

Introduction

La problématique du plastique au niveau mondial représente un des enjeux environnementaux les plus importants du XXI^e siècle. En 2011 une première étude de l'Ecole polytechnique fédérale Lausanne, ([EPFL](#)), a prouvé la présence de microplastiques dans les eaux lémaniques ([Faure et al.](#)). L'apparition de ce polluant a fait l'objet de plusieurs études qui ont démontré que les microplastiques sont présents dans tous les compartiments de l'environnement. Selon une étude mandatée par l'ASL en 2018, environ 50 tonnes de plastiques aboutissent dans le Léman chaque année. La grande majorité de ces derniers (60%) sont des microplastiques issus de l'abrasion des pneus sur les routes ([Boucher et al.](#)). Les emballages et le littering constituent une autre source importante et pas moins de 20% de ces plastiques proviennent des emballages et du littering.

De son côté, la Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman, ([CIPEL](#)) a émis des pistes de réflexion pour étudier la pollution par les microplastiques dans trois (directions) orientations figurant dans son plan d'action 2021-2030 :

1. Évaluer les apports au lac par les affluents et/ou via des déversements par temps de pluie.
2. Surveiller les impacts (exposition de l'écosystème) au moyen d'analyses des tubes digestifs de poissons
3. Évaluer le stock de plastiques en devenir (rives, plages) par une démarche participative.

C'est pour satisfaire à cette troisième orientation que la CIPEL a proposé à l'ASL de développer un projet d'étude de l'état des stocks de plastiques sur les plages du Léman.

L'étude proposée par l'ASL traite tant les micro- (<5 mm) que les macroplastiques. Dans le cadre de ce projet de recherche dit participatif, la société civile a été mise à contribution et s'est vu confier la partie de l'étude portant sur la récolte et la caractérisation des macroplastiques selon un protocole prédéterminé. Le but est de contribuer à la sensibilisation du grand public à la thématique de la pollution des eaux par les plastiques. L'étude des microplastiques a, quant à elle, été menée conjointement par l'équipe scientifique de l'ASL et deux étudiantes réalisant leur travail de master à l'Université de Genève ([UNIGE](#)) au sein du groupe du Dr. Serge Stoll, spécialiste en physique et chimie de l'environnement, ([Département F.-A. Forel](#)).

[Skip to main content](#)

< Previous
[Pla'stock Léman](#)

Next >
[2. Déroulement du projet](#)

Déroulement du projet

Contents

- 2.1. Phase 1 : Sélection de la zone d'étude
- 2.2. Phase 2: Elaboration des méthodes
- 2.3. Phase 3a : Terrain
- 2.4. Phase 3b : Laboratoire
- 2.5. Phase 4 : Résultats

L'exécution de l'étude des stocks de plastiques sur les plages lémaniques s'est déroulée en cinq phases (voir diagramme organisationnel ci-dessous).

2.1. Phase 1 : Sélection de la zone d'étude

Une sélection de 25 plages a été effectuée afin d'assurer une répartition géographique optimale et une représentation significative le long de la rive lémanique selon divers critères, soit en termes d'orientation, d'exposition, de topographie environnante, de taille, de nature et texture du sol, de degré d'artificialisation, de fréquentation potentielle, etc.

2.2. Phase 2: Elaboration des méthodes

Que ce soit pour les macro- ou les microplastiques, les méthodes de prélèvements et d'analyses ont été développées puis testées et validées par l'ASL. Elles sont compatibles avec les protocoles scientifiques utilisés par les différentes études ayant traité du même sujet en Europe ([Gerdts, 2029](#)) et au niveau helvétique, Office fédéral de l'environnement ([OFEV](#)).

Leur application permet de comparer la situation observée sur le pourtour du Léman avec celles constatées ailleurs en Suisse ou en Europe. Le choix des méthodes avait été préalablement validé par le conseil scientifique de la CIPEL, ref: [protocoles](#).

[Skip to main content](#)

2.3. Phase 3a : Terrain

Les ramassages de déchets ont été opérés selon le concept de science participative à l'aide de bénévoles préalablement formés et munis d'un protocole qu'ils ont répété à quatre reprises, soit une fois par saison. Les données ont été saisies dans l'application Net'Léman (netleman.app) de l'ASL qui permet de centraliser les données aux fins d'analyse. Le protocole de collecte et de saisie a été établi d'après les référentiels du Guide sur la surveillance des déchets marins dans les mers européennes publié par la Commission européenne en 2013 ([MSFD, 2013](#)). Son application permet de comparer les résultats obtenus sur les rives du Léman avec les autres études effectuées aux niveaux national et européen. En ce qui concerne les microplastiques, les prélèvements ont été réalisés par les étudiantes en master avec l'appui de l'équipe ASL.

2.4. Phase 3b : Laboratoire

La quantification du stock de microplastiques s'est déroulée dans les locaux de l'ASL, sous cloche. La caractérisation des échantillons a été effectuée par les étudiantes en master dans les laboratoires de l'UNIGE par microspectroscopie (FTIR-ATR) selon la méthodologie décrite par Frei, ([Frei et all](#)). Pour les macroplastiques, les données enregistrées dans l'application Net'Léman ont été vérifiées, puis analysées en vue de déterminer les proportions des différents types de plastique.

2.5. Phase 4 : Résultats

Le présent rapport scientifique sur l'état des stocks de plastiques sur les plages du Léman a été publié sous forme vulgarisée par l'ASL dans la revue « Lémaniques », trimestriel de l'ASL en juin 2023, dans le but d'informer le grand public et le sensibiliser à la problématique. Un résumé sera également publié dans le rapport annuel 2024 de la CIPEL.

Les travaux de master sur la caractérisation des microplastiques sur les plages du Léman ont été approuvé par le Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau (DEFSE) en automne 2023 et feront l'objet d'une publication dans des journaux scientifiques.

< Previous

[1. Introduction](#)

Next >

[3. Questions de recherche et hypothèses](#)

Questions de recherche et hypothèses

Contents

- 3.1. Microplastiques
- 3.2. Macroplastiques

L'élaboration du plan de recherche pour la caractérisation des stocks de plastique qui se sont déposés sur les plages du Léman est basée sur la formulation d'un certain nombre de questions et d'hypothèses.

3.1. Microplastiques

L'élaboration du plan de recherche pour la caractérisation des stocks de plastique qui se sont déposés sur les plages du Léman est basée sur la formulation d'un certain nombre de questions et d'hypothèses.

3.1.1. Questions de recherche

La nature, la forme, l'origine, la taille et l'abondance des microplastiques qui se déversent sur les plages du Léman présentent-elles des différences significatives selon les plages considérées ?

Si oui, quels facteurs sont-ils susceptibles d'expliquer ces différences ?

Parmi ceux qui semblent être les plus déterminants en ce qui concerne le site sur lequel les prélèvements sont effectués, citons :

- la localisation, à savoir le lieu géographique et son environnement immédiat
- le profil de la rive : linéaire, baie plus ou moins ouverte
- l'exposition au soleil, aux vents, aux vagues

[Skip to main content](#)

- la fréquentation, ampleur et rythme
- le substrat sur la ligne d'eau et sur la plage

Peut-on comparer les résultats de cette étude à ceux d'autres travaux réalisées autour du Léman ou ailleurs en Suisse, en Europe ou dans le monde ?

3.1.2. Hypothèses

Il y a davantage de fibres que de fragments. L'abrasion des textiles représente une source majeure de microplastiques dans l'environnement.

La densité de particules/m² est plus importante sur les plages de sable que sur celles qui sont constituées (ou recouvertes par un) d'un substrat plus grossier.

L'exposition et le profil de la plage constituent des facteurs dominants pour expliquer le degré d'accumulation de plastiques (forme de la rive plus ou moins encaissée, courants et vents).

3.2. Macroplastiques

3.2.1. Questions de recherche

La nature, la forme, l'origine, la taille et l'abondance des macroplastiques qui se déversent sur les plages du Léman présentent-elles des différences significatives selon les plages considérées ?

Si oui, quels facteurs sont-ils susceptibles d'expliquer ces différences ?

Parmi ceux qui semblent être les plus déterminants en ce qui concerne le site sur lequel les prélèvements sont effectués, citons :

- la localisation, à savoir le lieu géographique et son environnement immédiat
- le profil de la rive : linéaire, baie plus ou moins ouverte
- l'exposition au soleil, aux vents, aux vagues
- le degré d'urbanisation alentours
- la fréquentation, ampleur et rythme, la saisonnalité
- le substrat sur la ligne d'eau et sur la plage

[Skip to main content](#)

Quels sont les objets les plus fréquemment trouvés sur les plages ?

Peut-on comparer les résultats de cette étude à ceux d'autres travaux réalisées autour du Léman ou ailleurs en Suisse, en Europe ou dans le monde?

3.2.2. Hypothèses

L'exposition et le profil de la plage constituent des facteurs dominants pour expliquer le degré d'accumulation de plastiques (forme de la rive plus ou moins encaissée, courants et vents).

L'abondance de plastiques est proportionnelle à la fréquentation du site.

Previous

[2. Déroulement du projet](#)

Next

[4. Protocoles](#)

Protocoles

Contents

- 4.1. Zone d'étude
- 4.2. Récolte, extraction et identification des microplastiques
- 4.3. Récolte, extraction et identification des macroplastiques

L'élaboration du plan de recherche pour la caractérisation des stocks de plastique qui se sont déposés sur les plages du Léman est basée sur la formulation d'un certain nombre de questions et d'hypothèses.

4.1. Zone d'étude

Le périmètre du Léman, plus grand lac d'Europe occidentale par son volume, est de 200 km. Ses rives ont été découpées en 25 tronçons de longueur équivalente et au moins une plage a été choisie dans chacun de ces secteurs selon ses caractéristiques (type de substrat, exposition, fréquentation, degré d'urbanisation des alentours, etc.) et la diversité des milieux qui la constituent et ce, afin d'obtenir un échantillonnage représentatif de la réalité.

[Skip to main content](#)

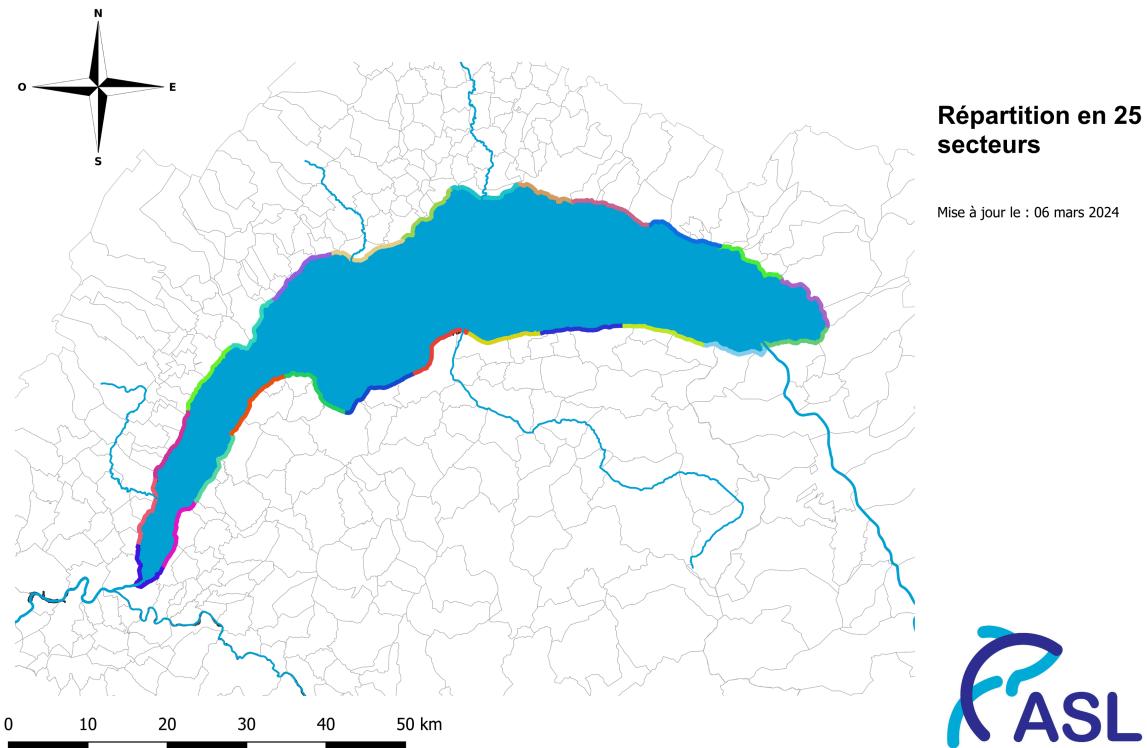


Figure 4.1 : Séparation des 200 km de rives lémaniques en 25 secteurs pour le choix des plages de l'étude

La méthodologie de prélèvements et d'analyses a été testée et choisie pour être compatible avec les protocoles d'autres études européennes aux fins de comparaisons ([Faure et al.](#), [Frei et al.](#)). Ces décisions ont été validées par le groupe de travail « Pla'stock » de l'ASL et le Conseil scientifique de la CIPEL.

Le choix s'est porté sur neuf grandes plages de plus de 80 m de long, neuf de 50 à 80 m et sept de 15 à 50 m. Les surfaces inventoriées varient entre 16 m² pour la plus petite et près de 2000 m² pour la plus grande. Au total, ce sont quatre plages de moins de 100 m², 15 de 100 à 500 m², cinq de 500 à 1100 m² et une de 1980 m² qui ont été investiguées. De plus, une attention particulière a été portée au substrat afin d'avoir une bonne répartition entre les plages de sable, de graviers et de galets.

Chaque plage comprend deux sous-secteurs :

1. la ligne d'eau (interface terre-eau + deux mètres de plage)
2. le reste de la plage

[Skip to main content](#)

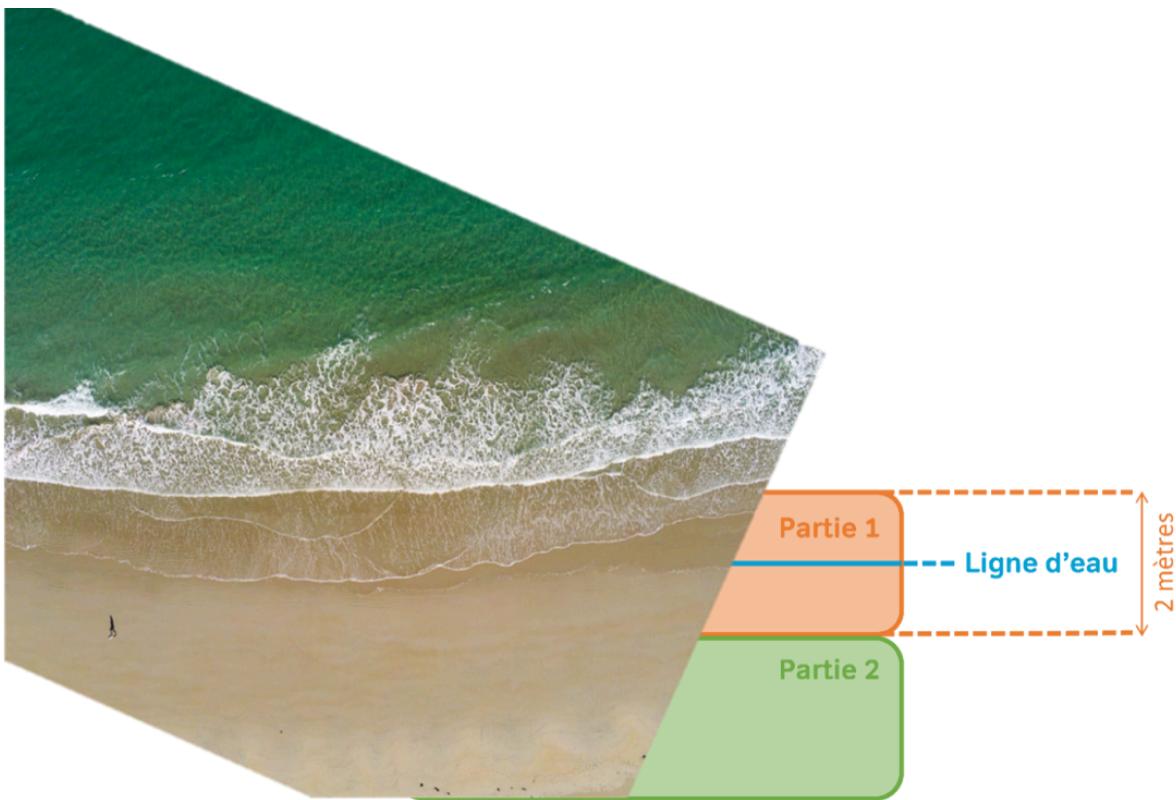


Figure 4.2 : Secteurs des plages: Ligne d'eau et Plage seche

4.2. Récolte, extraction et identification des microplastiques

4.2.1. Echantillonnage microplastique (300 µm à 5 mm)

Les microplastiques, de taille inférieure à 5mm, ont été prélevés et analysés par les collaborateurs et collaboratrices de l'ASL ainsi que par deux étudiantes dans le cadre de la réalisation de leurs travaux de master au sein du groupe de recherche du Dr Serge Stoll du Département F.-A. Forel des Sciences de l'environnement et de l'eau de l'Université de Genève. Un troisième master en cours étudie les courants qui peuvent influencer le degré d'accumulation de microplastiques sur les plages.

La stratégie d'échantillonnage est inspirée de celle de Gerdts ([Gerdts 2019](#)). Sur chaque plage, une carotte de substrat est prélevée de manière aléatoire (positionnement préalable sur une carte) tous les 45 m² en moyenne avec un profilé de 10cm de côté sur une profondeur de 5 cm. Cette profondeur correspond à celle utilisée dans le cadre d'études

[Skip to main content](#)

et al). La position géographique de chaque échantillon est relevée au moyen d'un GPS et les récipients contenant ces derniers sont stockés à l'Université en chambre froide à 4° C.

Les récipients sont étiquetés de la manière suivante :

- Pays ;
- Région ;
- n° de station ;
- n° d'échantillon.

Les numéros d'échantillons sont définis de l'amont vers l'aval. Exemple: Baby Plage à Genève : CH GE 01.1; CH GE 01.2 ; CH GE 01.3 ;...

Au total, 235 échantillons de 500 cm³ ont ainsi été prélevés en novembre 2021.

4.2.2. Extraction et comptabilisation des MPs en laboratoire (UNIGE)

La manipulation des échantillons est effectuée dans de la verrerie rincée à l'eau ultrapure afin d'éviter toute contaminations par de nouveaux plastiques (Bouzid et al). Les échantillons sont séchés dans un four à 60°C avant d'être tamisés en trois fractions en fonction de leur taille : 500µm-1'250µm, 1'250µm-5'000µm et >5'000 µm.

Les microplastiques de tailles 1'250µm-5'000µm et >5'000µm, visibles à l'œil nu, sont triés et séparés manuellement des sédiments, puis caractérisés chimiquement par spectroscopie infrarouge.

A la loupe binoculaire, sous cloche au sein des locaux de l'ASL. On distingue ainsi :

- les fibres et leur couleur (la couleur ne sera pas utilisée dans cette étude)
- les particules souples (film, mousses)
- les particules dures (billes, fragments)

4.2.3. Limite de l'approche méthodologique

Lors du traitement des échantillons à l'Université de Genève, de leur transport et de la comptabilisation à l'ASL des contaminations peuvent intervenir. Des blancs de laboratoires ont donc été effectués en reproduisant toutes les étapes allant du traitement de l'échantillon

[Skip to main content](#)

Tableau 4.1: Blancs de laboratoire effectués à l'UNIGE avec comptabilisation à l'ASL

Blancs	Fibres transparentes	Fibres noires	Fibres bleues	Fibres rouges
Blanc 1	15	4	0	2
Blanc 2	39	7	4	0
Blanc 3	4	5	5	0

A noter que seules des fibres ont été retrouvées dans les blancs.

4.3. Récolte, extraction et identification des macroplastiques

La norme internationale mentionne le plus souvent une limite inférieure de 5 mm pour définir un macroplastique. Pour autant, dans le cadre de cette étude, le terme macroplastique sera adopté pour l'ensemble des plastiques visibles à l'oeil nu. Il comprend donc les "grands" microplastiques entre 2 et 5 mm. La récolte et le recensement des macroplastiques ont été confiés à des personnes de la société civile qui se sont spontanément inscrites pour se livrer à cette expérience de science participative. Une centaine de bénévoles très motivés ont ainsi appliqué un protocole scientifique précis sur les plages sélectionnées par l'ASL en respectant une surface et un temps de travail donné. Le nombre d'intervenants, le secteur et le temps d'intervention doivent être rigoureusement respectés. En outre, la récolte des plus petits éléments (2 à 5 mm) demande une attention toute particulière.

Le nombre de bénévoles envoyé sur chaque plage (secteur) est proportionnel à sa taille. Des responsables ont été nommés pour chaque secteur sur la base du volontariat et se sont portés garants de la bonne application du protocole et donc de la robustesse des résultats. Au nombre de 33, ils ont été formés à l'encadrement du travail de terrain ainsi qu'à la méthode de tri et dénombrement des récoltes qu'ils ont effectués à leur domicile. Ils ont enregistré également ces données dans l'App Net'Léman et ont renvoyé le fruit de leur travail à l'ASL après chaque campagne.

Les plages sélectionnées dans le cadre de l'étude étant des plages publiques, les grands macroplastiques (bouteilles, jeux de sables...) sont régulièrement ramassés par les services communaux.

[Skip to main content](#)

4.3.1. Echantillonnage macroplastique (> 2 mm)

La personne responsable de secteur accueille les bénévoles et leur transmet les informations sur le secteur à inventorier. Les macroplastiques récoltés dans les sous-secteurs (ligne d'eau et plage sèche) sont triés et comptabilisés séparément.

La collecte des éléments de macroplastique a lieu au moyen d'un seau par bénévole et de deux boîtes en plastique par responsable sur la surface (sans creuser) de plage prédéterminée qui comprend (fig. 1) :

- à partir de la limite eau/sol (ligne d'eau), une largeur de plage adjacente de 2 m de part et d'autre (secteur 1),
- le reste de la plage (secteur 2)

La collecte est exécutée par chaque groupe de bénévoles à une vitesse de 30 sec/m² sur l'ensemble du secteur (rythme lent permettant la récolte de très petits éléments). Cela signifie, par exemple, qu'une plage de 240 m² (secteurs 1 et 2), implique un travail de collecte de 2 heures, soit 30 minutes par personne pour un groupe de 4 bénévoles.

Chaque groupe de bénévoles se rend sur les plages qui lui sont assignées une fois par saison durant une année.

4.3.2. Tri et comptabilisation des macroplastiques

Les plastiques récoltés sont réunis par sous-secteur et triés selon la nomenclature reconnue au niveau européen présentée aux responsables lors des soirées de formation et comptabilisés. Les données sont alors saisies dans l'app Net'Léman par les responsables.

Le détail du protocole figure en annexe: [protocole](#).

4.3.3. Limite de l'approche méthodologique

La récolte des macroplastiques et leur identification étant à la charge des bénévoles, un certain biais observateur peut interférer dans les mesures. Ce biais n'est malheureusement pas mesurable.

Previous

< [3. Questions de recherche et hypothèses](#)

Next

[5. Résultats](#) >

Résultats

Contents

- 5.1. Microplastiques (300 µm à 5 mm)
- 5.2. Macroplastiques (> 2 mm)
- 5.3. Types de macroplastiques sur les plages du Léman

5.1. Microplastiques (300 µm à 5 mm)

Les échantillons microplastiques ont été prélevés sur une surface de 10 cm x 10 cm et sur 5 cm de profondeur. Cette profondeur correspond à la norme prise en compte dans les études sur la teneur en microplastiques.

5.1.1. Répartition des microplastiques sur les plages du Léman

En prenant la totalité des 217 échantillons analysés, les plages étudiées contiennent en moyenne 189 particules plastiques avec un écart-type de 278. Parmi ces échantillons, 3 se trouvent dans le 99ème percentile. Il s'agit d'un échantillon à la plage de la Pichette (VD) contenant 3143 particules et de deux à Port Choiseul (GE) contenant respectivement 1492 et 1076 particules. Pour la suite des analyses, ils n'ont donc pas été pris en compte.

Tableau 5.1 : Valeurs globales du nombre de pièces identifiées comme étant du plastique par échantillons (particules/100 cm²). La distinction est faite entre la prise en compte de l'ensemble des données et uniquement celles sous le 99ème percentile (3 données retirées).

5.1a : Ensemble des données

[Skip to main content](#)

Particules	
Min	19,00
25%	72,00
50%	126,00
75%	207,00
Max	3'143,00
Moyenne	189,67
Écart-type	278,69

5.1b : Données sous le 99ème percentile

Résultats	
Min	19
25%	71
50%	124
75%	197
Max	1'016
Moyenne	165
Écart-type	156

L'élimination du 99ème percentile n'a que peu d'impact sur la médiane (passage de 126 à 124 pièces par échantillon). En revanche, la moyenne passe de 189 à 165 et l'écart type de 278 à 156. L'élimination de ces trois données permet donc une plus grande robustesse et stabilité des données.

[Skip to main content](#)

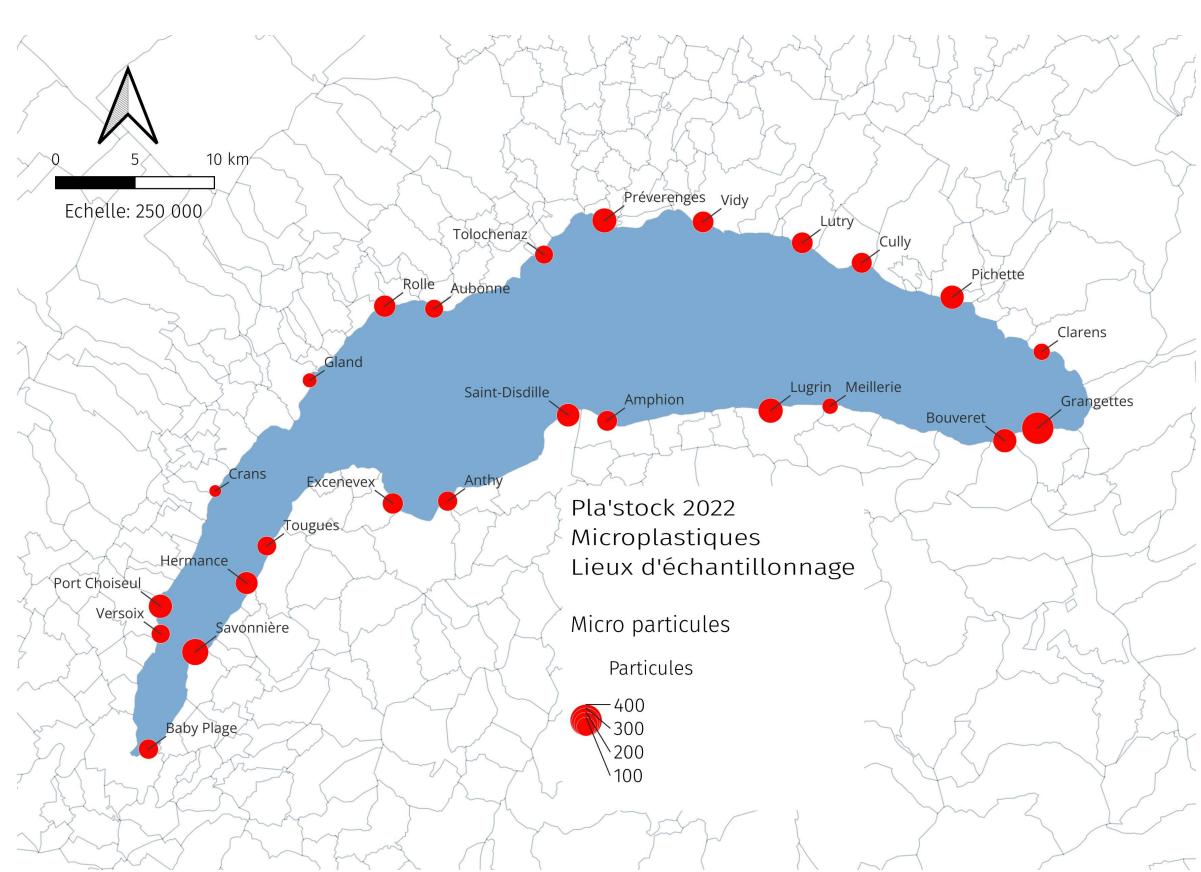


Figure 5.1 : Carte des résultats de l'étude. Densité moyenne de microplastiques par 100 cm² et par site d'échantillonnage.

5.1.2. Différence entre la ligne d'eau et la plage sèche

Les médianes et moyennes sont nettement plus élevées sur la plage sèche que sur la ligne d'eau. Cette différence peut s'expliquer par une accumulation possible sur la plage sèche (qui est immergée ponctuellement lors de crues du lac), alors que la ligne d'eau est en permanence soumise aux vagues qui amènent et reprennent les éléments au fil du temps.

Résultats par position

[Skip to main content](#)

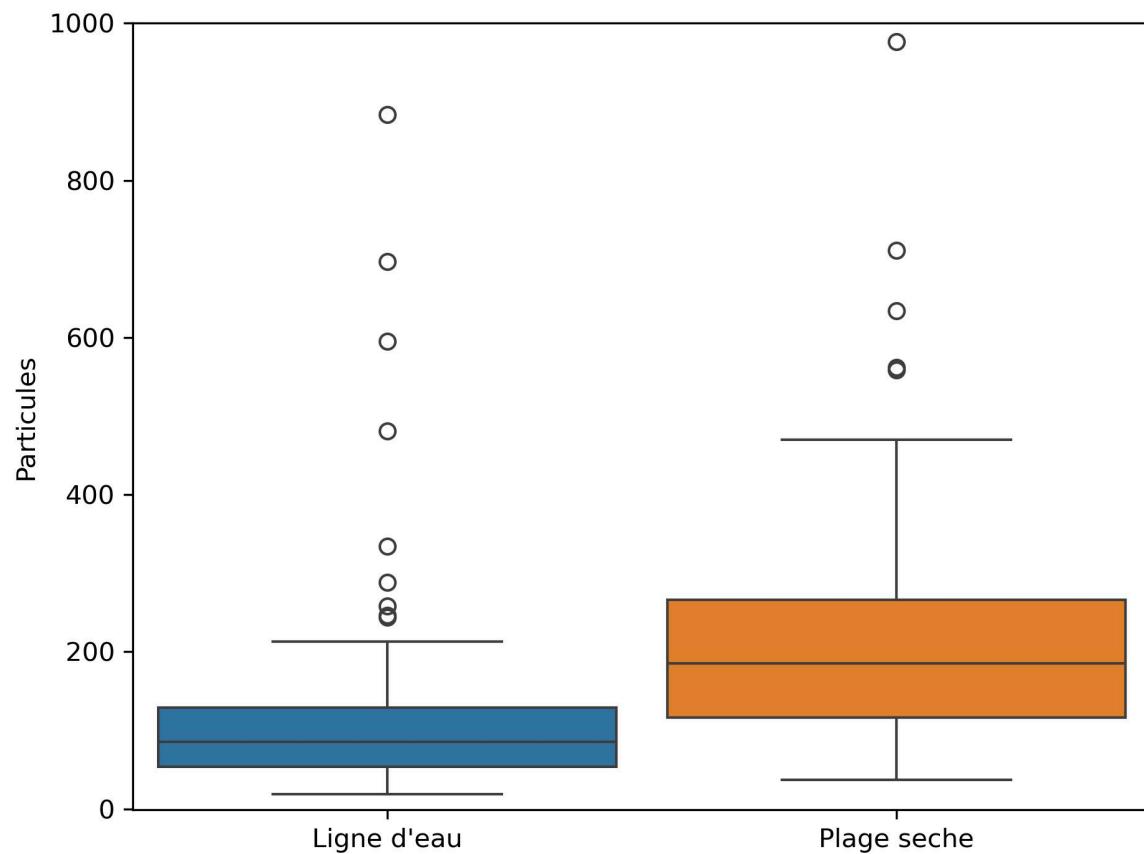


Figure 5.2 : Les abondances en nombre de particules par 100 cm² sont généralement plus faibles sur la ligne d'eau que sur la plage sèche. Plusieurs concentrations extrêmes ont été recensées lors de l'étude, aussi bien sur la ligne d'eau que sur la plage sèche. Les trois concentrations les plus élevées observées (99ème percentile) étaient sur la plage sèche.

Tableau 5.2 : Récapitulatif des échantillons en distinguant leur position (particules/100 cm²).

	Ligne d'eau	Plage sèche
Échantillons	111	99
Moyenne	116	219
Écart type	125	170
Min	19	37
25%	53	115
50%	85	179
75%	129	253
Max	884	1'016

[Skip to main content](#)

Pour la ligne d'eau, les abondances moyennes fluctuent entre 19 particules par échantillon à Crans et 884 particules par échantillon à Préverenges. Sur la plage sèche, les échantillons contiennent entre 37 particules à Clarens et 1'016 au Bouveret.

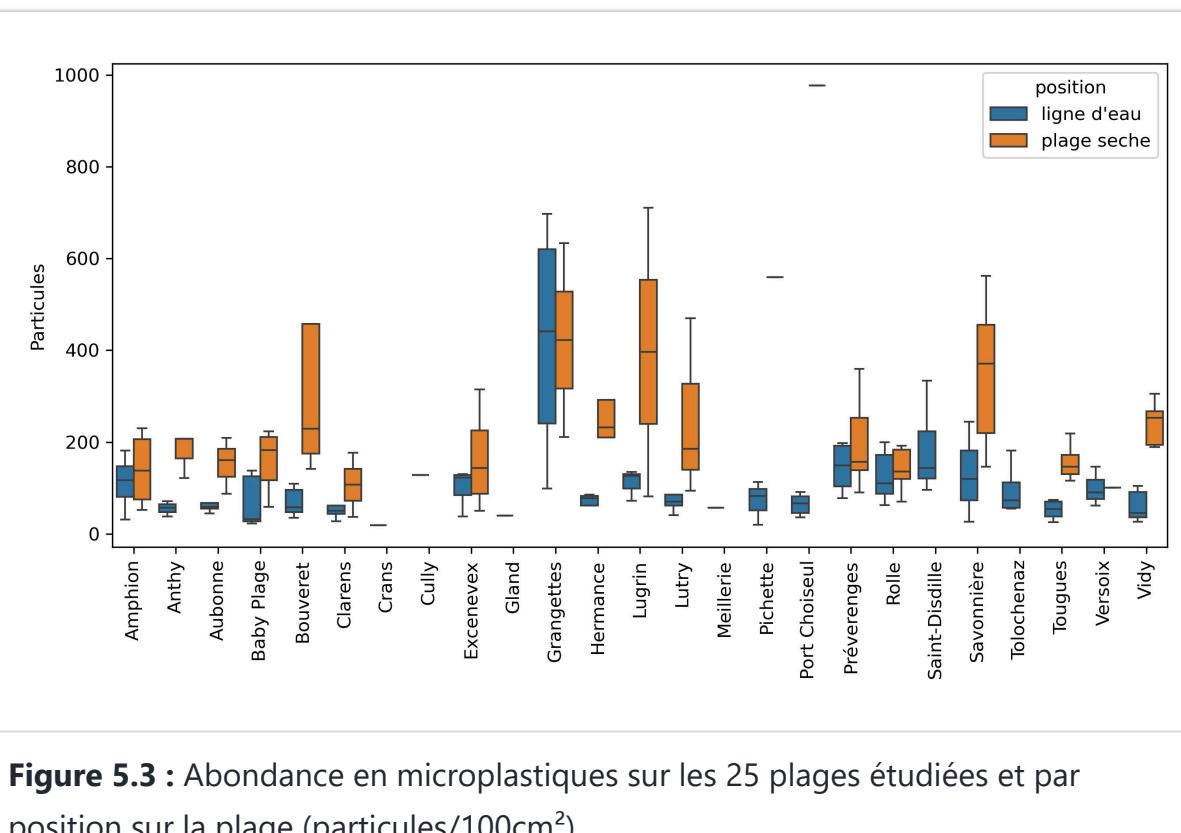


Figure 5.3 : Abondance en microplastiques sur les 25 plages étudiées et par position sur la plage (particules/100cm²).

Sur la ligne d'eau, les abondances recensées sur la plage de l'Empereur aux Grangettes sortent du lot avec une médiane dépassant les 400 particules par 100 cm², contre 85 particules/100 cm² pour la totalité des sites.

5.1.3. Identification des particules comptabilisées

Parmi les 39'000 particules comptabilisées, la majorité sont des fibres (75%). Ensuite viennent les fragments anguleux souple (10%) et durs (9%). Les mousses représentent 4% des particules et les films 2%. Seules quelques microbilles de plastiques ont été recensées.

[Skip to main content](#)

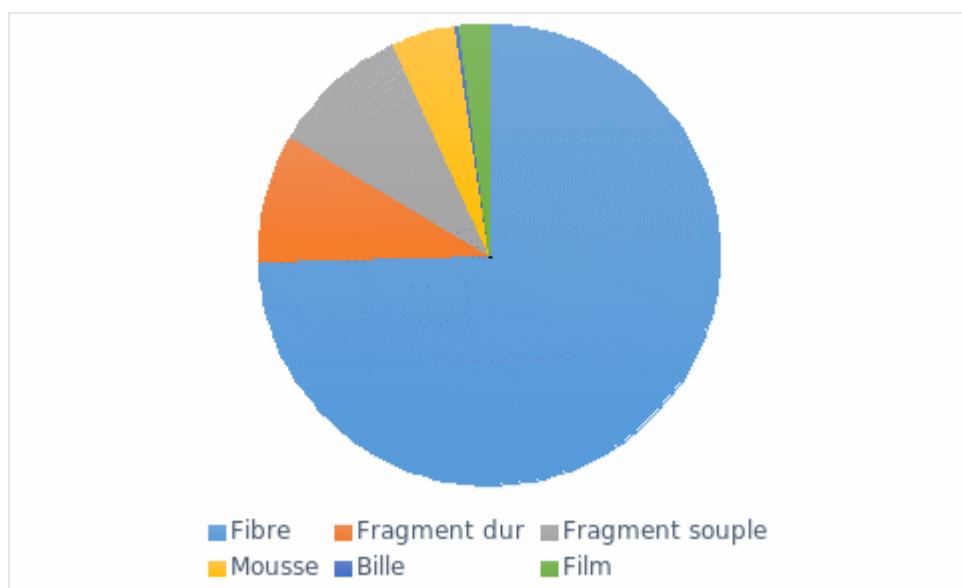


Fig 5.4 : Répartition globale des particules comptabilisées par forme. Les fibres dominent largement en terme d'abondance.

5.1.4. Caractérisation chimiques des particules

En parallèle à la comptabilisation, des caractérisations chimiques ont été effectuées dans le cadre de deux travaux de master à l'Université de Genève. Une première étude s'est concentrée sur 15 échantillons pour comptabiliser et caractériser les particules plastiques entre 500 µm et 5 mm et une autre a ciblé 5 échantillons pour y détecter les particules entre 63 µm et 500 µm. L'évolution des abondances par kg de substrat analysé est flagrante. En effet, plus la taille recherchée est petite, plus le nombre de particules est élevé.

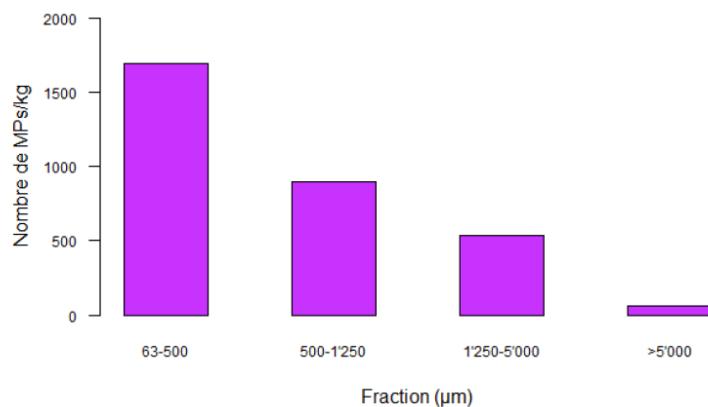


Figure 5.5 : Evolution des densités moyennes de plastiques par kg de substrat analysé (Uhlmann, 2023) et (Guignier, 2023).

[Skip to main content](#)

Au niveau de la caractérisation chimique, effectuée par FTIR-ATR, une grande variété de type de plastiques est observable entre les plages. Il est intéressant de voir que dans plusieurs échantillons, des particules de pneus ont été retrouvées. Le polyéthylène est le plastique qui se retrouve dans le plus grand nombre d'échantillons. Le polyester et le polystyrènes sont également présent dans un grand nombre de prélevements. Parmi les plus petites fractations, il est intéressant de constater la présence d'éthylène-acétate de vinyle (EVA) et d'alcool polyvinyle (PVA), deux types de plastiques décrits comme très soluble.

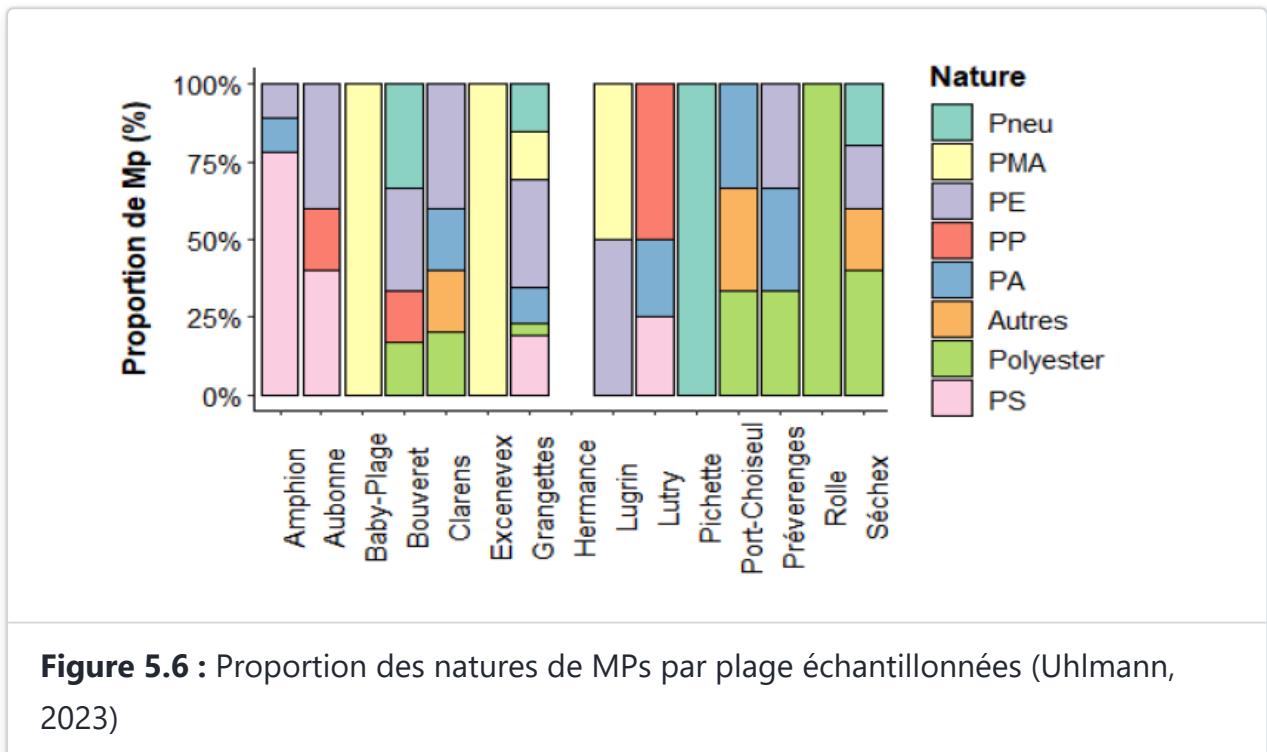


Figure 5.6 : Proportion des natures de MPs par plage échantillonnées (Uhlmann, 2023)

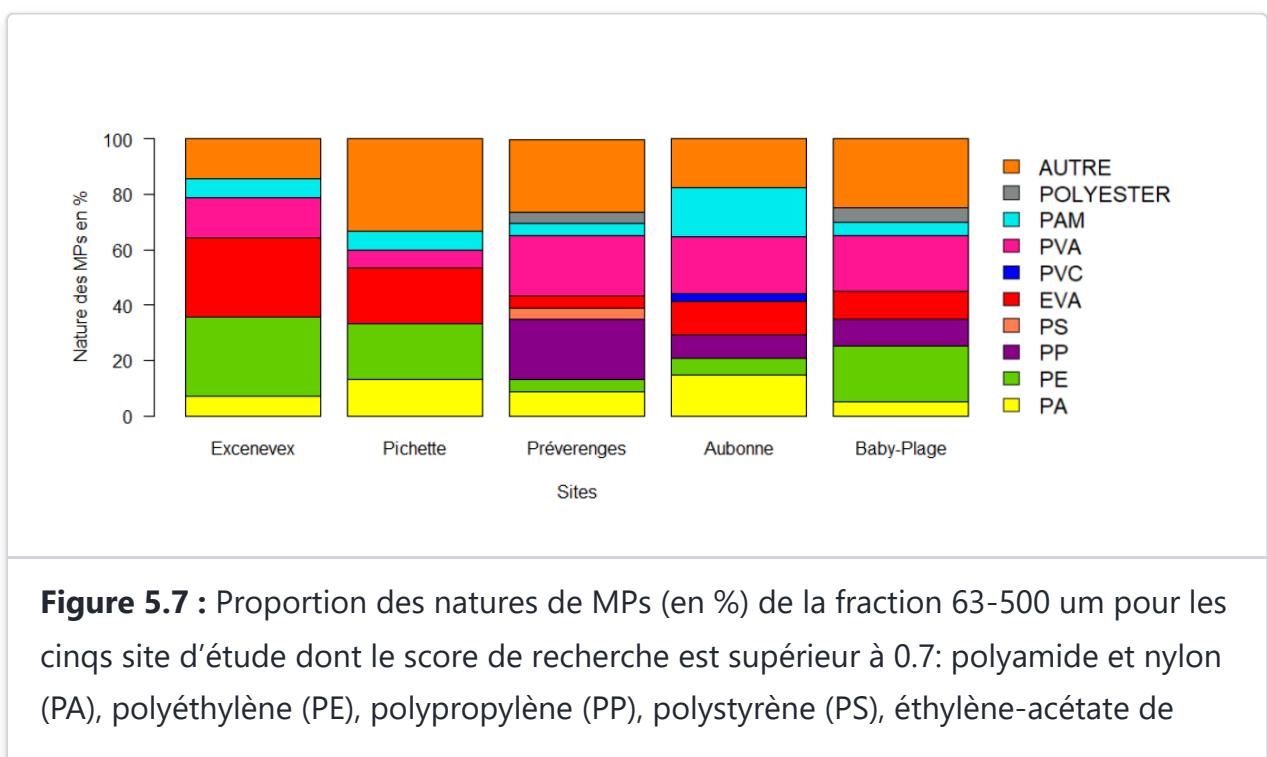


Figure 5.7 : Proportion des natures de MPs (en %) de la fraction 63-500 um pour les cinqs site d'étude dont le score de recherche est supérieur à 0.7: polyamide et nylon (PA), polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polystyrène (PS), éthylène-acétate de

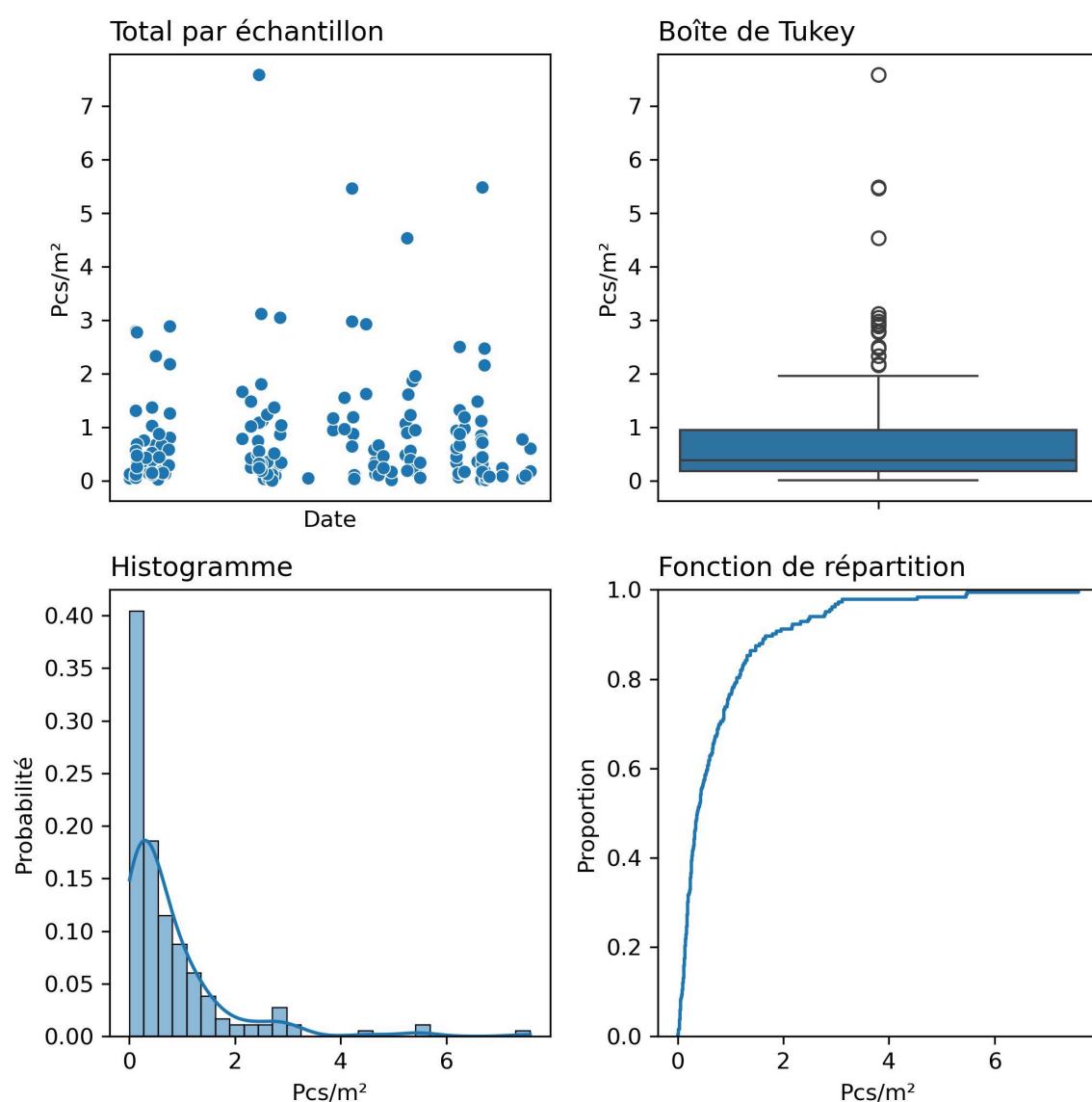
[Skip to main content](#)

vinyle (EVA), polychlorure de vinyle (PVC), alcool polyvinylique (PVA), polyacrylamide (PAM), polyester, autre. (Guignier, 2023)

5.2. Macroplastiques (> 2 mm)

5.2.1. Répartition des macroplastiques sur les plages du Léman

Au fil des quatre session d'échantillonnage sur les 25 plages sélectionnées, une moyenne de 0,77 pièce de plastique par m^2 a été retrouvée. Une concentration maximale de 7.6 pièces par m^2 a été inventoriée sur la plage du Bouveret.



[Skip to main content](#)

Figure 5.8 : Récapitulatif des quatre sessions d'échantillonnage. Les quatre passages se sont fait de manière répartie sur les quatre saisons. Les passages 3 et 4 ont été légèrement perturbé par les conditions météorologiques qui ont nécessité de décaler certains passages. La boîte de Tukey permet de constater la forte concentration des mesures entre 0.18 et 0.97 pièces par m² avec ponctuellement des échantillons présentant des abondances nettement plus élevées pouvant atteindre 7.6 pièces/m².

5.2.2. Différence entre la ligne d'eau et la plage sèche

Les résultats de la récolte de déchets sur les plages du Léman en 4 campagnes durant l'année 2022 sont exprimés en nombres de pièces par m² prospecté.

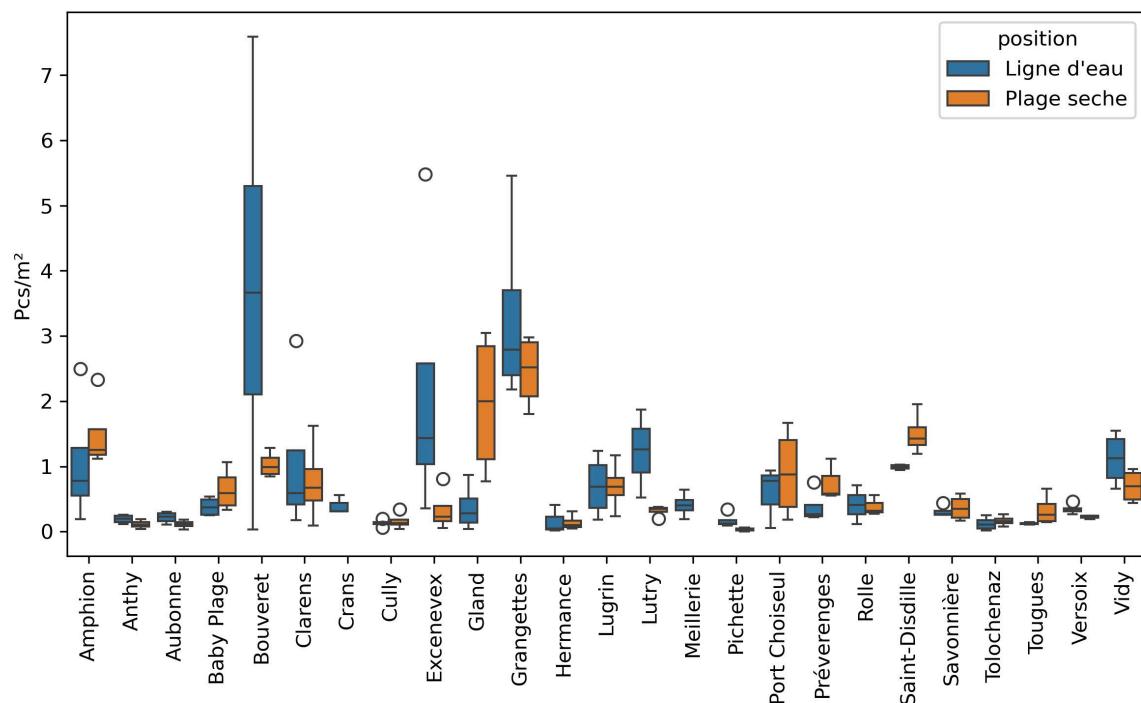


Figure 5.9 : Concentration des déchets récoltés sur chacune des 25 plages lémaniques étudiées en 2022.

Sur la ligne d'eau, l'abondance moyenne varie de 0.12 pièce/m² à Tolochenaz à 3.74 pièces/m² au Bouveret et sur la plage sèche, de 0.12 pièce/m² à Anthy-sur-Léman et Aubonne à 2,52 pièce/m² aux Grangettes. Globalement, la densité de déchets tend à être plus élevée sur la ligne de rive, sauf à Port-Choiseul et à Gland où les déchets sont plus

[Skip to main content](#)

A Excenevex en revanche, où la configuration du site présente une ligne d'eau très développée, l'abondance y est plus élevée que sur la plage. Dans ce cas notamment, l'intensité de l'entretien du site, très fréquenté, peut également influencer les quantités de plastiques retrouvées. Les résultats montrent bien les plastiques réellement présents sur les plages et non la totalité s'y déposant. En effet, les services communaux font déjà un grand travail de ramassage des grands macroplastiques, ce qu'indique le très faible nombre de bouteilles en PET retrouvées sur l'ensemble des passages (4).

Globalement, on constate que 7 sites sur les 25 sélectionnés ne contiennent que des quantités négligeables de plastiques, que ce soit sur la ligne d'eau ou sur la plage, 4 en accumulent beaucoup, 8 un peu moins et 6 relativement peu. Bref, la moitié des sites étudiés sont clairement impactés par des accumulations de macro-déchets de plastique. Ce sont pour la plupart des lieux plutôt étendus, fortement fréquentés et plus ou moins exposés aux courants, aux vents et aux vagues.

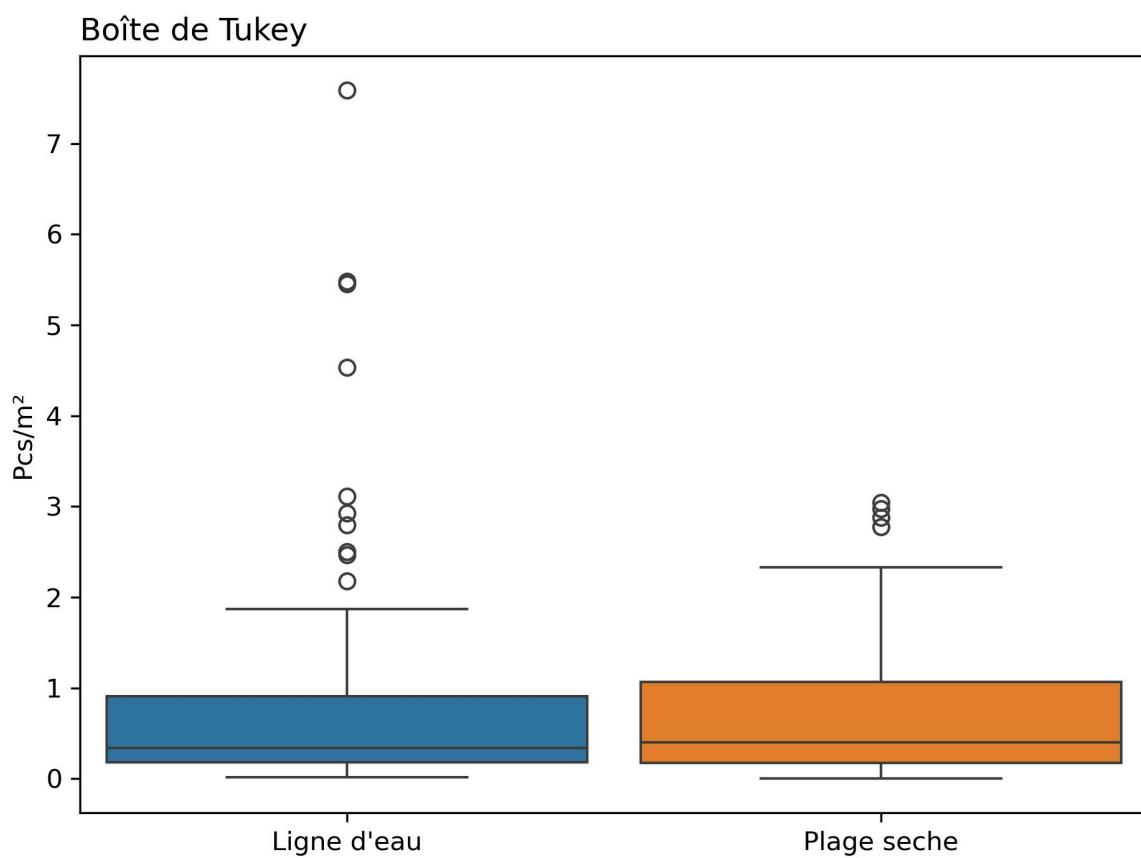


Figure 5.10 :Les boîtes de Tukey des positions (ligne d'eau et plage sèche) sont comparables avec toutefois une fréquence beaucoup plus élevées de valeurs extrêmes sur la ligne d'eau. Ceci s'explique par une plus grande dépendance des facteurs externes.

[Skip to main content](#)

Tableau 5.3 : Récapitulatif des échantillons en distinguant leur position. Les médianes sont comparables alors que la valeur maximale sur la ligne d'eau est plus de deux fois supérieure à celle de la plage sèche.

	Ligne d'eau	Plage seche
Moyenne	0,83	0,69
Écart type	1,26	0,73
Min	0,02	0,01
25%	0,18	0,17
50%	0,36	0,40
75%	0,91	1,07
Max	7,59	3,05

Les moyennes et médianes des relevés sur la plage sèche et sur la ligne d'eau sont comparables entre les secteurs. Pour autant, les moyennes sont près de deux fois plus élevées que les médianes ce qui montre la grande variabilité des échantillonnages avec la présence régulière d'abondance élevée. Il est toutefois intéressant de constater le nombre de valeurs extrêmes sur la ligne d'eau. La valeur maximum est d'ailleurs plus de deux fois plus élevée sur la ligne d'eau que sur la plage sèche. Ceci pourrait s'expliquer par une plus grande influence des facteurs environnementaux (vagues, courants, vents).

5.3. Types de macroplastiques sur les plages du Léman

Pour la suite des analyses, les résultats seront exprimés en nombre de pièces par mètre linéaire de plage afin d'avoir des points de comparaison avec d'autres études traitant des macroplastiques.

La valeur médiane du nombre de déchets par mètre (pcs/m) pour l'ensemble des 98 échantillons récoltés sur les 25 plages de l'étude à raison de 1 par saison est de 2, soit 200 déchets pour 100 mètres. Cependant, les taux attendus peuvent varier en fonction de l'urbanisation du site et de son environnement proche, de sa fréquentation et du type de substrat.

[Skip to main content](#)

5.3.1. Etude des principaux déchets récoltés

La nature des objets et des fragments de plastique les plus souvent recensés (au moins 1 fois sur 2) et en plus grand nombre a été déterminée et conduit à la sélection des 11 premières catégories de déchets les plus abondants. Celles-ci englobent 89% des macro-plastiques récoltés, à savoir 24'156 déchets sur les 27'493 recueillis. Les critères de sélection sont ainsi le nombre d'items de chaque catégorie et/ou une fréquence minimale de 50% de présence dans les échantillonnages. Le tableau 5.4 présente les différentes catégories de macro-plastiques retenues dans l'ordre d'abondance numérique avec mention de leur importance relative par rapport au nombre total de déchets et de leur fréquence d'échantillonage.

Tableau 5.4 Taux de récupération des 11 principales catégories déchets récoltés et valeur médiane de leur abondance autour du Léman. Le taux de récupération dans ce tableau correspond au pourcentage d'échantillons dans lequel l'objet a été retrouvé.

11 principales catégories déchets récoltés

	quantité	% du total	pcs/m	taux d'échec
Fragments de plastique: g80, g79, g78, g77, g76, g75	11'221	0,41	0,72	0,97
Mégots et filtres à cigarettes	3'089	0,11	0,15	0,79
Emballages de bonbons, de snacks	2'080	0,08	0,15	0,74
Fragments de plastique angulaires <5mm	1'926	0,07	0,00	0,41
Pellets industriels (gpi)	1'526	0,06	0,00	0,36
Fragments de polystyrène expansé: g81, g82, g83	1'399	0,05	0,07	0,72
Couvercles en plastique bouteille: g21, g22, g23, g24	1'070	0,04	0,04	0,65
Coton-tige	1'040	0,04	0,03	0,54
Mousse de plastique pour l'isolation thermique	406	0,01	0,00	0,38
Déchets de construction en plastique	380	0,01	0,00	0,24
Bâtonnets de sucette	379	0,01	0,02	0,54

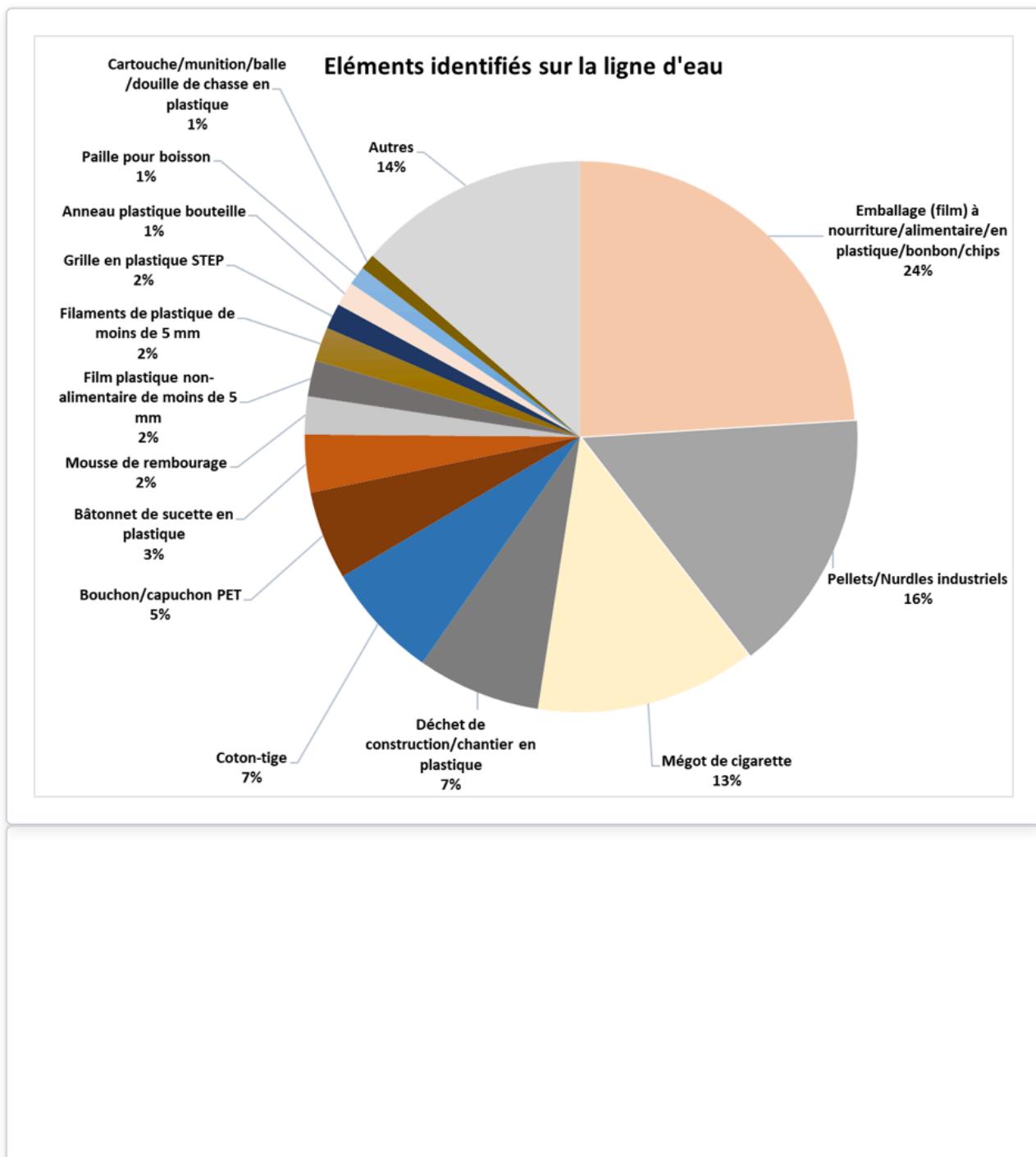
Les fragments de plastiques dont l'origine en tant qu'objet n'est pas identifiable constituent la large majorité des déchets récoltés et qu'ils sont retrouvés dans 97% des échantillons. Viennent ensuite divers objets d'usage courant et des matériaux plus ou moins fragmentés utilisés dans la construction, l'isolation, la confection, etc.

A noter le cas particulier des pellets industriels. Avec 1526 éléments récoltés, ce déchet arrive en 5ème place des déchets les plus abondants. Pour autant la valeur médiane sur l'ensemble

[Skip to main content](#)

Les fibres plastiques du béton projeté qui sont actuellement regroupées avec les déchets de construction (G89) pourraient à terme être recensées avec leur propre code. Elles représentent 125 des 380 éléments comptabilisés parmi les déchets de construction.

En s'intéressant de manière plus précises à la répartition des éléments identifiés sur la ligne d'eau et sur la plage sèche, il est intéressant de constater deux choses. Tout d'abord la forte présence des mégots sur la plage sèche et surtout la présence des coton-tiges, déchets de construction et pellets parmi les déchets les plus retrouvés sur la plage sèche. Ceci montre qu'il y a un réel cheminement des déchets entre le lac et les rives. Les grands macroplastiques étant ramassés régulièrement sur les plages, seul les plus petits déchets restent.



[Skip to main content](#)

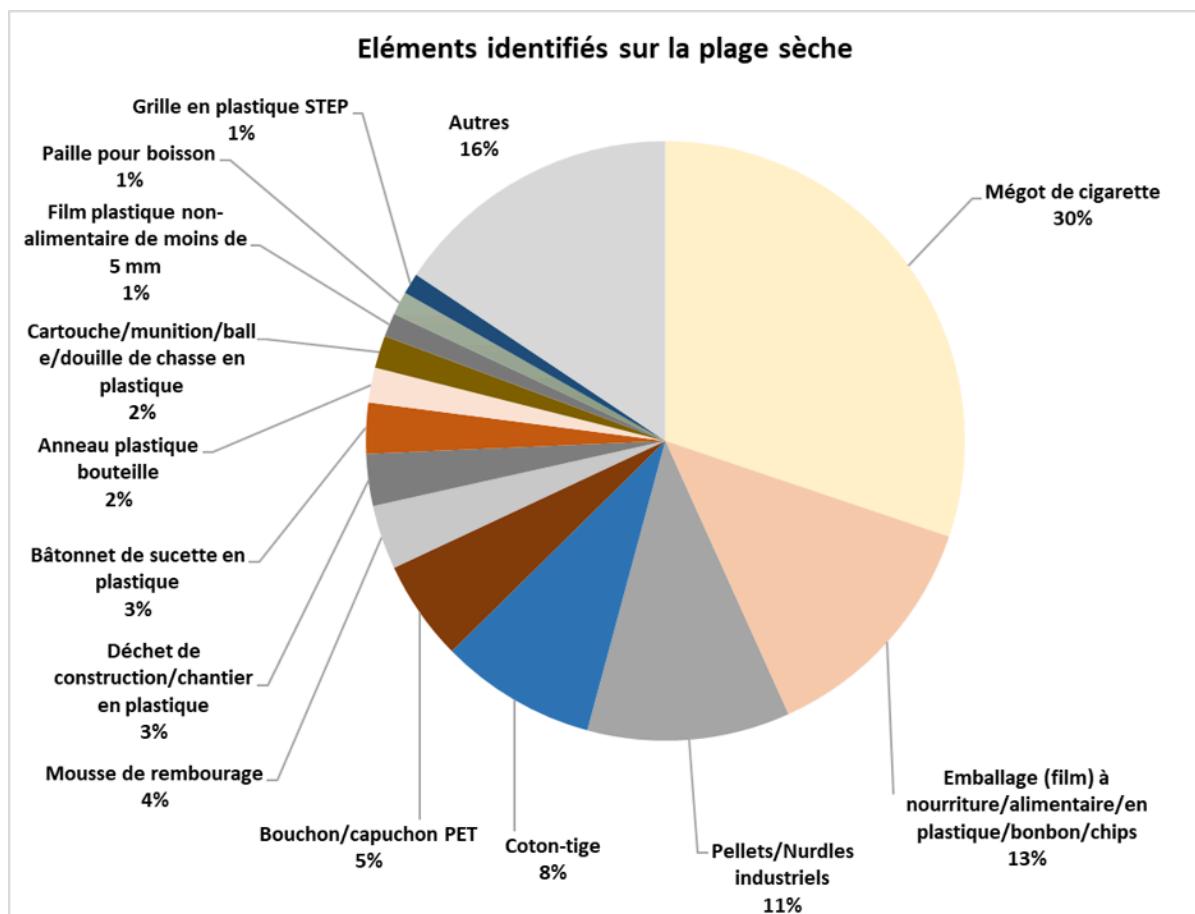


Figure 5.11 : Distinction entre les éléments identifiés sur la ligne d'eau et sur la plage sèche. Cette figure ne prend pas en compte les fragments plastique non identifiés qui représentent 52% des éléments retrouvés sur la plage sèche et 55% sur la ligne d'eau.

De fortes fluctuations sont visibles entre les plages. Sans surprise, les fragments de plastiques sont dominants sur la quasi-totalité des plages. Parmi les éléments identifiables, les emballages de nourritures et les mégots sont très souvent retrouvés. Il est également intéressant de se pencher sur certains déchets particuliers. Par exemple, les coton-tiges sont présents en grande quantité à Amphion, Clarens, au Bouveret et aux Grangettes, donc plutôt sur les haut et grand lacs. En reprenant l'exemple des pellets industriels, il est intéressant de noter leur distribution particulière. Préverenges, avec une médiane de 0,82 pellets par mètre de plage fait office d'exception autour du Léman. Les trois autres plages avec le plus de pellets sont le Bouveret (0,42 pièces/m), les Grangettes et Baby plage (chacune 0,27 pièces/m).

En s'intéressant aux différents sites, il est visible que les Grangettes et le Bouveret sont les sites où les déchets sont les plus abondants, et ce pour la plupart des objets. A l'inverse, la plage d'Excenevex, qui fait également partie des plages avec les plus grandes concentrations

[Skip to main content](#)

	Amphion	Anthy	Aubonne	Bouveret	Clarens	Crans	Cully
Fragments plastique < 5mm	0,00	0,00	0,03	0,68	0,00	0,00	0,00
Pellets industriels (gpi)	0,00	0,01	0,00	0,42	0,02	0,00	0,00
Mégots et filtres à cigarettes	0,13	0,06	0,19	0,43	1,19	0,00	0,06
Emballages de bonbons	0,43	0,00	0,08	0,43	0,24	0,05	0,00
Bâtonnets de sucette	0,12	0,01	0,01	0,15	0,05	0,00	0,00
Mousse pour l'isolation	0,02	0,00	0,00	0,02	0,31	0,00	0,00
Déchets de construction	0,00	0,00	0,00	0,49	0,02	0,00	0,00
Coton-tige	0,70	0,02	0,00	0,19	0,27	0,00	0,00
Couvercles en plastique	0,65	0,00	0,07	0,41	0,05	0,00	0,06
Fragments de polystyrène	0,45	0,01	0,03	0,30	0,21	0,00	0,00
Fragments de plastique > 5 mm	2,82	0,30	0,24	2,18	1,34	0,14	0,14

Figure 5.12 Valeur médiane des abondances recensées sur les plages du Léman en nombre de pièces par mètre linéaire. Cette figure permet de faire ressortir les cas particulier tels que les coton-tiges aux Grangettes ou les déchets de constructions au Bouveret.

	Lugrin	Lutry	Meillerie	Préverenges	Rolle	Saint-Disdille	Savon
Fragments plastique < 5 mm	0,00	0,00	0,04	0,00	0,61	0,02	0,00
Pellets industriels (gpi)	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00
Mégots et filtres à cigarettes	0,09	0,00	0,08	0,42	0,66	0,34	0,19
Emballages de bonbons	0,31	0,05	0,00	0,26	0,21	0,62	0,29
Bâtonnets de sucette	0,02	0,25	0,00	0,01	0,01	0,08	0,07
Mousse pour l'isolation	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00
Déchets de construction	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Coton-tige	0,14	0,00	0,02	0,06	0,00	0,23	0,15
Couvercles en plastique	0,07	0,04	0,00	0,03	0,01	0,31	0,14
Fragments de polystyrène	0,46	0,09	0,20	0,18	0,16	0,15	0,02
Fragments de plastique > 5 mm	0,49	1,72	0,18	2,40	1,15	1,95	0,78

Figure 5.13 Valeur médiane des abondances recensées sur les plages du Léman en nombre de pièces par mètre linéaire. Cette figure permet de faire ressortir les cas particulier tels que les pellets industriels à Préverenges ou les mégots à Vidy.

Conclusion

Contents

- 6.1. Microplastiques
- 6.2. Macroplastiques
- 6.3. Stock de plastiques sur les plages du Léman
- 6.4. Prédiction des abondances
- 6.5. Discussion générale

6.1. Microplastiques

Les résultats obtenu montrent une abondance en microplastiques de $16'500 \pm 15'600$ par m^2 . Ce chiffre, issu des comptabilisations effectuées à la loupe binoculaire, peut être pondéré en se basant sur une études réalisée en Méditerranée. En effet, Constant et al, ([Constant 2019](#)), ont déterminé des pourcentages d'identification des différentes particules. Les fibres y sont identifiées comme étant bien du plastiques dans 37% des cas, les fragment à 50%, les mousses à 81% et les films à 67%. En appliquant cette pondération aux données du projet Pla'stock, la contamination réelle en plastique serait de $7'200 \pm 6'800$ particules par m^2 .

Avec le tableau ci-dessous, il est visible que les abondances mesurées dans le cadre de l'étude Pla'stock ($16'500 \pm 15'600$) sont largement supérieures à la moyenne mesurée en 2014 sur le Léman et les autre lac Suisse. La comparaison avec la Méditerranée est encore plus flagrante.

Tableau 6.1 : Comparaison avec d'autres études ayant comptabilisé des microplastiques sur les plages (particules/ m^2).

[Skip to main content](#)

Auteurs	Lieu	Taille échantillonnée en mm	Moyenne particule/m ²	Ecart type	Médiane	Min	Max
	Léman	0,3-5	2100	2000 1700	78	5000	
	Lacs suisses	0,3-5	1300	2000 270	20	7200	
	Constance	0,3-5	320	220 260	140	620	
De Alencastro et Faure 2014	Neuchâtel	0,3-5	700	1100 220	67	2300	
	Majeur	0,3-5	1100	2300 180	20	6900	
	Zurich	0,3-5	460	350 480	89	800	
	Brienz	0,3-5	2500	3000 1200	89	7200	
Frei 2021	Lugano	0,3-5	9044	14494 -	733	45600	
	Golf du Lion 1	0,063-5	1100	1629 -	145	4653	
Constant et al. 2019	Golf du Lion 2	0,063-5	731	528 -	298	2258	
	Golf du Lion 3	0,063-5	254	141 -	92	567	
	Golf du Lion 4	0,063-5	290	292 -	117	1152	

6.2. Macroplastiques

Pour extrapolier à l'ensemble des plages du Léman, la longueur a été estimée sur la base d'orthophotos et en se référant à la liste des plages de la CIPEL. Sur les 12'688 m de plages publiques, en extrapolant la moyenne de 3,42 pièces par mètre recensés dans le cadre du projet Pla'stock, il y aurait 43'392 morceaux de plastiques sur les plages publiques du Léman, ref : [méthode](#).

Les résultats de Pla'stock suggèrent que les quantités de certains déchets sauvages sont en baisse. Dans l'ensemble, l'étude fait état d'une valeur médiane de 2 pièces/mètre contre 3,7 à 4,4 pièces/mètre dans le passé. Cette réduction est conforme aux conclusions de 2020 - 2021 mais plus importante que prévue ([SLR-IQAASL](#)). À noter que l'effort de collecte adopté par les première et troisième études est comparable à celui consenti par Pla'stock.

Tableau 6.2 : Résultats précédents, comparaison des résultats des campagnes de collecte de déchets sauvages au bord du Léman entre 2015 et 2022, déchets par mètre de rivage, nombre d'échantillons et nombre total de déchets récoltés.

[Skip to main content](#)

	MCBP	SLR	IQAASL	Solid-Waste-Team	Pla'stock
Min	0,38	0,05	0,16	1,02	0,10
25%	2,50	1,36	1,81	4,76	0,78
50%	4,39	4,40	3,73	7,97	2,00
75%	8,16	8,42	7,29	13,28	4,57
Max	47,37	37,59	59,99	66,03	18,26
Moyenne	7,51	6,56	7,21	13,10	3,42
Écart-type	8,75	7,76	10,47	16,02	3,66
Échantillons	91	44	93	20	98
Total	28'645	8'864	21'839	8'173	27'493

Les déchets dont la concentration sur les plages a le plus fortement diminué sont ceux liés à la consommation personnelle (mégots de cigarettes, emballages de snacks et bouchons de bouteilles en plastique). La diminution marquée de la densité de cotons-tiges en plastique (0,03 pièces/mètre contre 0,13 pièces/mètre) pourrait être attribuée à l'interdiction de la vente de ces articles en France.

6.3. Stock de plastiques sur les plages du Léman

Pour extrapoler à l'ensemble des plages du Léman, la superficie a été estimée sur la base d'orthophotos et en se référant à la liste des plages de la CIPEL. Cette liste a été adaptée car certaines plages sont uniquement des espaces de baignade dépourvues de grèves "naturelles" (enrochements, dalles en pierres ou en béton, etc.). De plus, trois plages faisant partie de l'étude ont été rajoutées à la liste globale. Il s'agit d'une plage semi-privée à Crans, de la plage de la Pichette sur la commune de Corseaux et de la plage de l'Empereur à Noville (Grangettes). Au total, la superficie des 90 plages retenues correspond à 68'399 m² pour un linéaire de 12'688 m.

Selon cette estimation, la contamination plastique s'élève à 524'346'734 particules sur les plages du Léman en se basant sur la moyenne pondérée et 1'232'071'187 sans pondération, ref : [méthode](#).

Pour les macroplastiques, sur les 12'688 m de plages publiques, en extrapolant la moyenne de 3,42 pièces par mètre recensée dans le cadre du projet Pla'stock, il y aurait 43'392 morceaux de plastiques sur les plages publiques du Léman, ref : [méthode](#).

[Skip to main content](#)

6.4. Prédition des abondances

6.4.1. Microplastiques

Les prédictions d'abondances sur les plages du Léman permettent de visualiser ce qu'il est censé y avoir sur les plages en fonction des observations réalisées en 2021. **Méthode :** [Grid approximation](#)

Distribution des particules attendues par échantillon en fonction du substrat.

Sable			Graviers		
	observée	prédition		observée	prédition
1%	23.76	2.99	1%	24.20	2.99
25%	84.50	50.75	25%	62.00	49.75
50%	136.00	91.50	50%	89.00	86.00
75%	212.00	235.75	75%	158.00	227.50
99%	812.94	912.69	99%	790.80	940.20
Moyenne	177.16	173.92	Moyenne	141.73	187.69

Distribution des particules attendues par échantillon en fonction de la position.

Sur la base des différentes sessions d'échantillonnage de ces dernières années, il est possible de prédire les abondances qui seront retrouvées sur les plages du Léman.

Ligne d'eau			Plage seche		
	observée	prédition		observée	prédition
1%	20.30	0.00	1%	49.74	4.98
25%	53.50	22.75	25%	115.50	73.50
50%	85.00	52.00	50%	179.00	158.00
75%	129.00	89.00	75%	253.00	362.00
99%	686.80	910.01	99%	977.78	866.51
Moyenne	116.84	104.30	Moyenne	219.38	241.64

[Skip to main content](#)

6.4.2. Macroplastiques

Sur la base des différentes sessions d'échantillonnage de ces dernières années, il est possible de prédire les abondances qui seront retrouvées sur les plages du Léman, ref: [Analyse et inference](#).

Tableau 6.3 : Prédiction du nombre de pièce par mètre linéaire.

	moyenne	écart-type	min	25%	50%	75%	max
Haut lac	3.24	3.20	0.00	0.81	2.24	4.68	16.49
Grand lac	2.10	2.23	0.00	0.64	1.45	2.75	14.71
Petit lac	1.22	1.58	0.00	0.29	0.75	1.44	13.30

6.5. Discussion générale

En conclusion de cette étude, une grande disparité d'abondance est observable entre les différentes plages, tant pour les micro que pour les macroplastiques. Une étude similaire à l'échelle de chaque plage révélerait probablement une même hétérogénéité, compte tenu de l'importance des zones d'accumulation. Parmi les variables testées, bien que des variations soient observables, aucune ne se démarque comme déterminante de la pollution plastique. Cependant, une plage de sable, à proximité d'un parking et très fréquentée, risque d'être plus fortement impactée qu'une plage de galets isolé. Entre la ligne d'eau et la plage sèche, il semblerait qu'il y ait une accumulation sur la plage sèche. Ceci pourrait s'expliquer par un dépôt des plastiques lors de forts vents du large et qui sont ensuite stocker dans le substrat. A l'inverse, la ligne d'eau est continuellement exposée à la dynamique lacustre et les abondances peuvent fortement varier en fonction des vents récents. Le fait que pour les macroplastiques il n'y ait pas de variations visibles entre la ligne d'eau et la plage sèche peut s'expliquer par la fréquence des nettoyages effectués par les services communaux. Le mouvement entre le lac et les rives est tout de même visible par les types de déchets retrouvés sur la plage sèche (coton-tiges, pellets, déchets de construction).

Les comparaisons avec des études antérieures montrent une nette augmentation des concentrations en microplastiques depuis l'étude de De Alencastro et Faure en 2014. En revanche, les abondances en macroplastiques tendent à diminuer légèrement. Cette évolution sera intéressante à suivre lors de futures études. Concernant les microplastiques identifiés, les fibres anthropiques sont largement dominantes, ce qui démontre le rôle important de l'abrasion des textiles dans l'introduction de microplastiques dans l'environnement.

[Skip to main content](#)

Pour ce qui est des macroplastiques, il convient de noter l'importance de la fragmentation observée sur les déchets récupérés. En effet, plus de la moitié des objets triés n'étaient plus identifiables. Parmi les éléments les plus fréquemment rencontrés, on retrouve les mégots, les emballages alimentaires et les étiquettes. Des tests sur les apports des principaux cours d'eau sont en cours dans le cadre d'un travail de master avec l'UNIGE. Il serait également intéressant de pouvoir étudier l'influence des vents et des courants sur la distribution des plastiques autour du lac. L'exemple des Grangettes et du Bouveret, où l'effet combiné de la proximité du Rhône et des contre-courants ramenant les déchets vers les rives, illustre bien l'influence que peuvent avoir ces variables.

Par ailleurs, grâce aux différents déchets identifiés sur les plages du Léman, des mesures politiques pourraient être mises en place pour réduire, voire supprimer, l'arrivée de certains déchets dont le cheminement dans l'environnement est connu.

< Previous
[5. Résultats](#)

Next
[Méthodes détaillées pour l'échantillonage](#) >