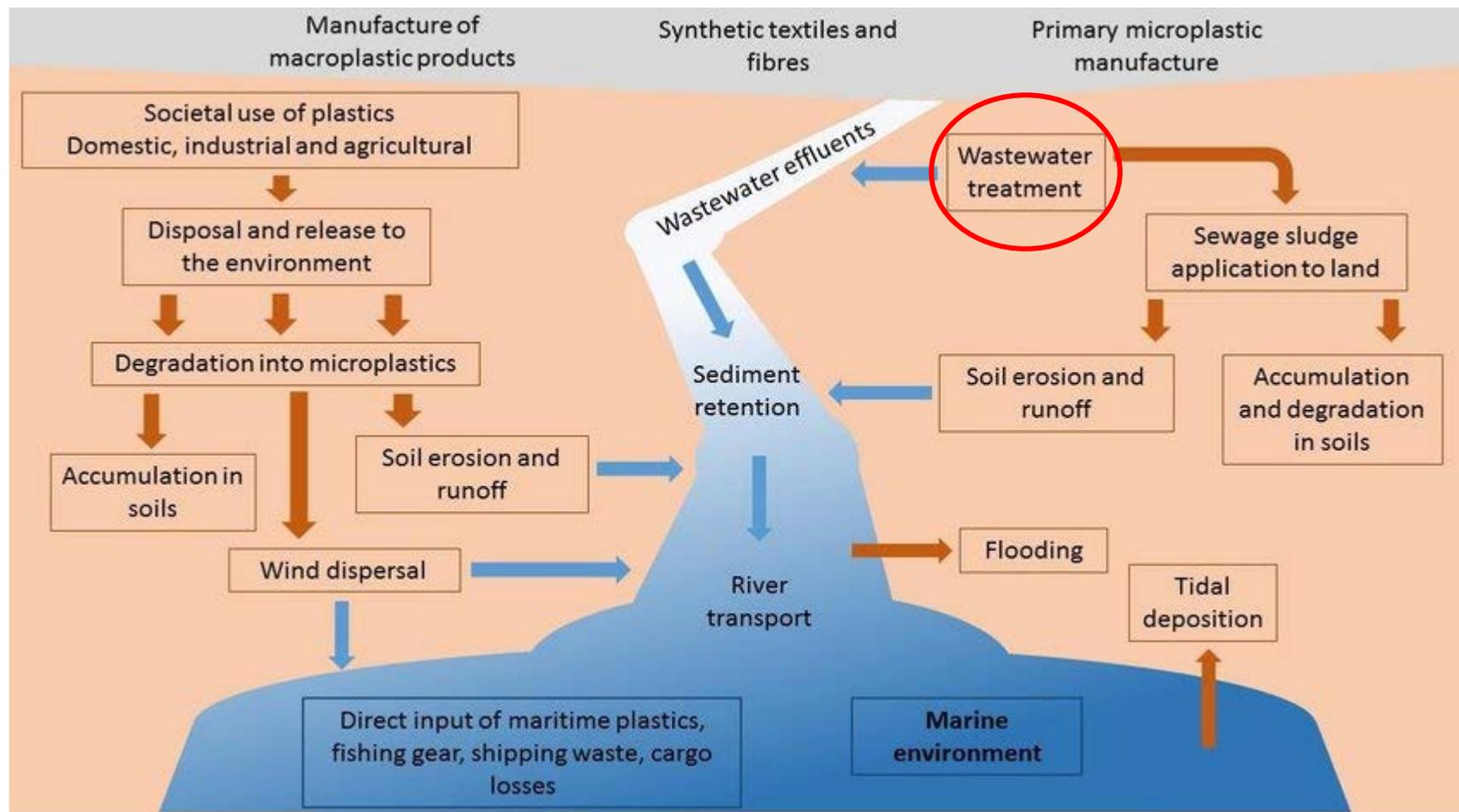
## Chimiques

- Contamination chaîne alimentaire
- Additifs potentiellement toxiques
- Lessivage et relargage de polluants
- Bioaccumulation

- Déchets plastiques et les microplastiques ont un impact environnemental, social et économique de plus en plus perçus comme négatifs
- Engagement public fort vers un changement des comportements
- Changement des politiques publiques
  - Pression des citoyens et associations
  - Forte pression sur le conseil fédéral
  - Interdiction de certains produits et usages
  - Réduction des sources de contamination (toutes)



# Sources et Circulation des micro-plastiques (Systèmes aquatiques)



Sources potentielles: Ruissellement, déversoirs, **STEPS**, Industrie, Chantiers, Agriculture, Déchets sauvages (Science of the Total Environment, 586, 2017, 127-141)

- 30 millions de tonnes/an dans les océans ?
- Peu d'études dans les eaux douces
- En Suisse : état des lieux demandé par l'OFEV
- Etendue de la pollution: surface, plages, Rhône
- Impacts potentiels



La problématique des microplastiques fait l'objet d'un intérêt croissant, mais la situation dans les eaux douces reste peu connue. Les travaux présentés ici cherchent à combler cette lacune, et mieux comprendre l'étendue et les implications de cette pollution avec un premier état des lieux dans les eaux suisses. Cet article est adapté de travaux précédemment publiés (Faure et De Alencastro 2014, [1]; Faure et al. 2015, [2]).

Florian Faure\*, EPFL, GR-CEL  
Félicie De Alencastro, EPFL, GR-CEL

## Etude sur les Lacs suisses

- Concentrations considérables
  - Tous les échantillons contenaient des microplastiques
  - Grande variabilité entre les lacs, et en leur sein
- Influence du vent et de la pluie sur les mesures
- Situation comparable à la pollution océanique
  - Grosses concentrations en nombre de particules, mais faibles masses

Water Body	Residence			micro			meso	
	Area [km <sup>2</sup> ]	time [y]	Population	[#/km <sup>2</sup> ]	[mg/km <sup>2</sup> ]	max [# /km <sup>2</sup> ]	[#/km <sup>2</sup> ]	[mg/km <sup>2</sup> ]
Lake Geneva	581.3	11.4	1040000	184054	34109	393860	2304	41034
Lake Constance	536	0.08	1448000	61084	44750	72219	831	15751
Lake Neuchâtel	217.9	8.25	260000	49662	5931	62409	429	2897
Lake Maggiore	212.3	4.12	550000	218337	68662	392242	6502	167797
Lake Zurich	68.15	1.4	330000	10945	3685	14772	579	12889
Lake Brienz	29.8	2.69	26600	35781	4502	67336	945	27899
Lake Erie	25744	2.6	12400000	105503		466305		
Lake Hovsgol	2760	400	6000	19213		34564		

# Etat des lieux bassin Lémanique



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

## Trends in Analytical Chemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/trac](http://www.elsevier.com/locate/trac)

Les déchets, une problématique majeure pour la qualité des eaux du lac. L'état de santé du Léman et de ses rives est une **préoccupation majeure de la CIPEL et de l'ASL**. Parmi les sources de pollutions qui nuisent potentiellement aux milieux aquatiques, les déchets et **les microplastiques font l'objet de réflexions et de premiers suivis**.

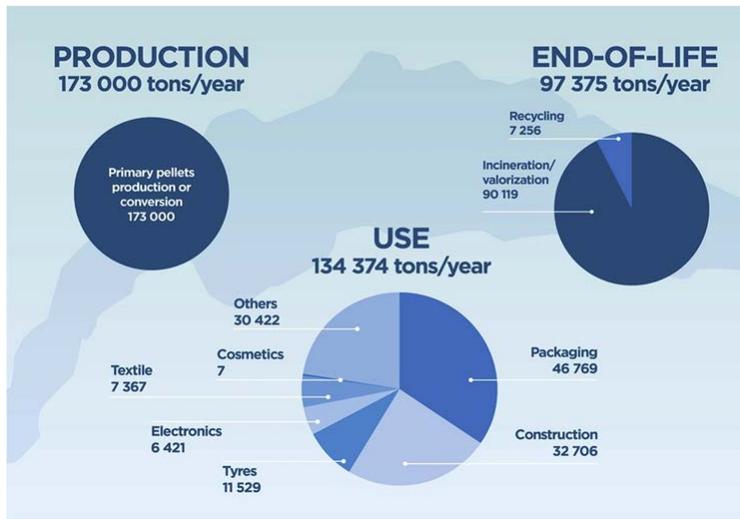
### (Micro) plastic fluxes and stocks in Lake Geneva basin

Julien Boucher <sup>a, b, \*</sup>, Florian Faure <sup>c</sup>, Olivier Pompini <sup>c</sup>, Zara Plummer <sup>a</sup>, Olivier Wieser <sup>c</sup>, Luiz Felipe de Alencastro <sup>c</sup>

<sup>a</sup> EA ECCO, Chemin de Vignes d'Argent 7, 1004 Lausanne, Switzerland

<sup>b</sup> University of Applied Sciences and Arts Western Switzerland // HES-SO, HEIG-VD, Yverdon-les-Bains, Switzerland

<sup>c</sup> Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Central Environmental Laboratory (GR-CEL), Station 2, 1015 Lausanne, Switzerland



## Plastique, d'où viens-tu et où vas-tu ?

Claude Ganty  
et Jean-Bernard Lachavanne

De grandes quantités de macro et microplastiques sont retrouvées dans les rivières, les lacs et les océans. L'augmentation constante de la pollution des eaux de surface par ces plastiques est préoccupante car elle peut avoir une incidence défavorable sur la biodiversité, les écosystèmes et la santé humaine. Certaines espèces sont susceptibles de succomber par enchevêtrement ou ingestion de plastique et il est probable que certaines substances toxiques liées à ces plastiques pénètrent et s'accumulent dans la chaîne alimentaire. La pollution des eaux par le plastique est aujourd'hui une problématique majeure et il est devenu essentiel de mieux la comprendre et de savoir comment la maîtriser.

### Des plastiques partout dans le Léman

Le Léman n'échappe pas à ce type de pollution. C'est pourquoi l'ASL a voulu en savoir plus et a mandaté le D<sup>r</sup> Julien Boucher spécialiste de ce domaine pour



Les macroplastiques se fragmentent sous l'effet mécanique des vagues et l'action des UV pour devenir des microplastiques et finalement des nanoplastiques. Photo: Adastock.

effectuer une modélisation des flux de plastiques dans le Léman. Ce modèle est brièvement décrit ici et ses résultats comparés à ceux obtenus à l'aide de mesures de terrain. Ces deux approches sont différentes mais complémentaires et poursuivent les mêmes objectifs: estimer les quantités de plastique rejetées annuellement dans le Léman, identifier leur origine et ce qu'ils deviennent une fois parvenus dans le lac. Un article sur cette étude complète de Julien Boucher va paraître d'ici fin 2018 dans la revue scientifique renommée *TrAc (Trends in Analytical Chemistry)*.

Les plastiques sont catégorisés selon leur taille et leur état de décomposition. Les particules ayant une taille supérieure à 5 mm sont appelées macroplastiques, alors que celles dont la taille est inférieure à cette valeur sont considérées comme des microplastiques.

### Les sources et vecteurs de pollution

L'origine ainsi que les quantités et le devenir des plastiques dans les écosystèmes aquatiques restent mal connus. Pour essayer d'apporter des réponses, les chercheurs suivent généralement deux

1. Vecteurs de pollution: milieu, organisme ou support physique minéral, organique, liquide, solide ou gazeux susceptible de transmettre un élément polluant ou infectieux vers un lieu à partir d'une source de pollution par différents processus de transport.

approches. La première consiste à extraire les apports de plastique à partir de mesures effectuées dans les rivières, les lacs et les océans, alors que la seconde consiste à les modéliser à partir de données socioéconomiques en lien avec leur utilisation.

### Deux approches qui soulèvent des questions

À l'échelle globale, il a été estimé par des chercheurs de l'institut 5 Gyres de Los Angeles ([www.5gyres.org](http://www.5gyres.org)) que la masse de plastique se trouvant à la surface des océans serait de l'ordre de 250'000 à 300'000 tonnes alors que la modélisation effectuée par le même institut indique qu'une quantité beaucoup plus importante serait présente (entre 9.5 et 12.2 millions de tonnes). Cette différence est sujette à débat. Les scientifiques émettent deux hypothèses pour l'expliquer: les plastiques s'accumulent dans les fonds marins par sédimentation et/ou ils sont absorbés dans la chaîne alimentaire (poissons, oiseaux aquatiques principalement).

Pour passer de mieux comprendre ce qui se passe dans la région lémanique, ces deux approches ont été appliquées. Elles permettent de quantifier les apports en plastique en fonction de leur origine, d'établir par quels vecteurs ils sont transportés dans le Léman et ce qu'ils deviennent une fois qu'ils arrivent dans le lac.

### Des plastiques piégés dans le Léman

Dans le cadre de l'étude publiée par Julien Boucher *et al.* (2018) en partenariat avec une équipe de l'EPFL dirigée par Luiz Felipe de Alencastro, qui a servi de base à la rédaction de cet article, six vecteurs de pollution ont été pris en considération. Il s'agit des déversoirs d'orage, des eaux de ruissellement en zone urbaine et non urbaine, des rejets directs, des eaux usées (effluents de stations d'épuration, STEP) et des retombées atmosphériques. Des mesures ont été effectuées in situ pour chaque vecteur et ont été utilisées pour extrapoler la quantité de plastique qui parvient annuellement dans le Léman.

Les résultats obtenus indiquent que les eaux de ruissellement contribueraient de manière significative aux apports de plastique dans le Léman et constitueraient le vecteur principal de pollution du lac.

Il apparaît que la quantité de plastique provenant des effluents de STEP est très inférieure à celle provenant des autres vecteurs; cela tend à indiquer qu'une partie des plastiques seraient piégés à ce niveau. Toutefois, ceci ne s'applique pas forcément aux microplastiques dont la taille est inférieure à 0.3 mm et qui peuvent ainsi parfaitement se retrouver dans les effluents sans avoir été détectés. En effet, la méthode d'échantillonnage habituellement utilisée (filet Manta) ne permet pas de capturer les particules de très petites tailles.

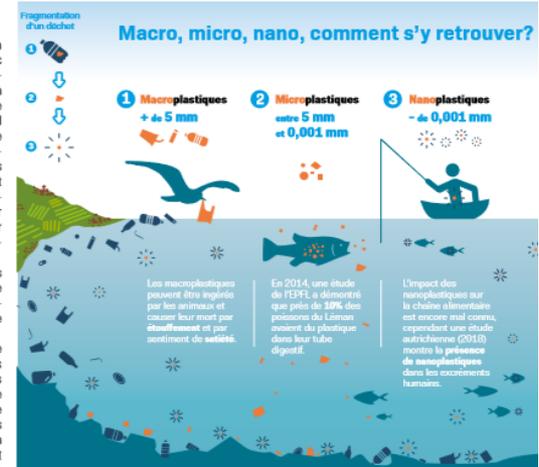


Filet manta utilisé pour les prélèvements de microplastiques dans les eaux de surface. Photo: [www.5gyres.org](http://www.5gyres.org)

La quantité de plastique provenant des déversoirs d'orage est assez importante et une attention toute particulière devrait être portée à ce type d'installation afin d'éviter que les réseaux d'assainissement n'accablent des rejets dans l'environnement. Relevons encore que les retombées atmosphériques sont très faibles.

### Seulement 10 % des plastiques déversés dans le lac sont évacués par le Rhône à Genève

Sur la base des mesures effectuées lors de l'étude menée par l'EPFL (Faure et de Alencastro, 2014), on peut estimer que seulement 10 % des plastiques déversés dans le Léman seraient emportés vers



Impacts des différentes tailles de plastiques dans les organismes vivants du Léman. Infographie: Stéphanie Wauters

l'aval par le Rhône à Genève. Cela signifierait donc que la plus grande partie des plastiques arrivant dans le lac y serait piégée, celui-ci fonctionnant, on pourrait s'y attendre, comme un bassin de décantation.

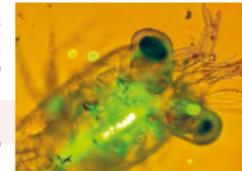
### Une modélisation pour mieux comprendre les flux

Le modèle appliqué ici est basé sur le cycle de vie des produits plastiques qui comprend trois phases principales: la production et la transformation du plastique in situ, son utilisation et son élimination. A chaque phase, des pertes sont possibles et peuvent contaminer le milieu naturel par le biais des six vecteurs différents; dans de tels cas, ces pertes sont considérées dans le modèle comme des rejets dans le lac.

Les STEP et les routes sont des vecteurs par lesquels les eaux usées, respectivement les eaux de ruissellement (eaux «claires») transitent à travers le bassin versant pour finalement contaminer l'eau et les organismes vivants des écosystèmes aquatiques.

### Production de plastiques dans le bassin lémanique

Aucune production de plastique primaire (industrie du plastique) n'est enregistrée dans les limites du bassin versant du Léman. En revanche, quelques 173'000 tonnes y sont transformées annuellement. Une



Des microplastiques ont également été découverts dans du zooplancton. Photo: mmodest@unil.ch

partie est exportée alors qu'une autre est importée et utilisée dans le bassin.

Quant à la consommation totale de plastique dans le bassin lémanique, elle atteindrait 134'374 t/an, les plus grandes quantités étant utilisées par l'industrie de la construction, de la fabrication et du conditionnement (emballage). A noter que ces usages, bien que très importants en termes de quantités consommées, ne sont pas forcément ceux qui génèrent le plus de pertes ou de rejets polluant le lac.

### 50 tonnes de déchets par année rejetés dans le Léman

Les rejets dans le Léman sont estimés à partir des pertes et d'un taux de rejet dépendant du vecteur de pollution considéré. La quantité totale moyenne de rejet est ainsi estimée à environ 50t/an.

édito

### Ne jetons pas le canard avec l'eau du bain!

Un peu comme dans le cas des conséquences du changement climatique, nous voilà confrontés à une montagne de problématiques liées à la pollution par le plastique: production, consommation, cheminement/transformation, importance de l'impact sur l'environnement et la santé.

Ce dont on a au moins l'intuition, c'est qu'il faut absolument agir avant que le problème ne nous dépasse.

Et agir, c'est investir. En argent et en matière grise. Dans la recherche et l'ingénierie pour comprendre les phénomènes en cours, inventer les moyens de les maîtriser, voire de nouveaux modes de production et de consommation, finalement d'en imposer l'usage.

Pour investir, plus réglementer en conséquence, il faut une volonté politique. Pour l'obtenir, il faut la conviction de la population, donc une réelle conscience et une (re)connaissance de l'importance des enjeux.

C'est là aussi, que la tâche est immense! Et l'ASL est bien décidée à jouer un rôle moteur dans la région lémanique pour lutter contre la pollution par le plastique et trouver des solutions.

Raphaëlle Juge

Couverture: Photo pixabay

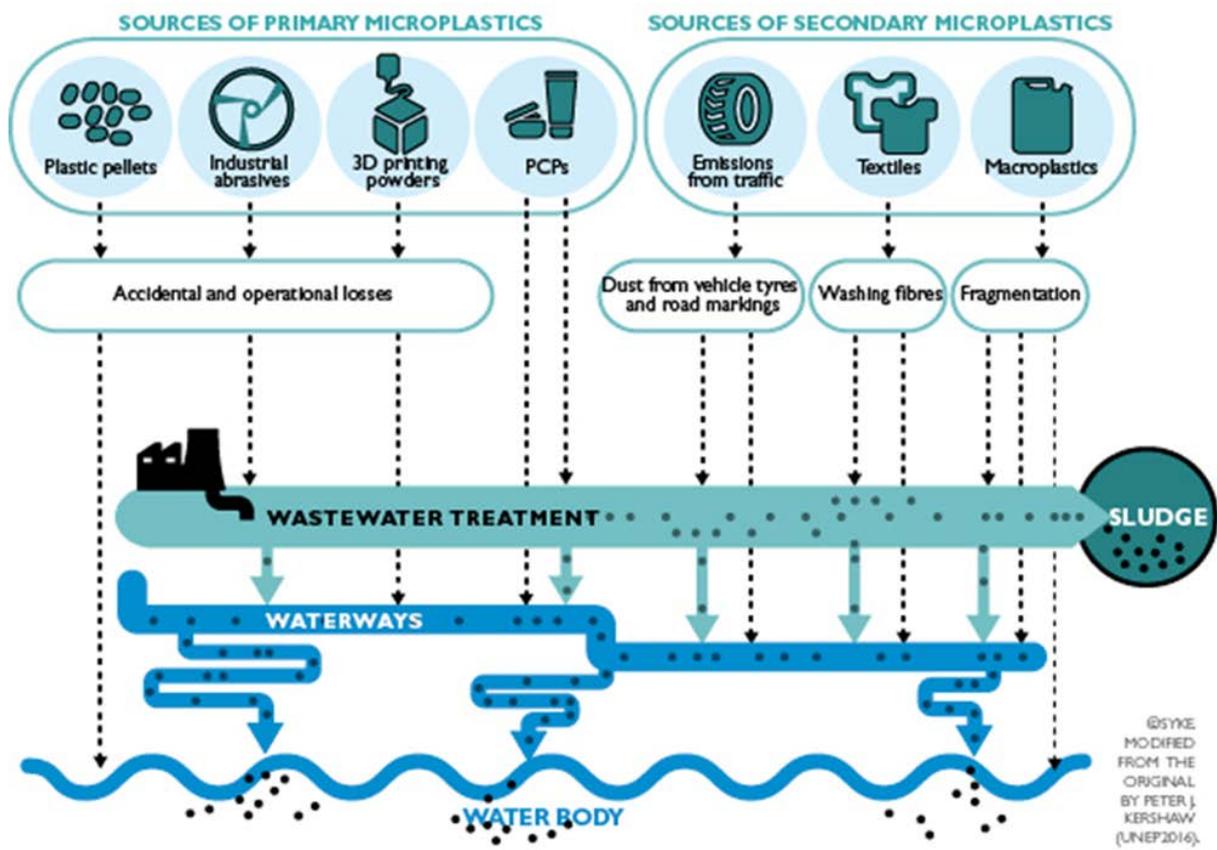
# Projet Pla'Stock



## Pla'Stock Léman – évaluation du stock de plastique sur les plages du Léman



# L'eau, source de contamination aux microplastiques !



pubs.acs.org  
**Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environm...**



**Contamination de la ressource en Eau !**

## Plastic fibres found in tap water around the world, study reveals

**Exclusive: Tests show billions of people globally are drinking water contaminated by plastic particles, with 83% of samples found to be polluted**

- **We are living on a plastic planet. What does it mean for our health?**



▲ The average number of fibres found in each 500ml sample ranged from 4.8 in the US to 1.9 in Europe.  
Photograph: Michael Heim/Alamy

Microplastic contamination has been found in tap water in countries around the world, leading to calls from scientists for urgent research on the implications for health.

Scores of tap water samples from more than a dozen nations were analysed by scientists for an [investigation by Orb Media](#), who shared the findings with the Guardian. Overall, 83% of the samples were contaminated with plastic fibres.



Evian	Danone		0-256
San Pellegrino	Nestle		0-74

# Résumé des points importants

---



- **Pollution plastique importante en Suisse (tous les compartiments)**
  - **Questions ouvertes concernant les polluants associés**
  - **Exposition de la population difficile à évaluer**
  - **Besoin d'études et d'analyses plus précises**
  - **Nécessité d'investiguer les fractions de plus petites tailles**
  - **Agir, réduire la pollution ! Repenser certaines pratiques**
-



2

# Projet sur les microplastiques en eaux potables

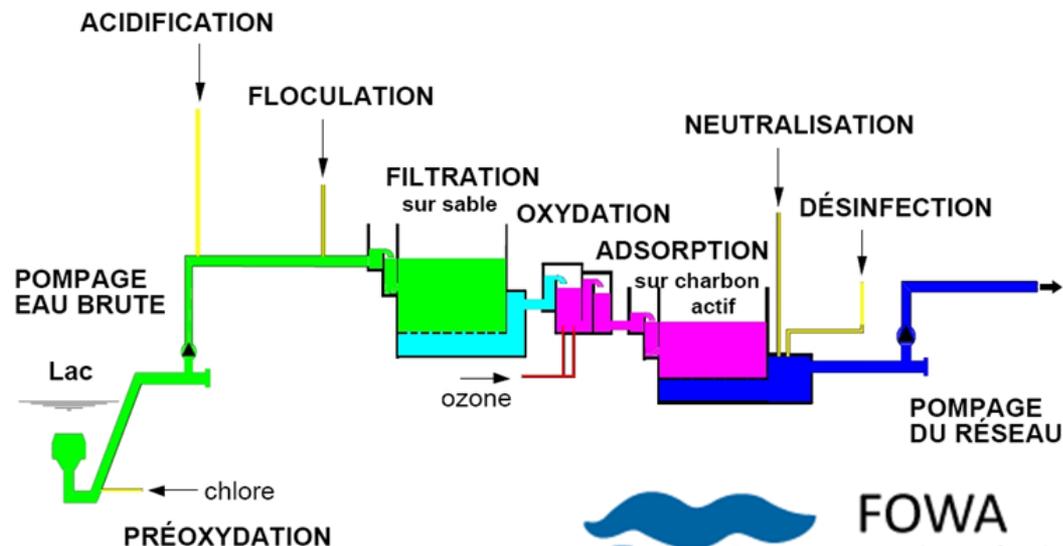
# Questions importantes



- A quelle hauteur se situe la contamination en micro-plastiques dans les eaux brutes ?
- A quelle hauteur se situe la concentration en micro-plastiques en sortie de filière de potabilisation ?
- Quel est le taux d'abattement de chacune des étapes de potabilisation ?



Crépine SIG. Photo S. Ramseier



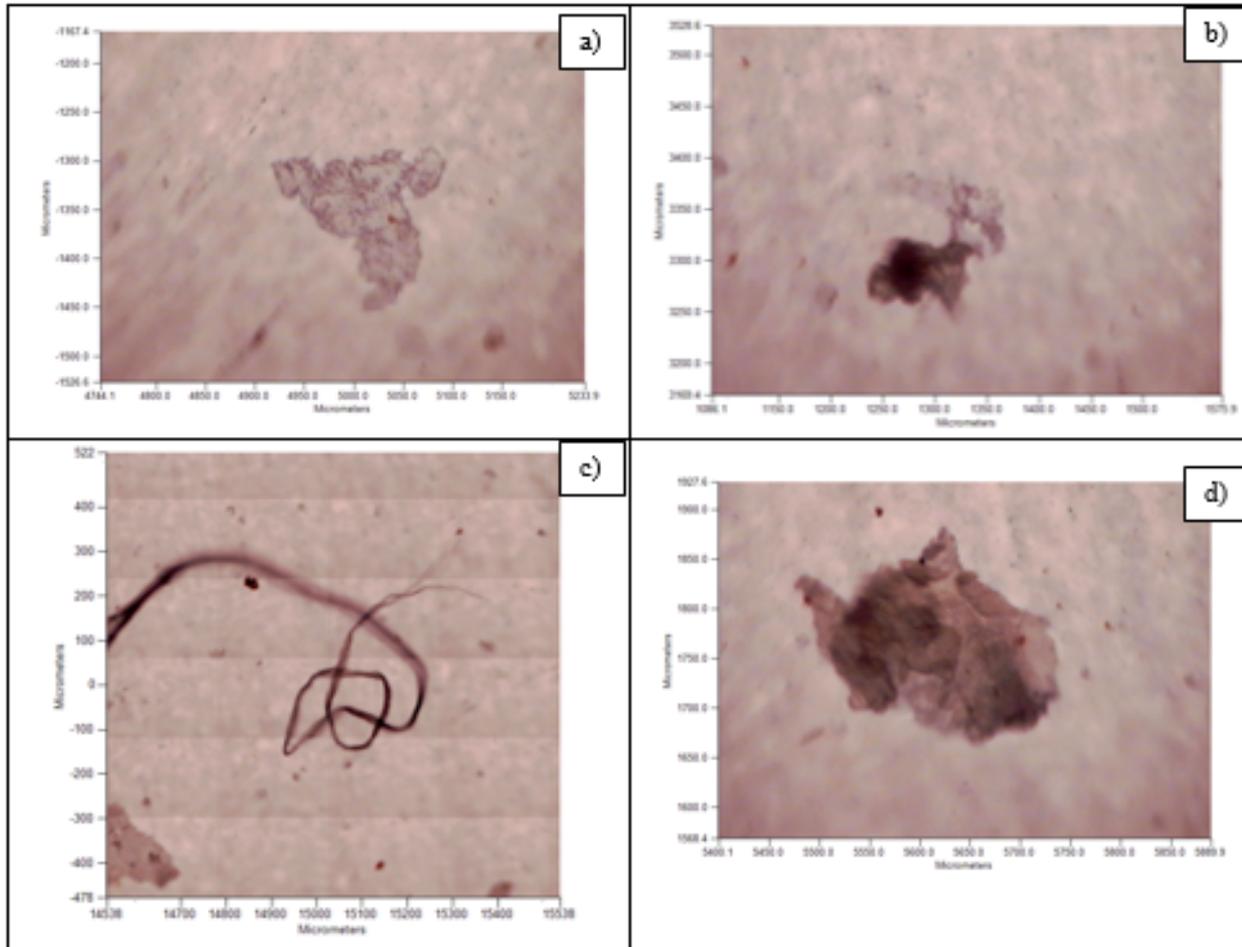
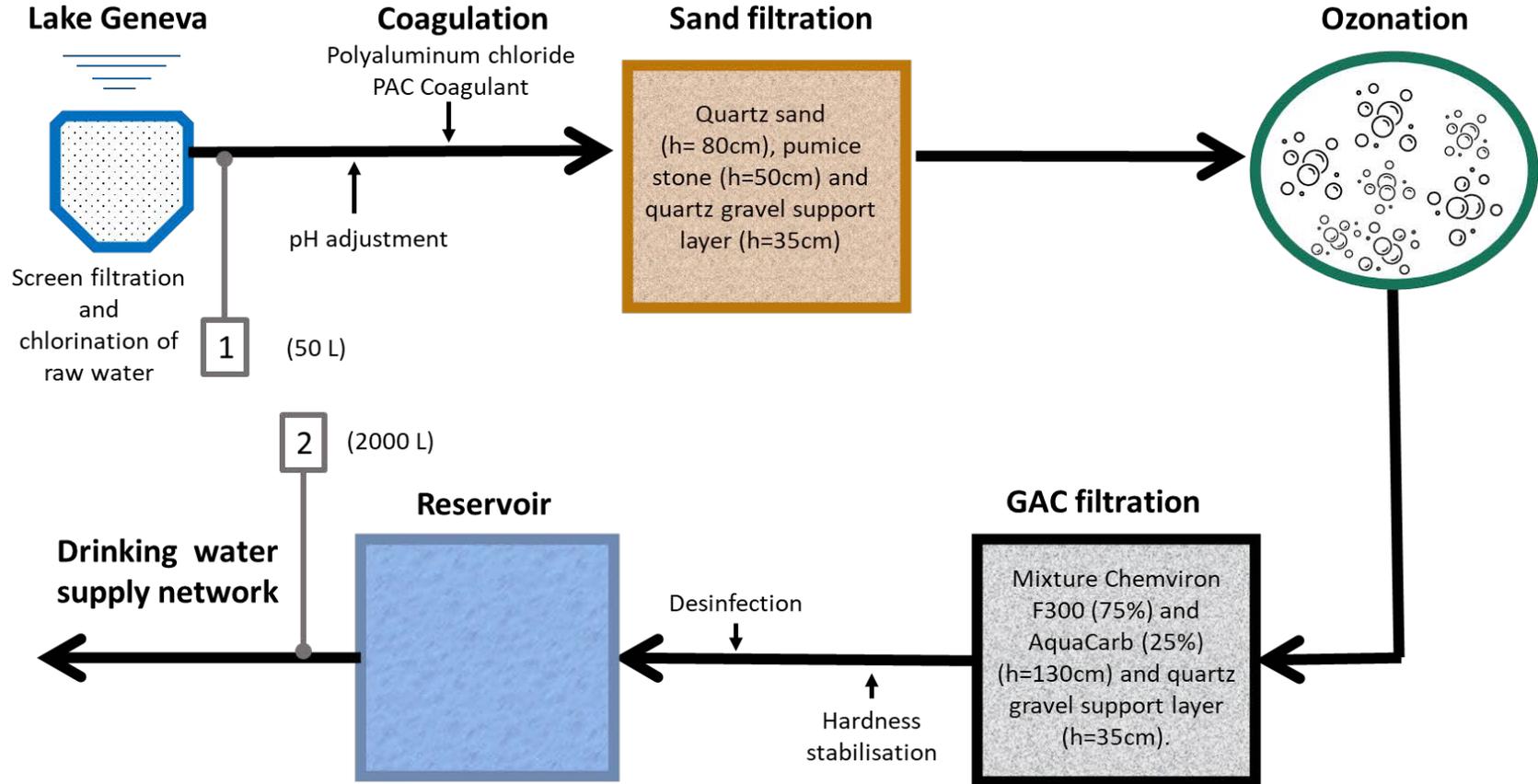


Figure 3 a) PE microplastic, b) PP microplastic, c) PBT fiber and d) PVA microplastic (probable)  
Analysed by FT-IR microscopy

This study indicates a contamination of Geneva's drinking water with microplastics (>20 µm), ranging from 1,5 microplastics L-1 (293 particles/200L) to 4,2 microplastics L-1 (830 particles/200L). The content of microplastics are not negligible and this implies that drinking water in Geneva might be a significant source of microplastics contamination. Interestingly, most of the microplastics sizes were found between 50 to 100µm.

## Microplastics in Geneva drinking water.

# Filière de potabilisation



# Analyses effectuées

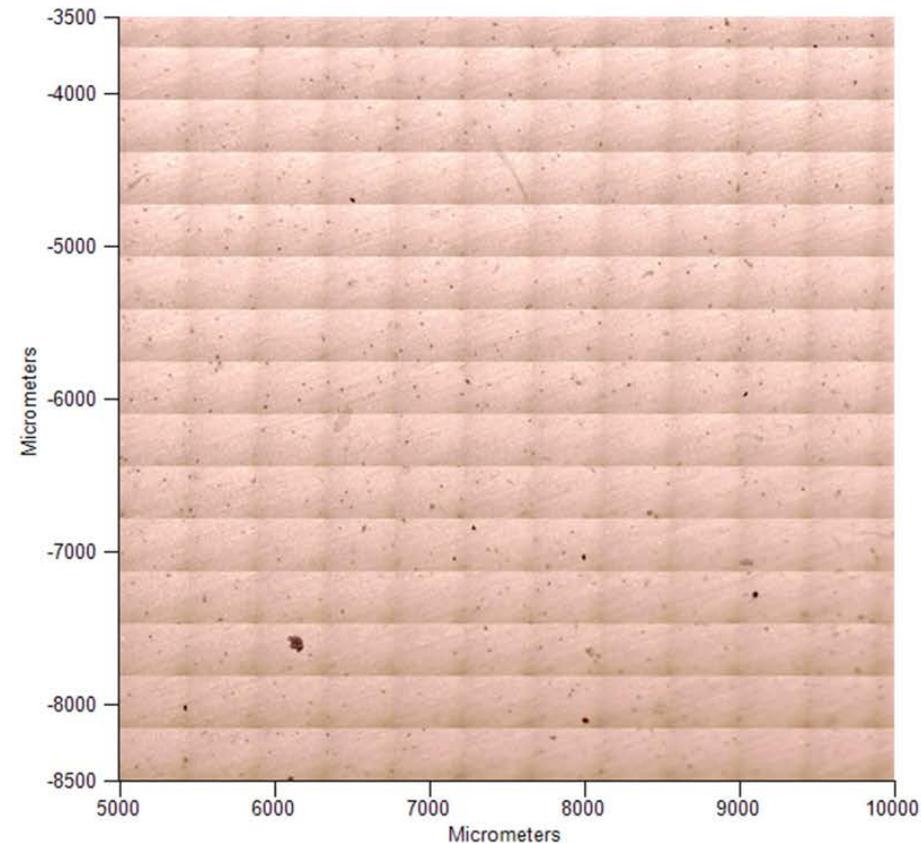
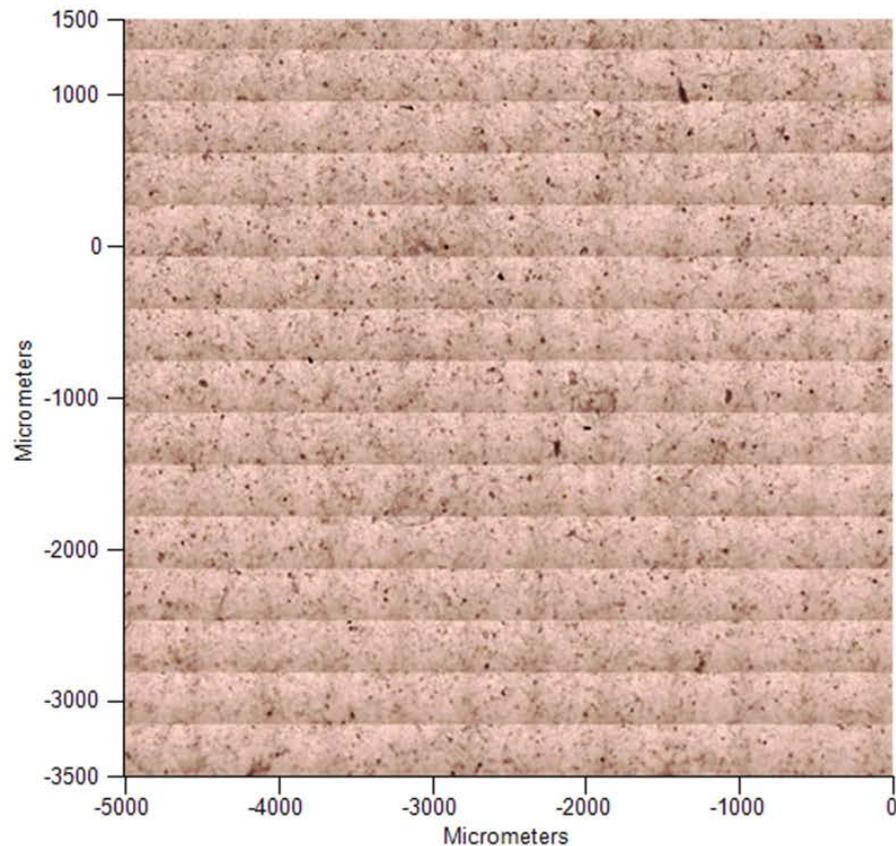


- Echantillonnage une fois par mois (à partir du mois de mars 2022 jusqu'en février 2023) dans l'eau brute et eau traitée.
- 12 campagnes de prélèvements.
- Tamis de 20  $\mu\text{m}$  utilisés pour échantillonner.
- Valeurs moyennes des volumes échantillonnés :
  - Eau brute – 50L (1h)
  - Eau traitée – 2000L (24h)
- 4 catégories de tailles (20-50 $\mu\text{m}$ , 50-100 $\mu\text{m}$ , 100-500 $\mu\text{m}$  et >500 $\mu\text{m}$ ).
- Au total 48 filtres analysés avec microscopie infrarouge (FT-IR) (12 eau brute, 12 eau traitée, 12 blancs et 12 contrôles).
- Au total 23 300 spectres analysés.



Prélèvements  
d'eau brute  
(gauche), d'eau  
traitée et du  
blanc (droite)

# Comparaison des échantillons (eau brute et eau traitée)

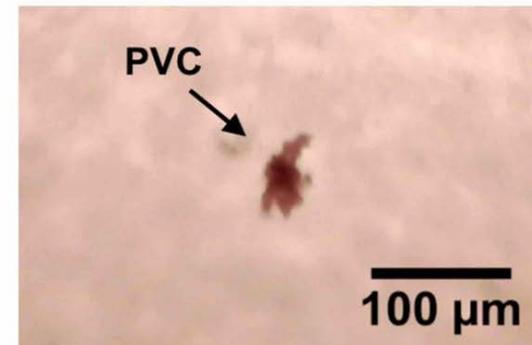
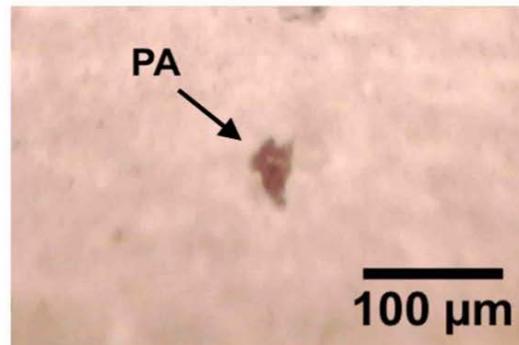
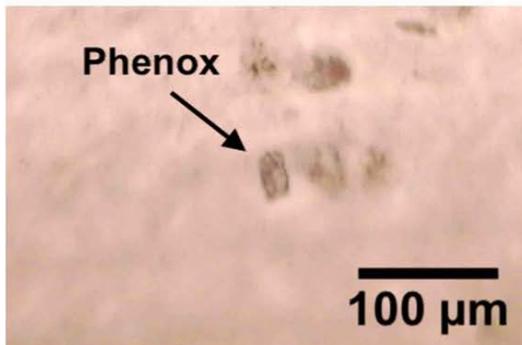
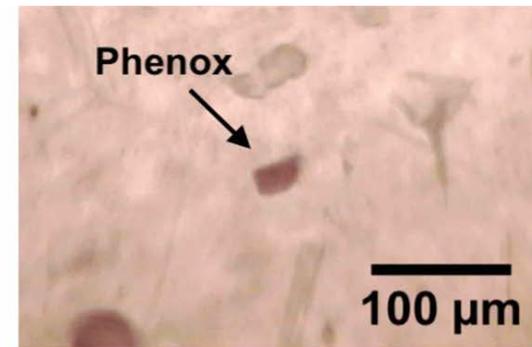
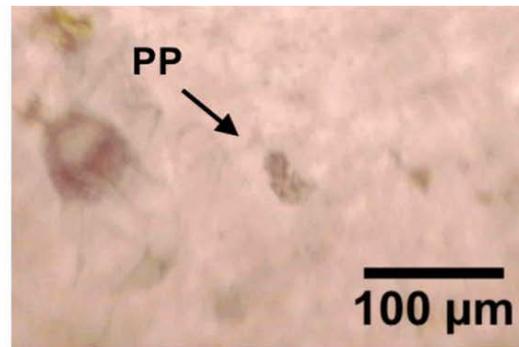
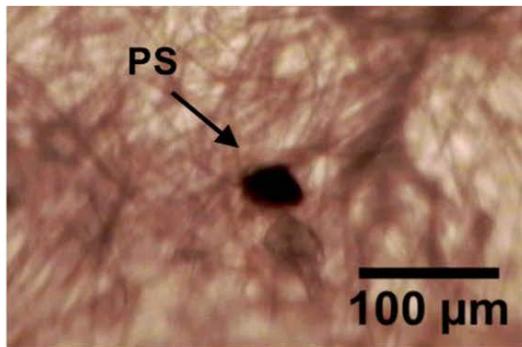


**Images par microscopie optique de particules déposées à la surface de filtres en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  d'eau brute (gauche) et eau traitée (droite)**

# Images des microplastiques retrouvés dans l'eau brute et traitée

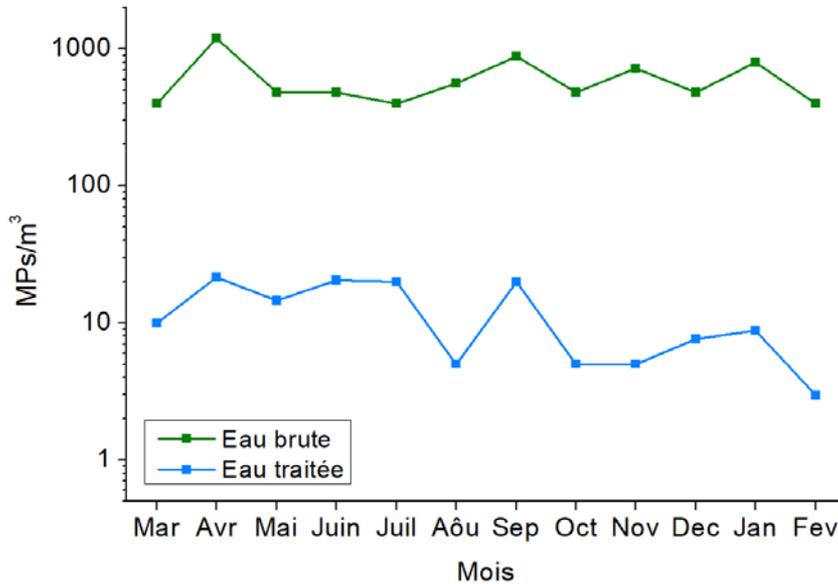


Images par microscopie optique de microplastiques déposés  
à la surface de filtres en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  d'eau brute

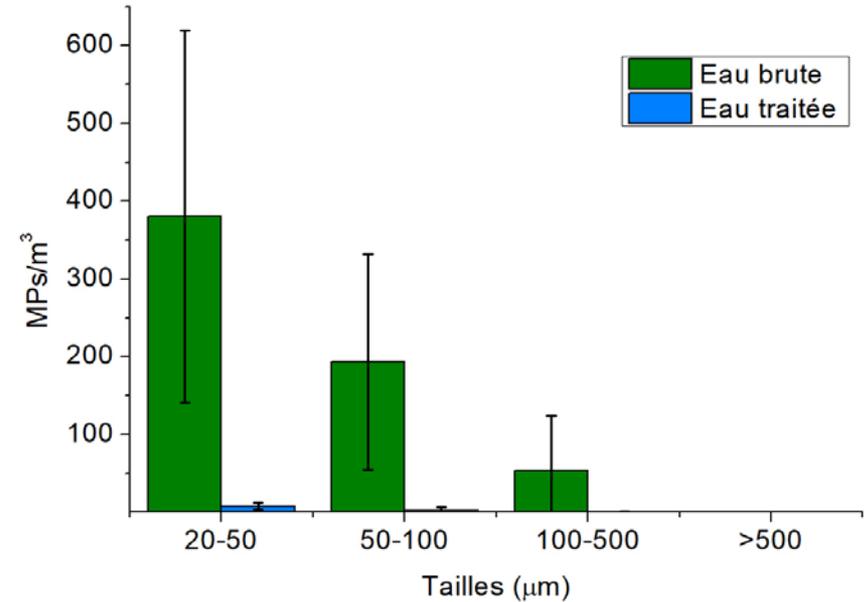


Images par microscopie optique de microplastiques déposés à la surface de filtres  
en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  d'eau traitée

# Résultats : Concentration en microplastiques (MPs)



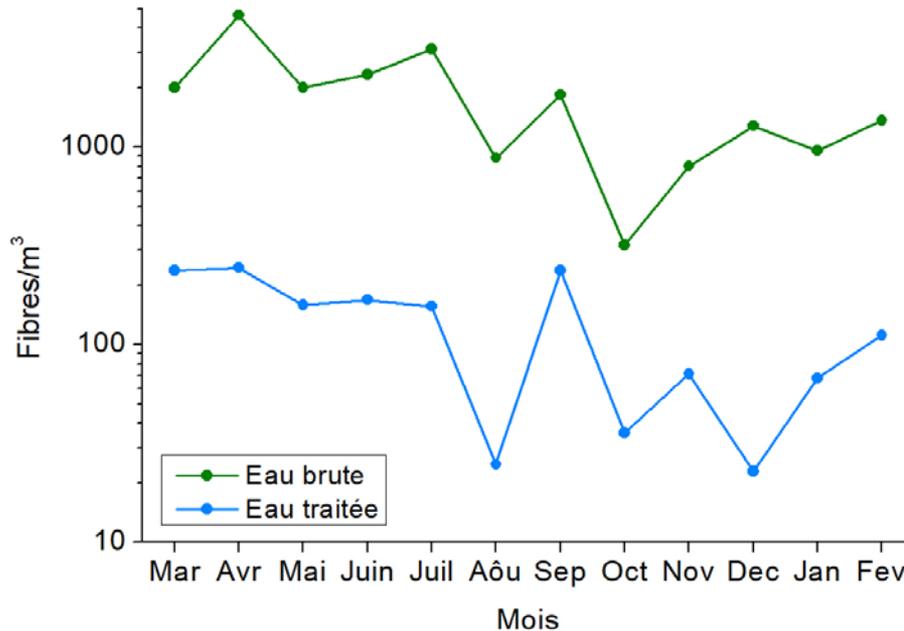
Concentrations en MPs >20µm



Concentrations en MPs en fonction des classes de tailles

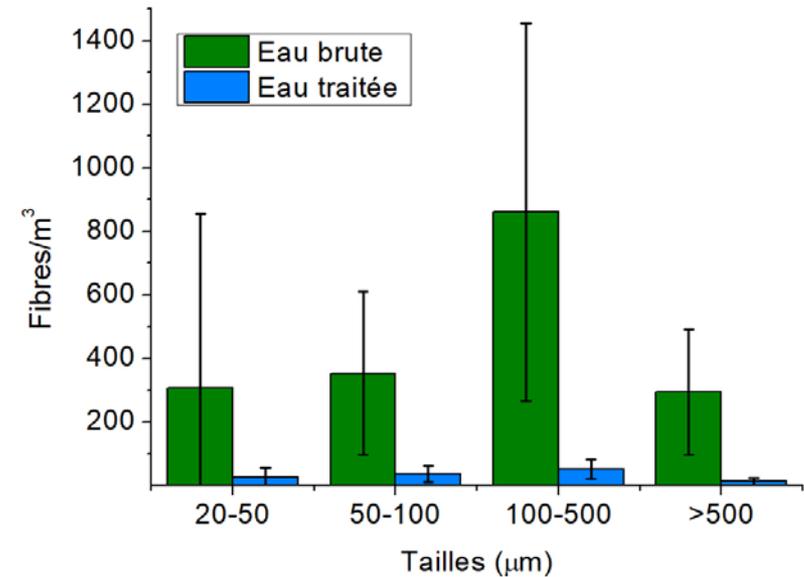
- Moyenne de 627 ( $\pm$  279) MPs/m<sup>3</sup> d'eau brute
- Moyenne de 11 ( $\pm$ 7) MPs/m<sup>3</sup> d'eau traitée
- La plupart des microplastiques se trouvent dans la classe de taille 20-50 µm
- Aucun MPs >500 µm détecté

# Concentrations en fibres



Concentrations en fibres > 20µm par mois

- Moyenne de 1813 ( $\pm 1161$ ) fibres/m<sup>3</sup> d'eau brute.
- Moyenne de 128 ( $\pm 84$ ) fibres/m<sup>3</sup> d'eau traitée.



Concentrations en fibres en fonction des classes de tailles

- Les fibres sont prédominantes dans la classe de tailles 100-500 µm



# Conclusion

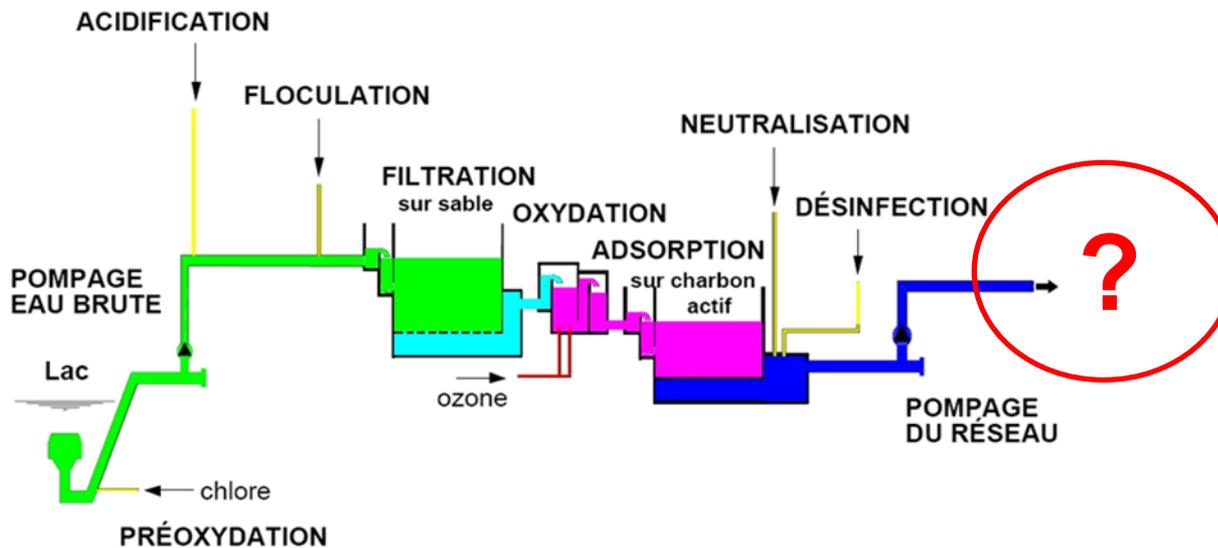


- Efficacité élevée de la filière sur les microplastiques et les fibres
- Réduction moyenne totale de 98% de la concentration en microplastiques  $>20\mu\text{m}$
- Réduction moyenne totale de 93% de la concentration en fibres
- Augmentation significative du nombre de microplastiques avec la diminution de tailles (quid des nanoplastiques ?)
- Augmentation de la difficulté d'analyse et du risque de contamination des échantillons en explorant les petites tailles.

# Questions importantes



Quel est l'impact des réseaux de distribution sur la pollution aux micro-plastiques (PE, polyuréthane) ?  
En cours d'évaluation...





Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



## Contamination and removal efficiency of microplastics and synthetic fibres in a conventional drinking water treatment plant in Geneva, Switzerland

Angel Negrete Velasco<sup>a</sup>, Stéphan Ramseier Gentile<sup>b</sup>, Stéphane Zimmermann<sup>b</sup>, Philippe Le Coustumer<sup>c,d</sup>, Serge Stoll<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department F.-A. Forel for environmental and aquatic sciences, University of Geneva, Faculty of Science, Uni Carl Vogt, Group of Environmental Physical Chemistry, 66, boulevard Carl-Vogt, CH-1211 Geneva 4, Switzerland

<sup>b</sup> SIG, Industrial Boards of Geneva, Switzerland

<sup>c</sup> EA CNRS Géoressources & Environnement, Université Bordeaux Montaigne, 1 allée F. Daguin, F-33007 Pessac, France

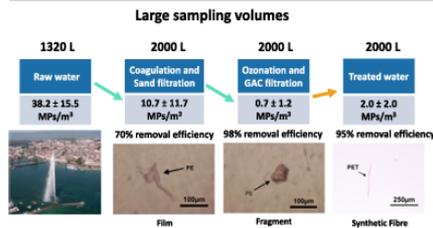
<sup>d</sup> CNRS-INRA-Université de Bordeaux UMS 3420, Bordeaux Imaging Center, 146 rue Léo Saignat, CS 61292, F-33076 Bordeaux, France



### HIGHLIGHTS

- Large sampling volumes > 1 m<sup>3</sup> are considered.
- Lake Geneva raw water MPs average concentration is equal to 38.2 ± 15.5 MPa/m<sup>3</sup>
- MPs final removal efficiency is found equal to 98%
- MPs abundance in raw water is not constant over the sampling campaigns
- Non Synthetic and synthetic fibers are found persistent in the DWTP

### GRAPHICAL ABSTRACT



### ARTICLE INFO

Editor: Damia Barcelo

**Keywords:**  
Microplastics  
Synthetic fibres  
Conventional drinking water treatment  
Removal efficiency  
Infrared microscopy

### ABSTRACT

Although it is known that freshwater resources are contaminated with microplastics (MPs), still limited information is known about the efficiency of large drinking water treatment plants (DWTP) to remove microplastics. Moreover, reported concentrations of MPs in drinking water varies from some units to thousands of units per litre and the sampling volumes used for MPs analysis are generally heterogeneous and limited. The present study evaluates the removal of MPs and synthetic fibres in the main DWTP of Geneva, Switzerland, by considering large sampling volumes at different time intervals. Furthermore, contrary to other studies, this DWTP does not count with a clarification process before sand filtration and coagulated water is sent directly to sand filtration. In this study a distinction is made between microplastics as fragments, films, pellets, and synthetic fibres. Raw water and effluents of each filtering mass (sand and activated carbon filtration) are analysed for the presence of MPs and synthetic fibres with sizes > 63 µm using infrared microscopy. Concentration of MPs in raw water range from 38.2 to 55.6 MPa/m<sup>3</sup> and in



## Contamination and Removal Efficiency of Microplastics and Synthetic Fibres in a Conventional Drinking Water Treatment Plant

Angel Negrete Velasco<sup>1\*</sup>, Stéphan Ramseier Gentile<sup>2</sup>, Stéphane Zimmermann<sup>2</sup> and Serge Stoll<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Group of Environmental Physical Chemistry, Department F.-A. Forel for Environmental and Aquatic Science, University of Geneva, Geneva, Switzerland, <sup>2</sup> SIG, Industrial Boards of Geneva, Geneva, Switzerland

Microplastics have been detected all around the globe in freshwaters which are frequently used to produce drinking water. Therefore, the contamination of raw water with microplastics that supplies drinking water treatment plants, and their removal efficiency is raising more concern and interest. In the present study, we evaluated the microplastic contamination in a conventional drinking water treatment plant (Geneva, Switzerland) and the contribution of coagulation on the efficiency of the filtration systems (sand and activated carbon filtrations) in the removal efficiency of microplastics (MPs) and synthetic fibres. This work was performed in a pilot station that replicates the main drinking water treatment process. Raw water and effluents of each filtering processes were analysed for the presence of MPs and synthetic fibres with sizes ≥ 63 µm using infrared spectroscopy. The contamination of MPs in raw water and in drinking water ranged from 19.5 to 143.5 MPa/m<sup>3</sup> and from 0 to 8 MPa/m<sup>3</sup> (in presence and absence of coagulant), respectively. On the other hand, concentration of synthetic fibres ranged from 7.7 to 23.8 synthetic fibres/m<sup>3</sup> in raw water and from 0 to 3 synthetic fibres/m<sup>3</sup> in drinking water. Results show that on average 89% of microplastics and 81% of synthetic fibres (≥63 µm) are retained in water treatment in absence of coagulant. Better final removal efficiency of microplastics (97%) and synthetic fibres (96%) was observed in drinking water with coagulation treatment. The chemical composition of microplastics and synthetic fibres is found more heterogeneous in raw water than after sand filtration and activated carbon filtration.

### OPEN ACCESS

#### Edited by:

Rafael Trevisan, Federal University of Santa Catarina, Brazil

#### Reviewed by:

Qiqing Chen, East China Normal University, China  
Scott Collin, California Water Resources Control Board, United States

#### \*Correspondence:

Angel Negrete Velasco  
angel.negretevelasco@unige.ch  
Serge Stoll  
serge.stoll@unige.ch

#### Specialty section:

This article was submitted to Water and Human Health, a section of the journal Frontiers in Water

Received: 14 December 2021

Accepted: 11 February 2022

Published: 05 April 2022

#### Citation:

Negrete Velasco A, Ramseier Gentile S, Zimmermann S and Stoll S (2022) Contamination and Removal Efficiency of Microplastics and Synthetic Fibres in a Conventional Drinking Water Treatment Plant. *Front. Water* 4:835451. doi: 10.3389/fwa.2022.835451

**Keywords:** microplastics, synthetic fibres, conventional drinking water, coagulation, infrared spectroscopy

### INTRODUCTION

Owing to the relatively low production costs and more attractive physicochemical properties than other materials, the use of plastics has rapidly grown since the 1950's. Plastics are used in many consumer products, like plastic bags, food packaging and dispensable utensils, among other single use objects. Consequently, plastic production has increased over years, arriving to over 350 million tonnes in 2019 (Plastics Europa, 2019). Furthermore, plastics are resistant to degradation that will persist in the environment. These factors, and others, ultimately lead to the accumulation of plastics

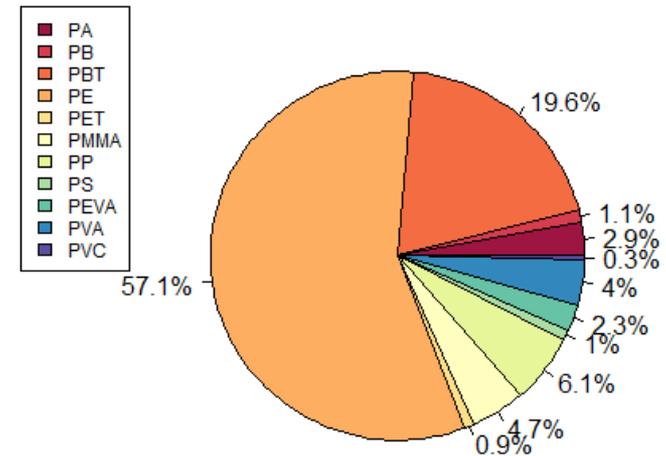


3

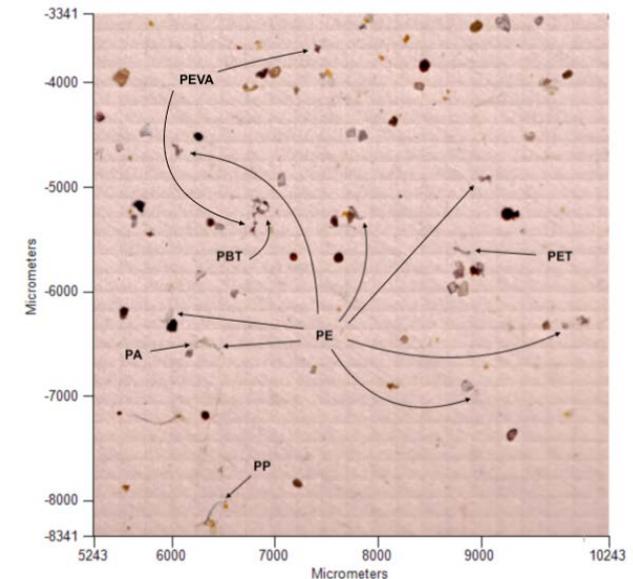
# Projet sur les microplastiques en eaux usées

## Travail exploratoire en Step de Chancy (Ge)

- En moyenne pour chaque m<sup>3</sup> d'eau traitée, il y a 8320 microplastiques
- 70% des microplastiques ont été retenus dans la fraction de 125-63µm, 28% dans la fraction de 250-125 µm
- La taille des microplastiques peut descendre jusqu'à 20 µm (limite de détection)
- La STEP relâche potentiellement 25 millions de microplastiques par jour dans le Rhône (34 L/s)



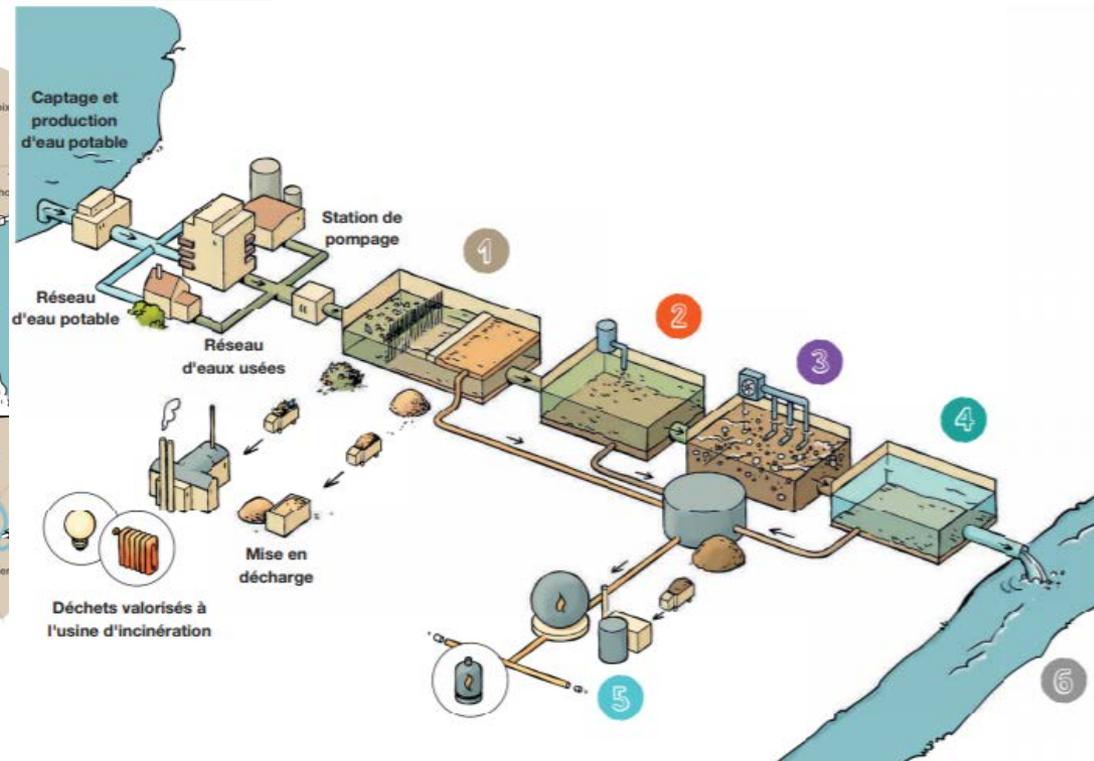
Pourcentage en type de microplastiques



# Etude des effluents de la station d'épuration d'Aire à Genève



1. Dégrillage, dessablage et déshuilage
2. Floculation et décantation
3. Traitement biologique
4. Deuxième décantation



- 5 échantillons

- 25.05.21
- 11.06.21
- 01.07.21
- 07.07.21
- 02.09.21

→ Échantillonnage à la fontaine de prélèvement

Échantillonnages au seau *Fontaine de prélèvement*



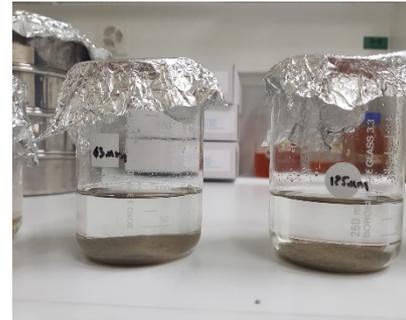
- 100 L d'eau prélevée par échantillon
- Filtration sur une cascade de tamis de mailles de 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$  et 63  $\mu\text{m}$  in situ.



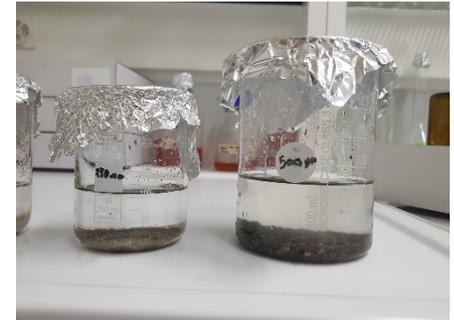
*Cascade de tamis*

## Digestion de la matière organique

- Transfert des particules présentes sur les tamis dans des béchers
- Ajout de l' $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%) pour la digestion
- Mise au four à  $60^\circ\text{C}$  pendant 5 jours
- Dépôt des particules sur des filtres



*Echantillon 1 avant digestion*



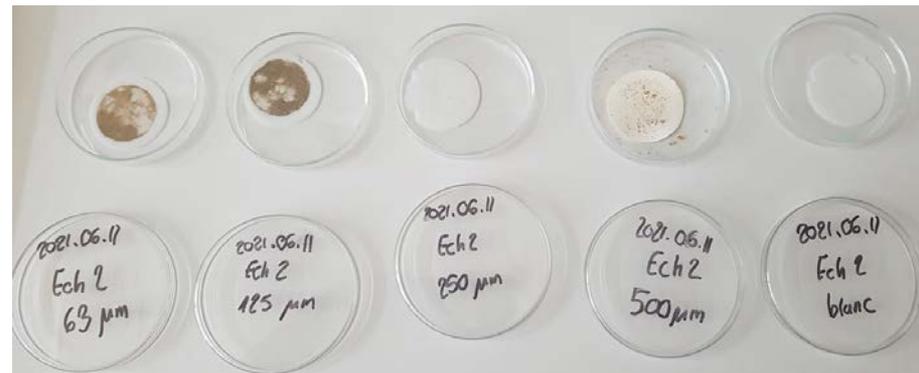
*Echantillon 1 après digestion*

## Séparation par densité dans NaI

- Beaucoup de matière en suspension dans certains échantillons => étape supplémentaire
  - Echantillon 2 : > 500  $\mu\text{m}$  et 250-500  $\mu\text{m}$
  - Echantillon 3 : > 500  $\mu\text{m}$
- Dépose des particules sur un filtre
- Analyse par FT-IR



*Echantillon 2, classes de taille > 500  $\mu\text{m}$  avec NaI*



*Filtres de l'échantillon 2*

# Analyse des particules



## Spectroscopie infrarouge

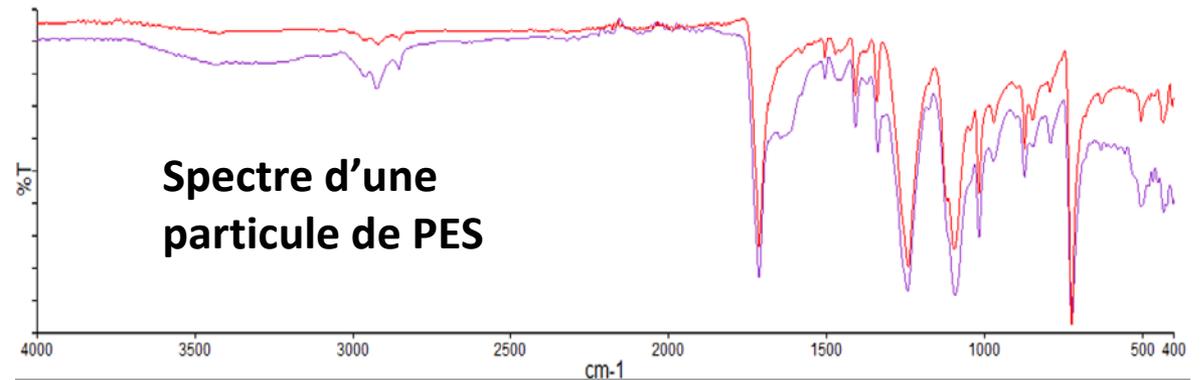
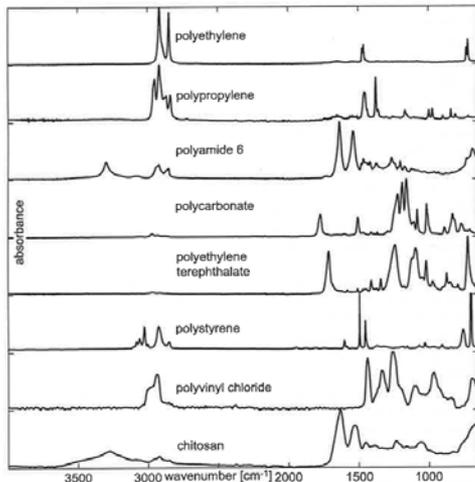
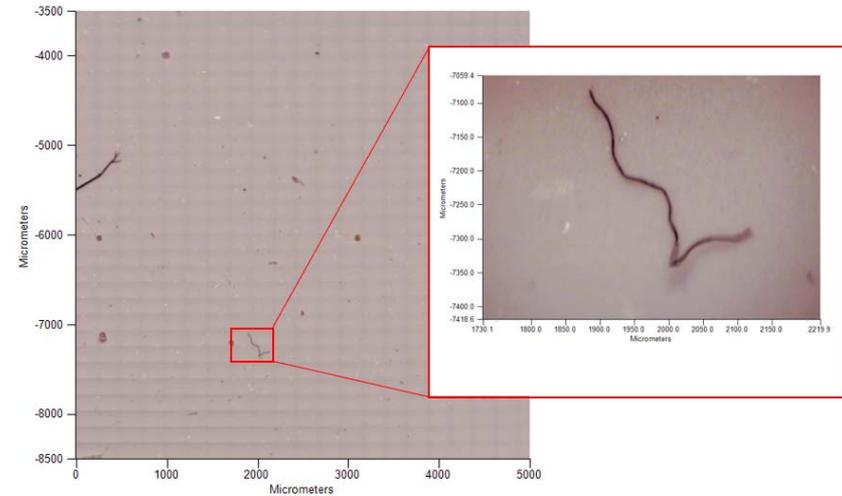
> 500um



< 500um



Image d'un carré de 5x5mm

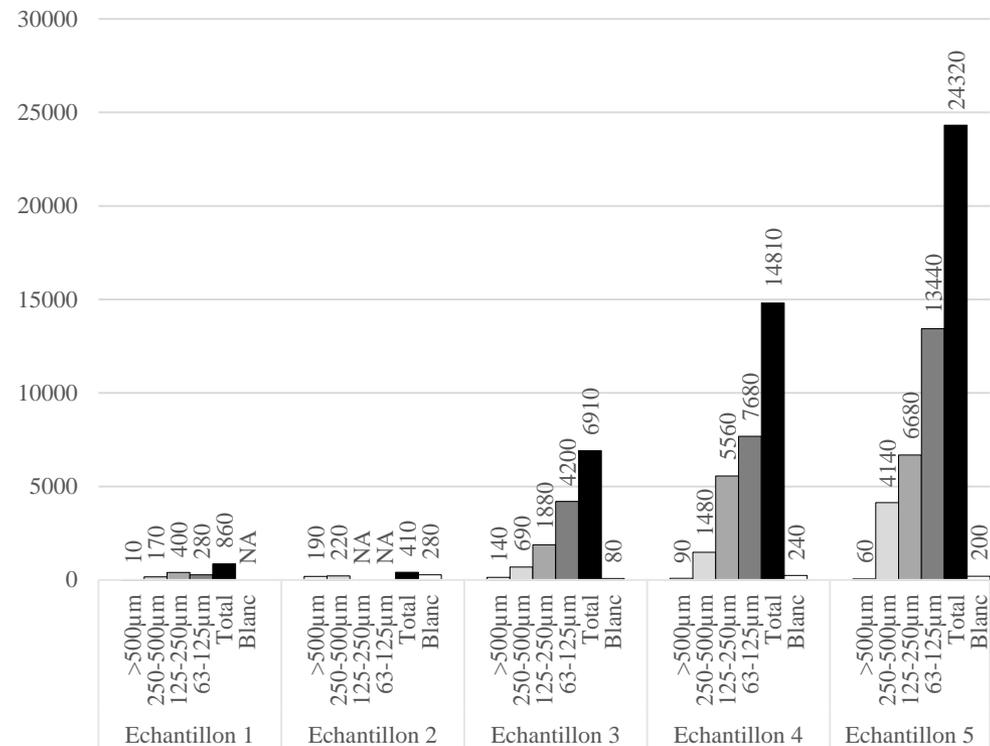


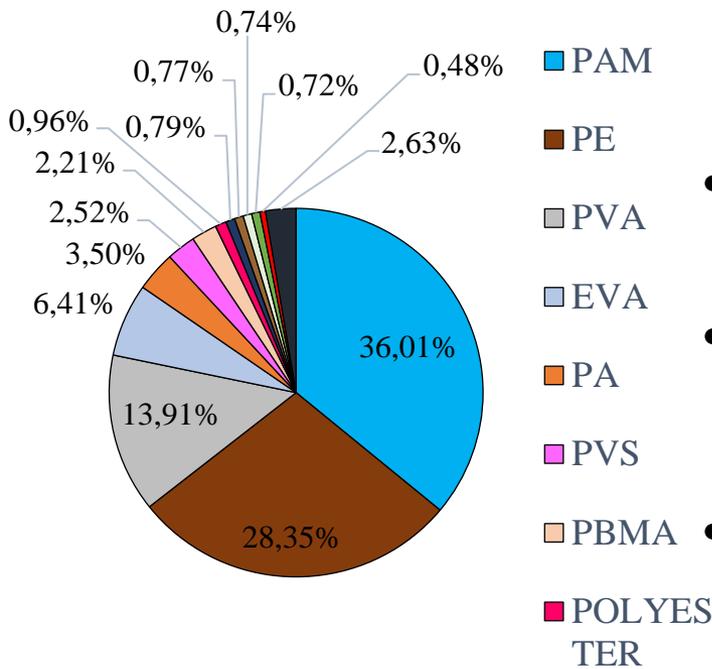
Name	Description
2021.06.11_Ech2_500um_f...	Sample 047 By Delphine Date Thursday, Jun...
PES.sp	Fibre Polyether

# Concentration en MPs dans la STEP



- 4'731 MPs recensés dans les 5 échantillons (5 campagnes)
- 9'462 MPs/m<sup>3</sup> en moyenne
- ~600 milliards de MPs/an rejetés par la STEP
- Moyenne par classe de taille :
  - > 500 μm : 98 MPs/m<sup>3</sup>
  - 250-500 μm : 1340 MPs/m<sup>3</sup>
  - 125-250 μm : 3630 MPs/m<sup>3</sup>
  - 63-125 μm : 6400 MPs/m<sup>3</sup>





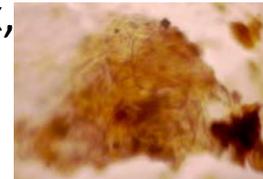
- Matériau le plus abondant : **PAM Polyacrylamide** (3'292 particules/m<sup>3</sup>)
  - Floculant ou épaississant dans le traitement des eaux et des boues
  - Utilisé dans plusieurs étapes de la STEP d'Aire
- **PE Polyéthylène**: multitude de sources (emballages, films alimentaires, tuyaux, jouets...)
- **PVA Alcool polyvinylique**: emballages alimentaires, renforcement des fibres textiles et enrobage des médicaments, colles, peintures ...
- **EVA Ethylène-acétate de vinyle** : emballages alimentaires, chaussures, jouets, bouchons...
- **PA Polyamide**: vêtements, tapis, cosmétiques, chaussures, conduites...



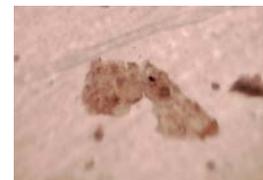
PAM



PE



PVA



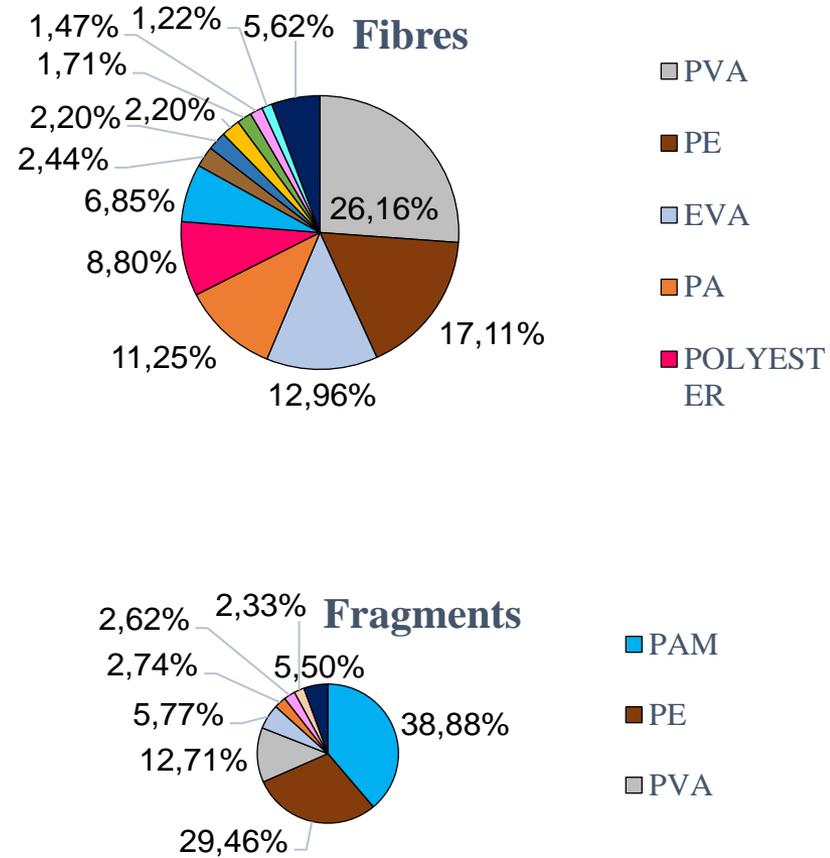
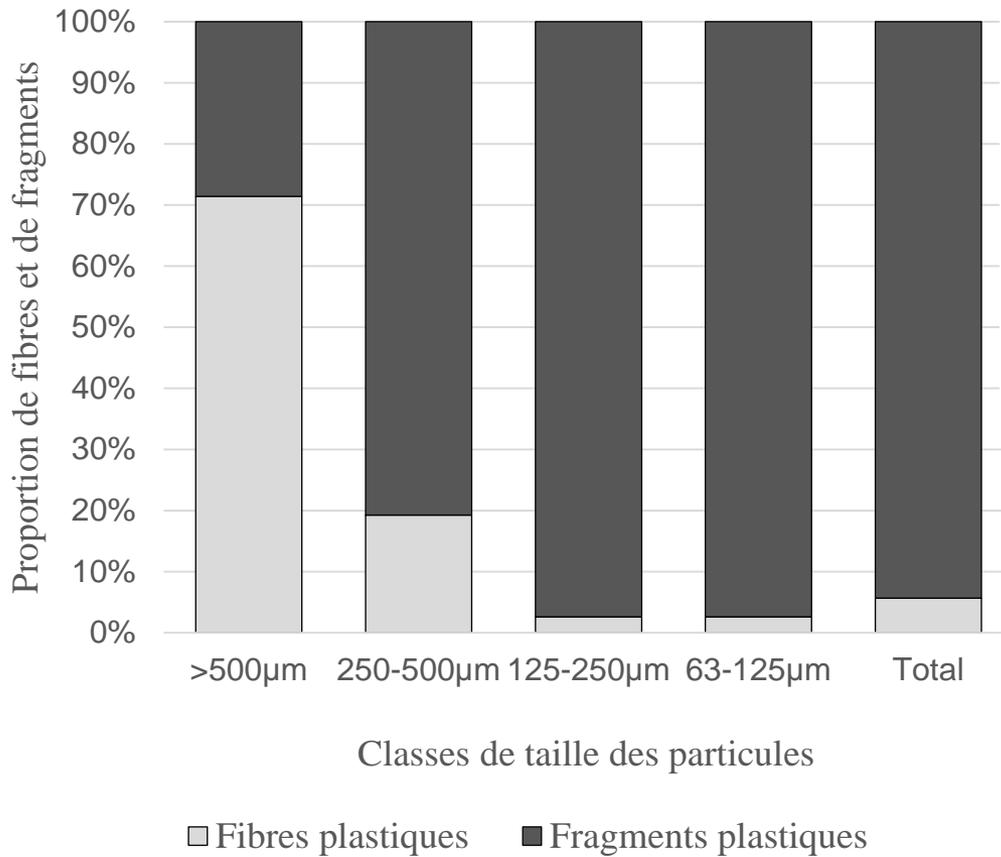
EVA



PA

(agrégats, fragments, films)

# Nature des microplastiques



# Comparaison avec les STEPS de Chancy et Bois-de-Bay (1)



## Différences dans la méthode

		Chancy	Bois-de-Bay	Aïre
Matériel	Seau d'échantillonnage	Plastique	Plastique	Métal
	Unité de filtration	Plastique	Plastique	Verre
	Boîtes pétri	Plastique	Plastique	Verre
	Pissette	PE	PE	PTFE
Analyse particules	250-500 µm	ATR	ATR	FT-IR

## Concentrations en MPs [MPs/m<sup>3</sup>]

Aïre : 9'462 [MPs/m<sup>3</sup>]  
 Bois-de-Bay : 9'680 [MPs/m<sup>3</sup>]  
 Chancy : 8'320 [MPs/m<sup>3</sup>]

Classes de taille	> 500 µm	250-500 µm	125-250 µm	63-125 µm
Chancy	66	47	2357	5847
Bois-de-Bay	70	90	2490	7030
Aïre	98	1340	3630	6400

Concentration en MPs [MP/m<sup>3</sup>] selon les classes de taille.

# Comparaison avec les STEPS de Chancy et Bois-de-Bay (2)



## Nature chimique des microplastiques

	Matériaux plastiques les plus abondants
Chancy	PE (57%)
Bois-de-Bay	PS (54%)
Aïre	PAM (36%) > PE (28%)

## Forme des particules

	Formes les plus abondantes
Chancy	Fibres ~60% (> 250 µm) Fragments (< 250 µm)
Bois-de-Bay	Mousses (PS) Fragments
Aïre	Fibres 70% (> 500 µm) Fragments 95% (total)

# Récapitulatif des résultats



- MPs retrouvés dans tous les échantillons
- Moyenne de 9'462 MPs/m<sup>3</sup>, soit ~600 milliards de MPs/an rejetés par la STEP d'Aire
- Diminution de la taille des particules => augmentation de la concentration en MPs (quid des nanoplastiques ?)
- Les matériaux les plus abondants sont le PAM, le PE, le PVA, l'EVA et le PA.
- Forme la plus abondante : Fragments
- La proportion des formes de particules diffère selon la classe de taille.
  - Fibres majoritaires : > 500 µm
  - Fragments majoritaires : 250-500 µm, 125-250 µm et 63-125 µm
- La forme et nature chimique des particules
  - Fibres : PVA, PE, EVA, PA et Polyester.
  - Fragments : PAM, PE, PVA, EVA.

Tableau 6. Données publiées sur la présence, l'élimination et les rejets quotidiens de MP<sub>s</sub> par les STEP<sub>s</sub> dans différentes parties du monde.



Country	Shape & type of detected MP <sub>s</sub>	MP <sub>s</sub> influent	MP <sub>s</sub> in final effluent	MP <sub>s</sub> in sludge	Removal rate	Daily discharges	Reference
Australia 2 STEP <sub>s</sub>	Fibers (PS, acrylic, PA)	–	1.0/L	–	–	–	Browne et al., 2011
Australia 3 STEP <sub>s</sub>	PVC, PS, PP, PE, PET, Nylon	–	0.21 - 1.5/L	–	–	1×10 <sup>7</sup> particles/d	Ziajahromi et al., 2017
Canada	Fibres, fragment, foam granule, sheet, pellet	31.1 ± 6.70 MP/L	0.5 ± 0.2 MP/L	4.4 ± 2.9 MP/g	97.1 - 99.1%	32-97×10 <sup>6</sup> MP/d	Gies et al., 2018
Denmark 10 STEP <sub>s</sub>	Acrylate, Styrene-Acrylonitrile copolymer, Vinyl-acetate-acrylic copolymer, PE, PP, PP-PP, PVC	7216 item/L	54 item/L	–	99.3%	3000 kg/year	Simon et al., 2018
Finland	Synthetic particle and textile fibers	430 synthetic particles/L & 180 textile fibers/L	8.6 synthetic particle/L & 4.9 textile fibers/L	–	98% Synthetic particle, 97% fibres	–	Talvitie et al., 2015
Finland	PET, PA, PP, PE	57.6 ± 12.4 MP/L	1.0 ± 0.4 MP/L	170.9×10 <sup>3</sup> MP/Kg (dw)	98.30%	1.0×10 <sup>7</sup> MP/d	Lares et al., 2018
Finland	Fibers (cotton, PS, linen, viscose, wool, polyacryl), fragments, films	380 - 686.7 microlitter particles/L	0.7 - 3.5 microlitter particles/L	186.7 ± 26.0 microlitter particles/g	99%	1.7×10 <sup>6</sup> MP/d	Talvitie et al., 2017
France	Fibers	260 - 320/L	14 - 50 particles/L	–	83 - 95%	–	Dris et al., 2015
Germany 12 STEP <sub>s</sub>	PE, PP polyamide, PVC, PS, PUR	–	0.05 - 9 MP/L	10 <sup>5</sup> - 2.4 ×10 <sup>4</sup> MP/Kg (dw)	–	9×10 <sup>7</sup> - 4×10 <sup>8</sup> MP/year	Mintenig et al., 2017
Netherlands 7 STEP <sub>s</sub>	Fibers, foils, spheres	68 - 910 particle/L	51 - 81 particle/L	510-760 particle/Kg (vw)	72%	–	Leslie et al., 2017



- Etude sur le taux d'abattement de la STEP d'Aire :  
prélèvements à l'entrée et à la sortie, puis entre chaque étape de traitement
- Essais pilotes pour optimiser la chaîne de traitement
  - Coagulation + filtration
  - Coagulation + sédimentation
  - Nature, dosage du coagulant (Présence d'agrégats de PAM)
- Evaluation d'autres STEPs dans le contexte du grese
- Recherche sur les nanoplastiques
- Intensification des recherches sur la toxicité potentielle des MPs
  - Milieu récepteur
  - Santé humaine
- Difficulté de comparaison entre études
  - Echantillonnage
  - Matériel utilisé lors des manipulations
  - Volumes prélevés
  - Tailles de particules étudiées
  - Méthode d'analyse chimique des particules

=> **Uniformisation des méthodes importante !**



**FOWA**  
Forschungsfonds Wasser  
Fonds de recherche pour l'eau



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**  
FACULTÉ DES SCIENCES



**Merci pour votre attention !**

## Remerciements

- Eau potable SIG (Stéphan Ramseier, Stéphane Zimmermann, Pauline Perdaems, Pascal Ramaciotti, Gérard Luyet,... )
- Eaux usées SIG (Jérôme Grenard, Dominique Raboud, Frédéric Giraud, Christian Zumkeller,...)
- Invitation de Mrs Denis Fahrni et Philippe Koller

