



Pollution plastique

Le lac de Serre-Ponçon (Hautes-Alpes)



© LPO



© L. Frère

Rapport scientifique

Juin 2022

Expédition MED est une association rassemblant un collectif de scientifiques, d'environnementalistes et de citoyens européens qui, depuis 2009, réalise des programmes de recherches scientifiques et participatifs en Méditerranée tout en menant également des actions pour la mise en place de solutions durables pour lutter contre la pollution par les matières plastiques. Elle initie également des campagnes de sensibilisation avec la réalisation d'expositions pédagogiques et scientifiques itinérantes sur cette pollution.

Depuis sa création en 1912, la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO) œuvre au quotidien pour la protection de la biodiversité, en menant trois grandes missions : la connaissance et la conservation de la faune sauvage ; la préservation et la gestion des espaces naturels ; l'éducation à l'environnement et la mobilisation de la société. Le groupe Écrins-Embrunais est né en 2013. Certains membres sont néophytes, d'autres ont des connaissances ornithologiques avancées. En plus des activités classiques de la LPO, le groupe Écrins-Embrunais s'efforce également d'informer sur la problématique des déchets plastiques par la diffusion de diverses publications, expositions, interventions en milieu scolaire et articles de presse. Sous la houlette du groupe LPO Écrins-Embrunais plus de 150 personnes ont participé au moins une fois, depuis 5 ans, à des ramassages de déchets dans le lac de Serre-Ponçon, sous la direction de Jean-Paul Coulomb (bénévole LPO PACA).

L'étude de la composition moléculaire des particules collectées présentées dans ce rapport a pu être réalisée grâce à la collaboration avec la société Metrohm France. Mathieu Jourdain, chef produits spectroscopie chez Metrohm et sa collègue Samar Daoud nous ont gracieusement prêté un spectromètre Raman afin de mener à bien notre étude sur la contamination du Lac de Serre-Ponçon par les déchets plastiques.

La caractérisation des déchets présents dans le mètre carré et l'analyse moléculaire de ces derniers par spectrométrie Raman ont été réalisés par Nicolas Gosset (volontaire en Service Civique chez Expédition MED en 2021 et actuellement en doctorat à l'Université Arctique de Norvège), sous la supervision scientifique de Laura Frère (chercheuse indépendante) et avec l'encadrement de Bruno Dumontet (Expédition MED), initiateur de l'étude.

Les résultats présentés dans ce rapport scientifique sont le fruit de la collaboration entre Expédition MED, la LPO et Metrohm.



SOMMAIRE

1. Introduction	7
2. Matériel et méthode	10
2.1. Zone d'étude	10
2.2. Echantillonnage	10
2.3. Extraction des plastiques	12
2.4. Spectrométrie Raman	13
3. Résultats	14
3.1. Extraction des potentiels plastiques	14
3.1.1. Catégories de plastiques identifiées dans les 14 kg	14
3.1.2. Quantité, type et taille des particules extraites	16
3.2. Identification des plastiques	17
4. Discussion	19
4.1. Extrapolation	19
4.1.1. À l'échelle du mètre carré	19
4.1.2. À l'échelle du site d'étude (60 m ₂)	19
4.1.3. Contamination globale	19
4.2. Sous-estimation évidente	20
5. Pour aller plus loin	21
6. Nos partenaires	23





Figure 1 - Localisation géographique du lac de Serre-Ponçon



1. Introduction

Le lac de Serre Ponçon (figure 1) est un lac artificiel qui constitue le réceptacle d'un vaste entonnoir montagneux. En Haute-Durance, à la fonte des neiges ou lors de fortes pluies, tout ce qui flotte et qui traîne dans la nature, au bord des routes ou dans les rues, est susceptible d'être transporté jusqu'au lac par les canaux, les torrents ou les collecteurs d'eaux pluviales.

Le cours normal de la Durance est bloqué par un barrage infranchissable par les corps flottants. Ceux-ci restent en surface mais ne se répartissent pas de façon homogène le long des 90 km de berges du lac. Le vent dominant les concentre progressivement dans la partie amont de la retenue où l'on a affaire à un mélange de bois flotté et de déchets plastiques. L'effet mécanique du vent sur cet assemblage a pour effet de briser le plastique en morceaux de plus en plus petits jusqu'à obtenir des microplastiques qui s'accumulent dans les sédiments ou l'humus. Certains endroits sont particulièrement touchés par ce phénomène. C'est le cas de l'Espace Naturel Sensible du Liou où le groupe LPO Écrins-Embrunais a réalisé le prélèvement d'un mètre carré d'humus afin qu'Expédition MED y analyse la contamination en déchets plastiques, allant même jusqu'aux microplastiques. Les résultats seront présentés dans la suite de ce rapport. C'est là que nous avons fait le prélèvement en question.

Plus de 60 000 litres de plastique et déchets divers, les dizaines de milliers de biomédias lâchés dans les cours d'eau par deux stations d'épuration, plusieurs centaines de pneus, des restes d'embarcations, tel est le bilan jamais définitif des ramassages effectués dans la retenue de Serre-Ponçon depuis janvier 2017 par des bénévoles et sympathisants du groupe LPO Écrins-Embrunais.



Que trouve-t-on dans le lac ?

Du **polystyrène** : il y en a partout et beaucoup ! Il se déplace facilement sur le lac (flottabilité, prise au vent), gagne les rives et se faufile sous le couvert végétal. Fragile, ce matériau est un fléau pour l'environnement. Il s'érode sous forme de boulettes puis de particules de quelques millimètres quasi impossibles à ramasser.

Des **sacs en plastique** : un morceau de feuille de plastique dépasse du sable ou de la vase : Tirez, c'est gagné ! Ce geste a été répété des centaines de fois. La surface du lac était truffée de sacs de toutes dimensions. Mais allez donc savoir ce qui reste enfoui en profondeur...

Plus de 5 000 disques bien mystérieux : ce sont des **BioChips**, supports bactériens provenant d'une station d'épuration du Queyras. Suite à un incident survenu en 2016, ils ont rejoint le Guil, sauté le barrage de Maison du Roy et se sont éparpillés dans le lac. On en trouve toujours dans la couche superficielle des sédiments.

Des **briquets jetables** : trouvés par centaines, flottant la tête en bas. Nota Bene : Curieusement, on trouve peu de mégots dans le lac, mais en France 30 milliards seraient jetés annuellement dans la Nature. Fumer tue, fumer pollue !

Des centaines d'objets que vous ne connaissez peut-être pas : des **bourres à jupe plastique**, autrement dit la pièce intérieure des cartouches de chasse. 200 millions de cartouches sont tirées en France chaque année. En poids de plastique, les bourres perdues sont l'équivalent de 22 millions de bouteilles de 1,5 litre vides.



(Document extrait du rapport : Serre-Ponçon Haute Durance, Nouvelle du plastique, LPO, 2019)



Mais aussi...



bidons, innombrables flacons de produits ménagers, bouteilles en verre ou en plastique, gobelets à usage unique, cotons tiges, bouchons en tout genre, chaussures de sport, tongs, morceaux de canalisation PVC, gaines de chantier, matériel de signalisation routière, balles de golf ou de tennis...

... une grande quantité de morceaux de plastique non identifiables et des microplastiques. Nous utilisons tous les jours des objets en matières plastiques issues de la chimie du pétrole. Ils ne sont pas biodégradables mais disparaissent à la vue au bout d'un temps souvent très long. Sous l'action des ultra-violets, du vent, du gel, de la pluie, des chocs, ils se fragmentent en éléments toujours plus petits mais cela reste toujours du plastique. En dessous de cinq millimètres, on parle de microplastiques capables de pénétrer dans la chaîne alimentaire et atterrir dans nos assiettes.

Au cœur de l'hiver, après une forte baisse du niveau du lac, il y eut la découverte inattendue de plusieurs amas de pneus — 500 au total — le plus souvent enfouis dans la vase. Ces pneus étaient manifestement présents depuis plusieurs années, voire plusieurs décennies...

... comme ce fourgon, mal garé, au fond du Port du Barnafret à Savines-le-Lac.

(Document extrait du rapport : Serre-Ponçon Haute Durance, Nouvelle du plastique, LPO, 2019)



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ
Provence-Alpes-Côte d'Azur



2. Matériel et méthode

2.1. Zone d'étude

La zone de prélèvement du mètre carré se situe dans l'Espace Naturel Sensible du Liou du lac de Serre-Ponçon (figure 2). Sous l'effet des vents dominants, cette zone concentre l'essentiel du bois et des déchets flottants. Le vent thermique se lève en cours de matinée et remonte la vallée depuis l'aval vers la partie amont du lac. Ce vent est très régulier dans ses horaires, et sa vitesse est nettement accélérée dans une étroiture de la vallée par effet Venturi.



Figure 2 - Localisation du site de prélèvement du m₂

2.2. Echantillonnage

Le prélèvement du mètre carré (figure 3) a été réalisé par des adhérents ou sympathisants du groupe LPO Écrins-Embrunais et observateurs attentifs de la nature : Paul Sarlin (ornithologue), Henry Rippert (ornithologue), Pierre Girard (botaniste) et Jean-Paul Coulomb (bénévole LPO PACA). Cette opération, pilotée par Jean-Paul Coulomb, s'est déroulée le 13 mai 2019.

Afin d'étudier les déchets enfouis dans l'humus, les macros déchets et les petits morceaux de bois flottés présents en surface ont été retirés, puis l'humus a été prélevé jusqu'à trouver un terrain visuellement exempt de plastique. 14 kg d'humus ont été prélevés sur 1 m₂ sur une profondeur de 10 à 15 cm.



Figure 3 - Berge du lac de Serre-Ponçon, prélèvement du m₂

2.3. Extraction des plastiques

Un sous-échantillon d'humus du mètre carré a été prélevé pour l'analyse des déchets plastiques. Pour cela, 2 kg ont été échantillonnés parmi les 14 kg prélevés au niveau du lac de Serre-Ponçon. Les deux kilogrammes d'humus ont été passés à travers une colonne de tamis de 5 mm, 2,5 mm, 1 mm et 0,2 mm (figure 4). La fraction < 1 mm a été analysé au 1/16^{ème} (figure 4).

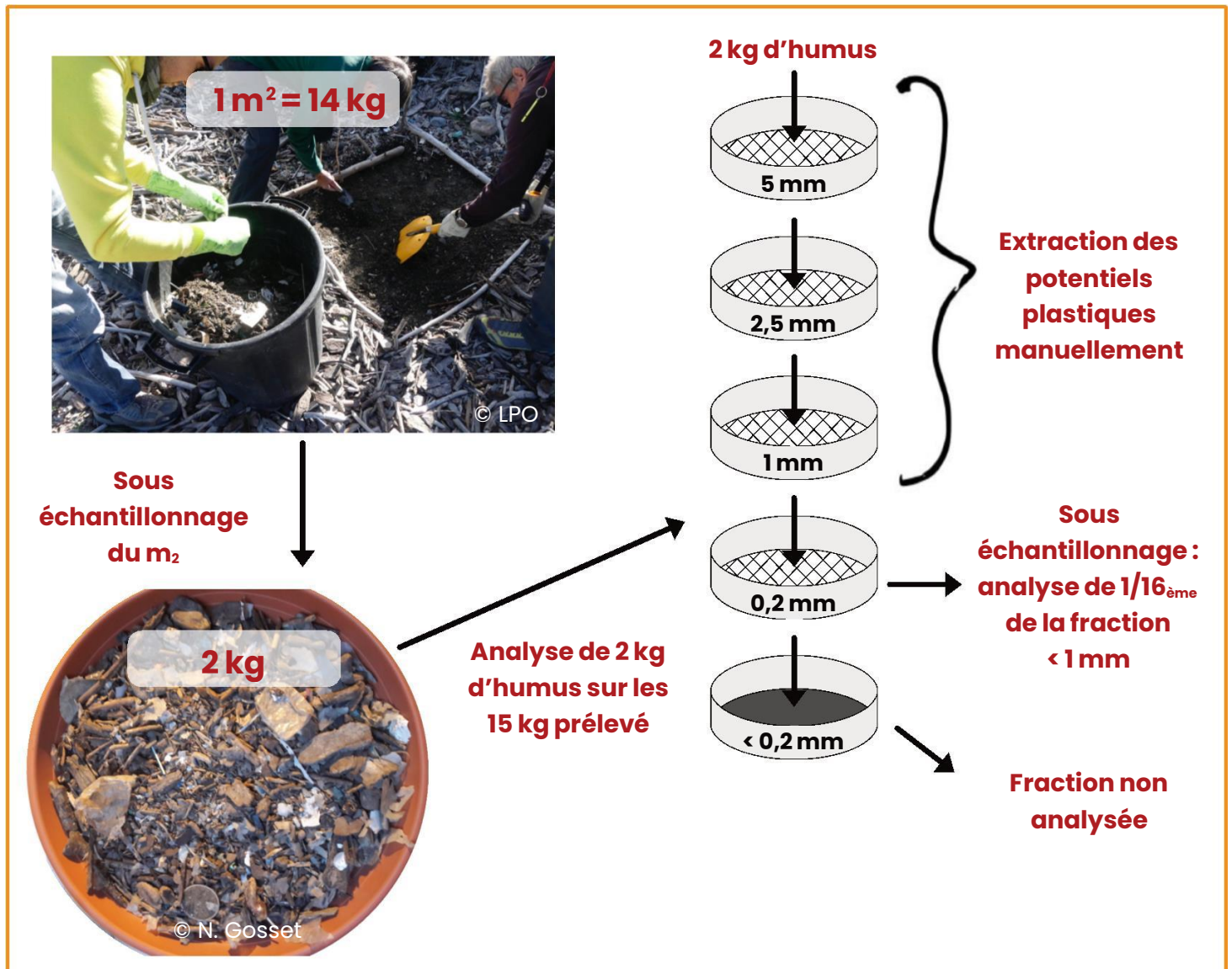


Figure 4 - Protocole de tri du mètre carré

Tous les déchets plastiques identifiés visuellement ont été comptabilisés et caractérisés selon :

- leur taille : > 50 mm (macroplastiques), entre 25 et 50 mm (macroplastiques), entre 5 et 25 mm (mésoplastiques), entre 1 et 5 mm (microplastiques) et < 1 mm (microplastiques) ;
- le type de plastique selon leur forme ou usage quand ce dernier peut être identifié.

Les potentiels plastiques ont été isolés dans des flacons selon leur taille et leur type en attendant leur analyse par spectrométrie Raman.

2.4. Spectrométrie Raman

La fraction inférieure à 1 mm n'a pas pu être analysée par spectrométrie Raman car nous ne disposons pas du matériel nécessaire pour l'étude de particule si petite. Les informations suivantes ne concernent que les fractions entre 1 mm et plus de 5 cm.

La quantité de potentiels plastiques extraits du m_2 est conséquente, 47 160 potentiels plastiques ont été extraits des 2 kg d'humus. Notre capacité d'analyse a nécessité de réaliser un sous-échantillonnage, 6,5 % de ces déchets ont été analysés par spectrométrie Raman (soit 3 060 objets) afin d'identifier leur composition moléculaire et de confirmer ou infirmer leur nature plastique.

L'analyse de la composition moléculaire des morceaux a été réalisée à l'aide d'un Raman portable, le i-Raman® Plus - 785S prêté gracieusement par Metrohm (figure 5). Ce Raman dispose d'une large gamme spectrale et d'une haute résolution avec des configurations autorisant des mesures de 65 cm^{-1} à 3350 cm^{-1} . Cet appareil est équipé d'un laser de 785 nm et d'une sonde à fibre optique permettant d'enregistrer la signature spectrale de chacun des 3 065 morceaux issus du m_2 .

Une méthode d'analyse a été développée afin de maximiser le taux d'obtention de spectres Raman identifiables tout en minimisant le temps d'analyse (figure 5). Les paramètres d'analyse sont les suivants : une seule accumulation, un temps d'intégration de 5 s et une puissance de laser à 100 %.

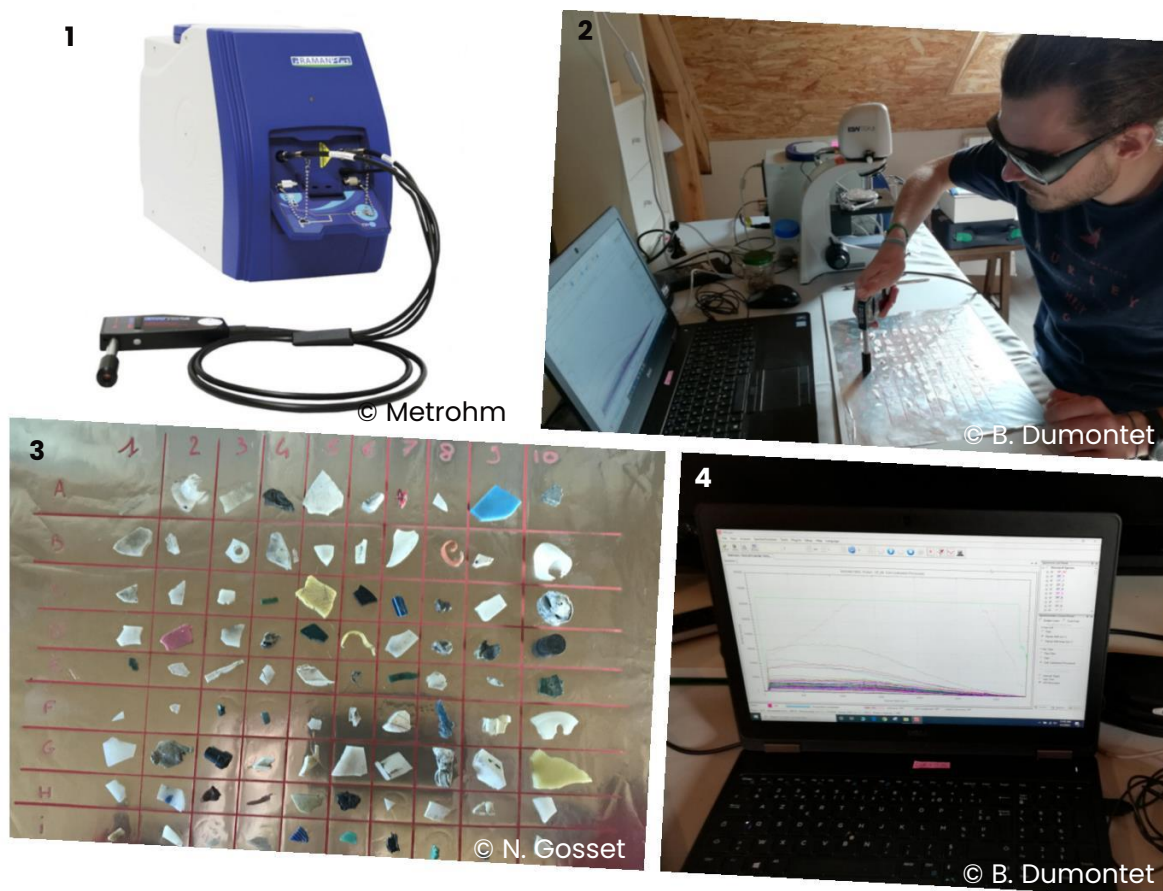



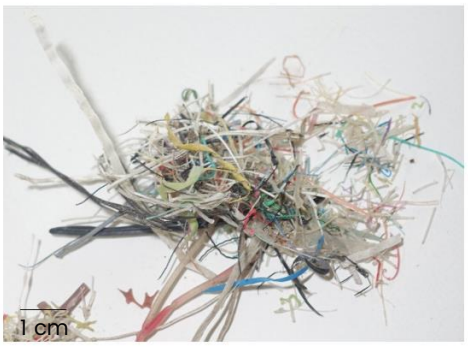

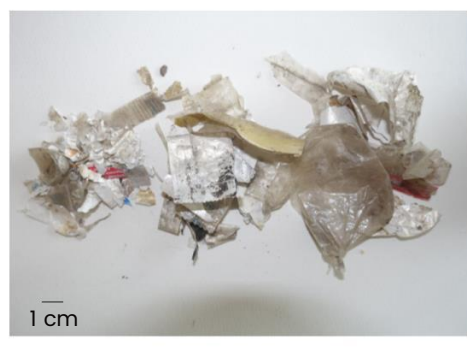


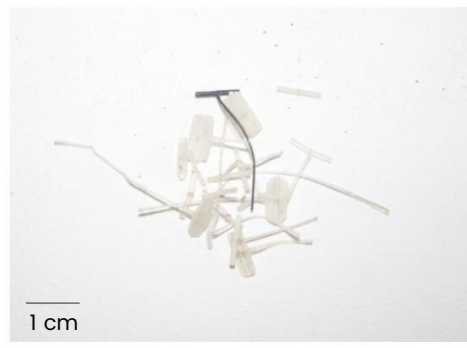


Figure 5 - Analyse Raman des potentiels plastiques issus du m_2 (1 - iRaman plus 785S ; 2 - utilisation de la sonde du raman pour identifier la composition chimique des morceaux ; 3 - mise en place des morceaux avant l'analyse Raman ; 4 - accumulation des spectres sur l'ordinateur)

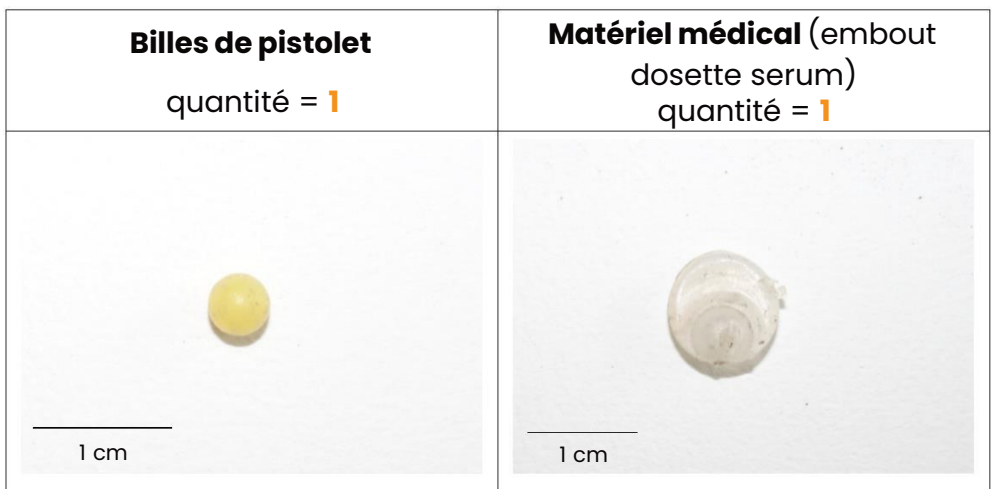
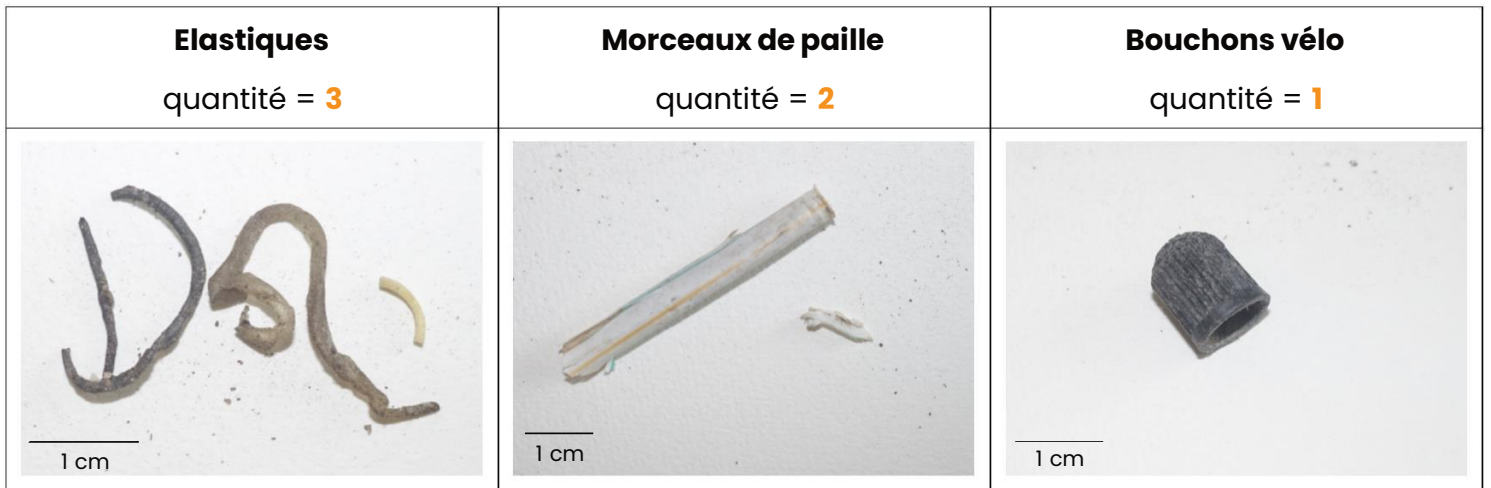
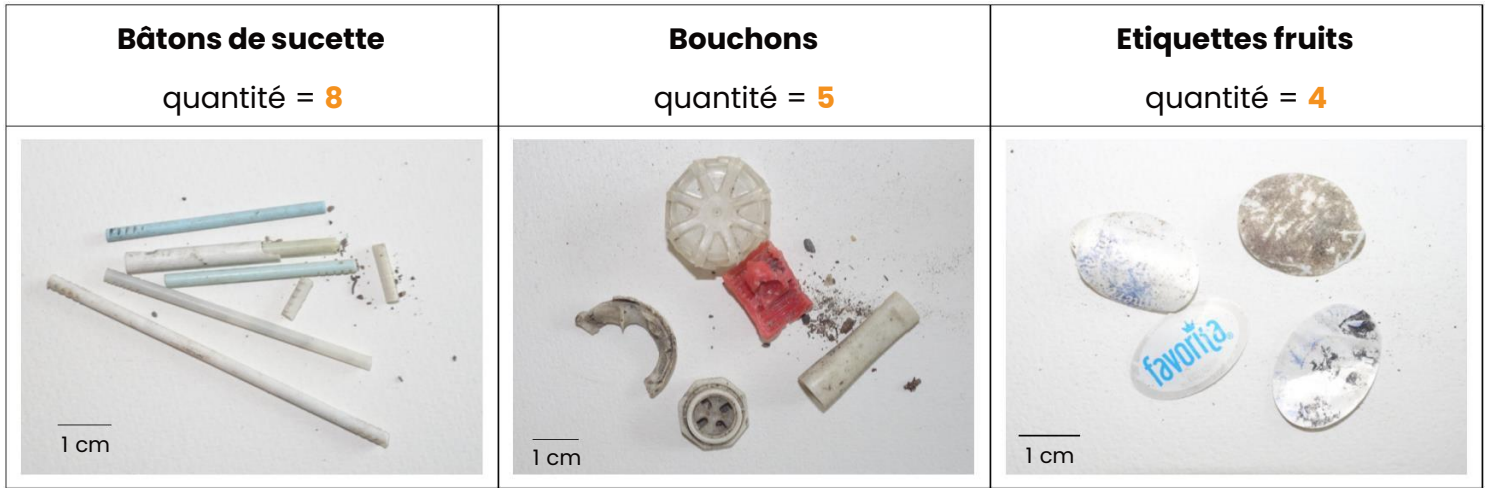
3. Résultats

3.1. Extraction des potentiels plastiques

3.1.1. Catégories de plastiques identifiées dans les 14 kg

Micro fragments (0,2 - 5 mm) quantité = 33 264	Meso fragments (5 - 25 mm) quantité = 10 284	Mousses (polystyrène expansé, polyuréthane, ...) quantité = 2 031
 1 cm	 1 cm	 1 cm
Fibres et fils quantité = 950	Macro fragments (25 - 50 mm) quantité = 265	Emballages quantité = 158
 1 cm	 1 cm	 1 cm
Macro fragments (> 50 mm) quantité = 77	Herbes et feuilles synthétiques quantité = 35	Attaches étiquettes vêtements quantité = 23
 1 cm	 1 cm	 1 cm

(Crédits photos : L. Frère)



3.1.2. Quantité, type et taille des particules extraites

L'analyse des 2 kg d'humus a permis d'extraire 47 160 potentiels plastiques d'une taille de 0,2 mm à plus de 5 cm (figure 6). Parmi les 1/16^{ème} de la fraction < 1 mm (201,34 g), 36 592 particules ont été extraites (figure 6).

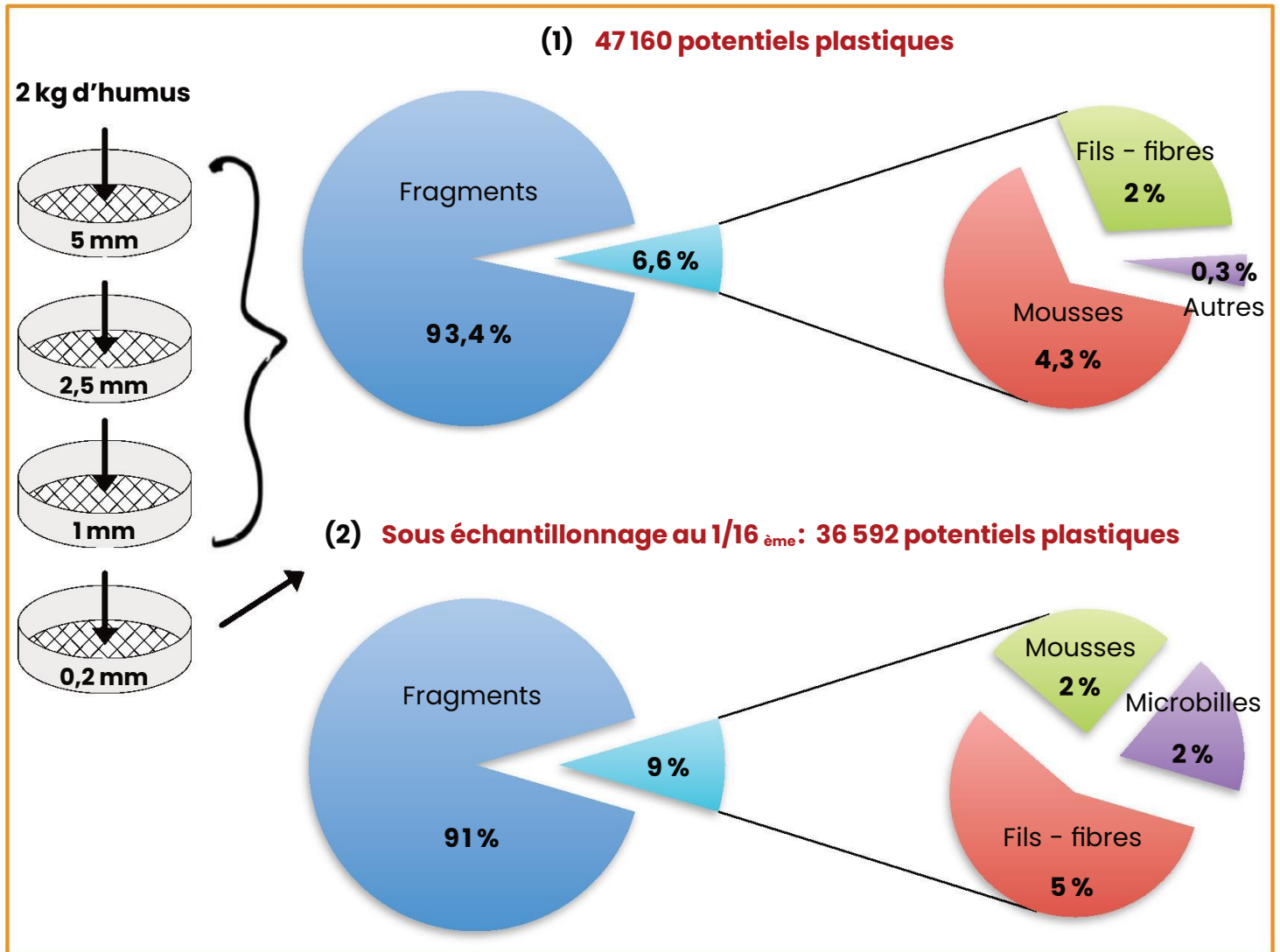


Figure 6 - Répartition des particules extraites selon leur type : (1) fraction 1 - > 50 mm ; (2) fraction < 1 mm

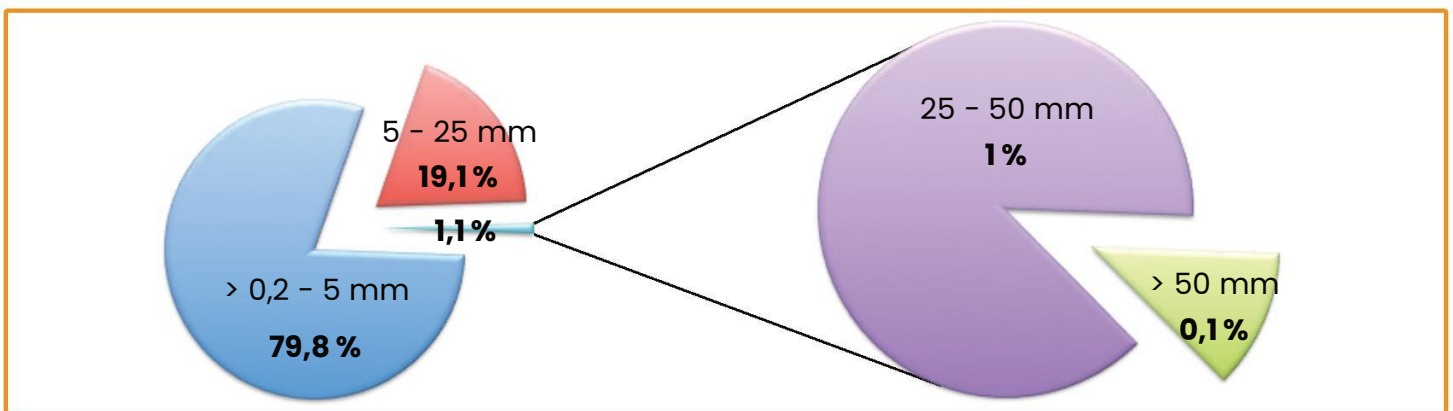


Figure 7 - Répartition des particules extraites selon leur taille (fraction < 1 mm non comptabilisée)

Les fragments représentent la classe dominante dans l'analyse des 2 kg du mètre carré (figure 6). En effet, lors de leur séjour dans l'environnement, les déchets plastiques sont soumis aux aléas de la nature. La photodégradation et/ou l'altération mécanique (contact avec les berges, action du bois, de la roche) fragilisent la structure des plastiques et entraînent rapidement une fragmentation en particules plus petites. Cela explique également que la plus petite classe de taille soit largement représentée ici (figure 7).

3.2. Identification des plastiques

La nature plastique de 72 % des 3 060 déchets a été confirmée (taille de 1 mm à plus de 5 cm), soit un résultat de 2 193 plastiques dans seulement 2 kg d'humus. Trois plastiques ont été identifiés par spectrométrie Raman, le polyéthylène, le polypropylène et le polystyrène (figure 8). Le spectre d'un pigment synthétique bleu, la phthalocyanine, régulièrement utilisé dans la coloration des plastiques a été également identifié lors de l'analyse.

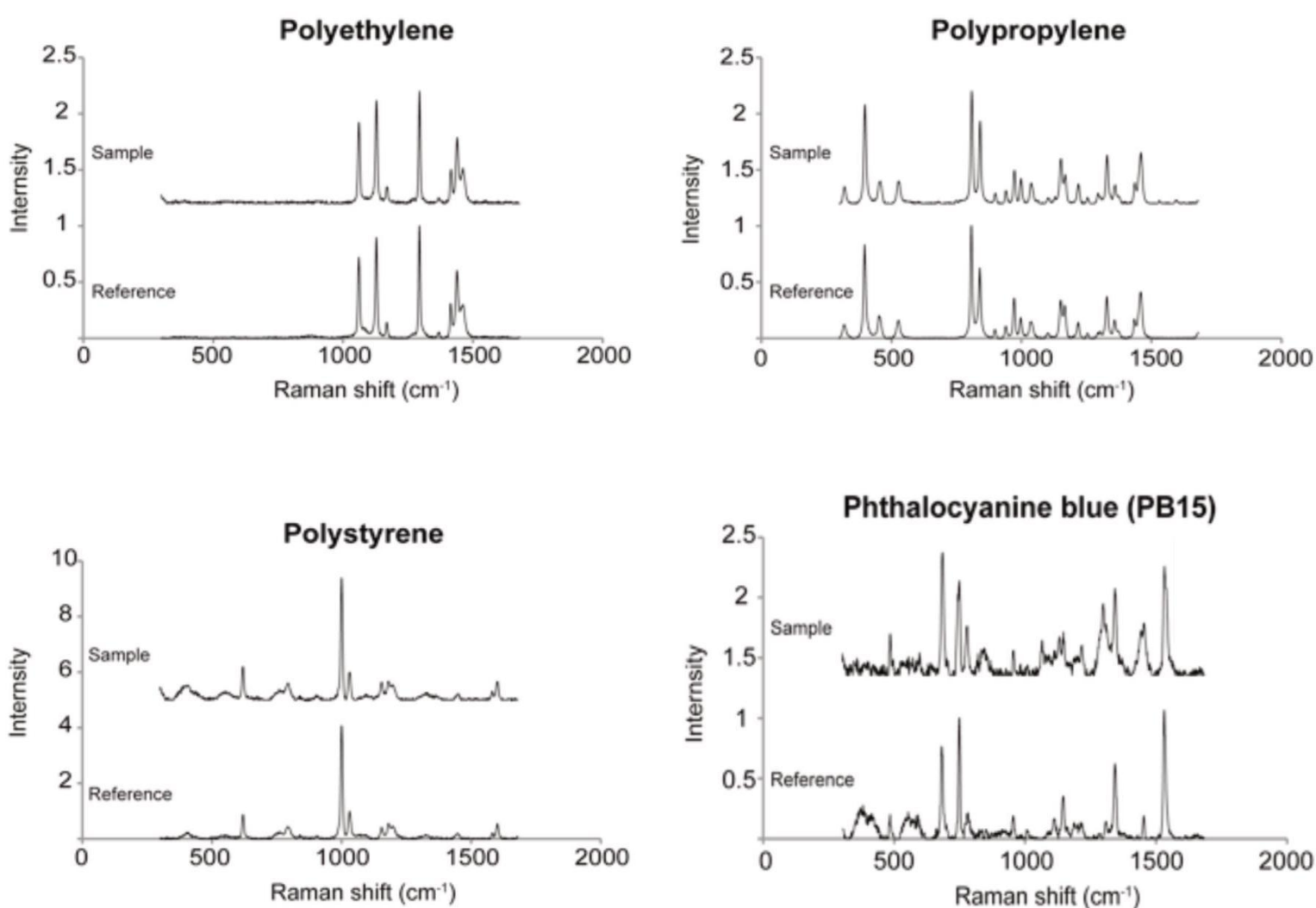


Figure 8 - Spectres Raman des différents plastiques identifiés dans les 2 kg d'humus du lac de Serre-Ponçon.

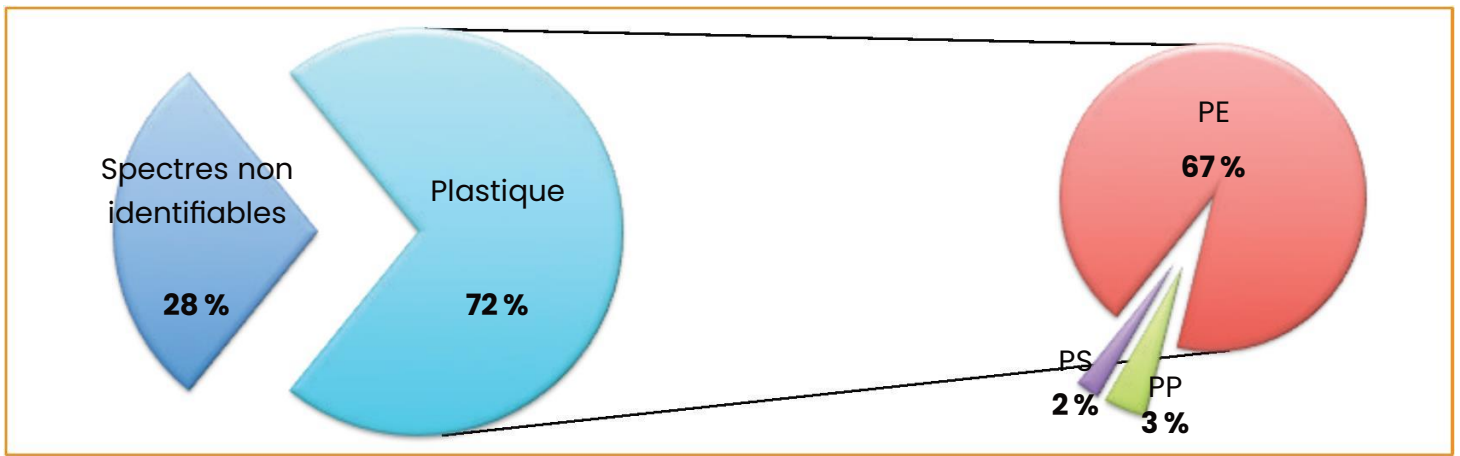


Figure 9 - Proportion des différents polymères identifiés parmi les 3 060 particules analysées via le spectromètre Raman (PE : polyéthylène, PP : polypropylène, PS : polystyrène - taille 1 mm à plus de 5 cm).

Le polyéthylène, le polypropylène et le polystyrène font partis des polymères de grande diffusion, également appelés polymères de commodité. Le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène téréphtalate (PET) et le polyuréthane (PUR) font également partis de ce groupe. Ces six polymères (désignés plus communément « Big Six ») représentent 81 % de la demande totale de plastiques en Europe (figure 10 - PlasticsEurope, 2020). Il n'est donc pas surprenant de les retrouver en majorité dans l'environnement.

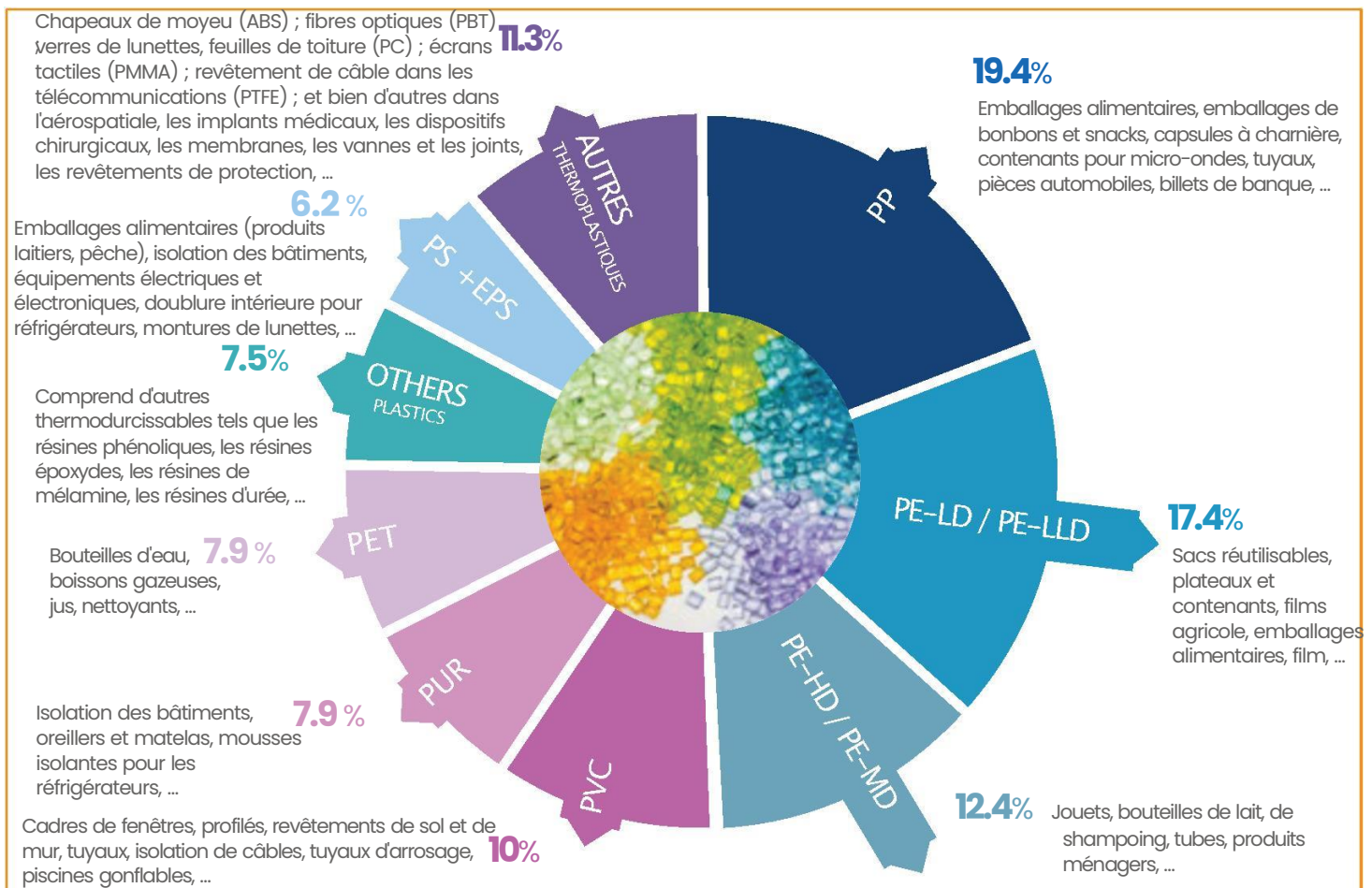


Figure 10 - Distribution de la demande en plastique en Europe selon le type de polymère en 2019 (adaptée du graphique de Plastics Europe 2020)

(PP : polypropylène ; PE : polyéthylène - LD : basse densité, LLD : très basse densité, HD : haute densité, MD moyenne densité ; PVC : polychlorure de vinyle ; PUR : polyuréthane ; PET : polyéthylène téréphtalate ; PS : polystyrène - E : expansé ; ABS : poly(acrylonitrile/butadiène/styrène) ; PBT : polybutylène téréphtalate ; PMMA : polyméthacrylate de méthyle ; PC : polycarbonate ; PTFE : polytétrafluoroéthylène)



4. Discussion

4.1. Extrapolation

4.1.1. À l'échelle du mètre carré

Notre étude confirme que 72 % des particules analysées au spectromètre Raman, de **taille allant de 1 mm à plus de 5 cm**, sont bien du plastique. Cela représente une estimation de **33 955 plastiques dans les 2 kg d'humus**. En extrapolant ces résultats **à l'échelle du mètre carré** (14 kg d'humus), **la contamination serait de 237 685 plastiques**.

En ce qui concerne la **fraction inférieure à 1 mm**, le tri a été réalisé dans les mêmes conditions que pour les autres classes de taille. Nous pouvons donc supposer que 72 % de cette fraction est probablement du plastique. Cela nous donne une estimation de **184 422 plastiques à l'échelle du mètre carré**.

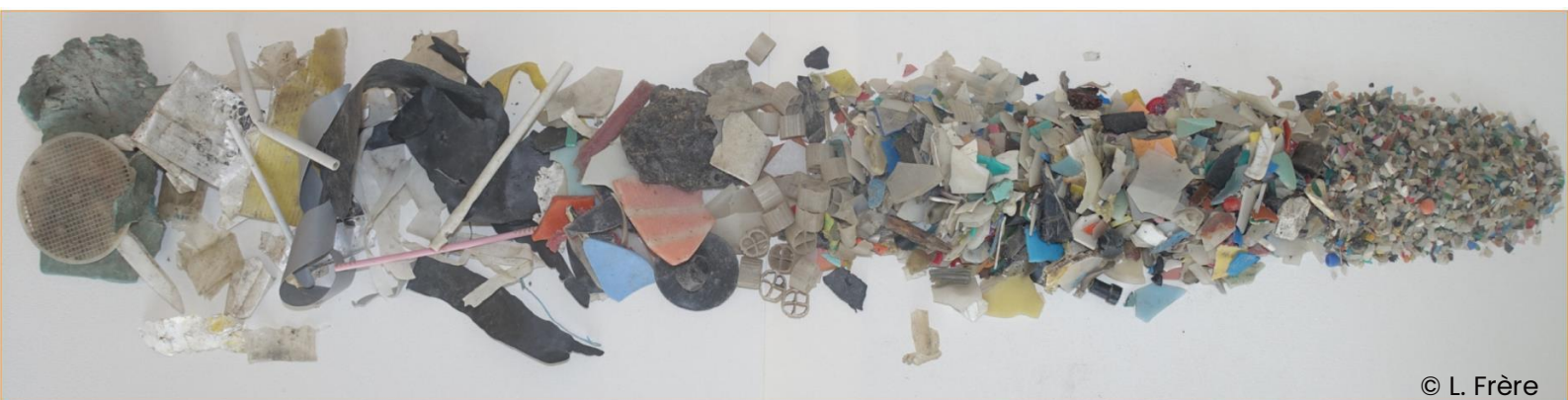
4.1.2. À l'échelle du site d'étude (60 m²)

Une extrapolation des données **à l'échelle du site d'étude** (environ 60 m²) amènerait à une contamination par plus de **14,3 millions de déchets plastiques de taille allant de 1 mm à plus de 5 cm** et à une contamination par **11,1 millions de plastiques de taille inférieure à 1 mm**.

4.1.3. Contamination globale

En regroupant l'ensemble de ces informations, **l'estimation globale de la contamination du mètre carré** (toute classe de taille confondue) est de **422 107 déchets plastiques**.

À l'échelle du site d'étude (60 m²), la contamination globale serait de **plus de 25,3 millions de déchets plastiques**.



© L. Frère

Figure 11 - Déchets plastiques de différentes tailles, formes et couleurs collectés dans le mètre carré du lac de Serre-Ponçon



Figure 12 : Ensemble des plastiques collectés dans les 2 kg du mètre carré

4.2. Sous-estimation évidente

Lors du tri des 2 kg d'humus, de nombreux agglomérats ont été observés. Dans ces agglomérats, des éléments naturels sont présents comme le bois et l'humus. Cependant, des microplastiques ont été observés piégés à l'intérieur (figure 12).



Figure 13 : Agglomérats collectés dans les 2 kg analysés du mètre carré.
Présence bien visible de plastiques piégés à l'intérieur

5. Pour aller plus loin

Le mot du S.M.A.D.E.S.E.P.

Conscient de l'enjeu environnemental des pollutions plastiques, le Syndicat mixte d'aménagement et de développement de Serre-Ponçon a conduit pendant plus de 10 ans une démarche de contrat de milieux sur l'ensemble du bassin versant de la Haute Durance incluant un volet important sur la réduction du risque de pollutions accidentelles notamment issues des décharges historiques implantées en bord de cours d'eau. Aussi, en partenariat avec les intercommunalités situées à l'amont du lac, il a élaboré un programme d'actions ambitieux visant à améliorer la qualité des eaux superficielles et le maintien des fonctionnalités écologiques de la Durance et de ses affluents. Cette problématique d'intérêt tant local que régional (la ressource en eau de la Haute Durance et du lac de Serre-Ponçon est consommée bien au-delà de son seul bassin versant) souffre d'un manque criant de soutien financier pour tenter de les résorber. Le coût des opérations de dépollution est ainsi bien souvent décourageant pour les intercommunalités dont les capacités financières sont limitées de par leur faible démographie.

Alors que de telles opérations auraient des répercussions positives sur les milieux à l'échelle régionale, le territoire souhaite pouvoir bénéficier légitimement d'une solidarité aval-amont de la part des grands consommateurs de la ressource. De manière plus opérationnelle, le S.M.A.D.E.S.E.P. organise chaque année deux campagnes de nettoyage des berges du lac en concentrant ses efforts sur les queues de retenue où s'accumulent principalement les macro-déchets transportés par la Durance ou l'Ubaye depuis leurs bassins versants respectifs. Ces opérations mobilisent l'ensemble des personnels techniques de l'établissement public et représentent un volume proche de 40t évacués chaque année de la retenue.



5. Pour aller plus loin

Les déchets plastiques retrouvés dans la queue de la retenue de Serre-Ponçon, notamment ceux qui sont piégés au sein des dépôts de bois flottés, proviennent essentiellement des hautes vallées situées en amont du lac. Il s'agit d'une pollution subie.

Les ramassages réguliers, systématiques et minutieux, effectués depuis plus de 5 ans par les bénévoles et sympathisants de la LPO, privent de matière première le processus de création de microplastiques et évitent que ces plastiques ne partent en fumée lorsque des amas de bois sont brûlés sur place.

Pour autant cela ne règle pas le fond du problème.

Pour espérer améliorer la situation il faudrait pouvoir :

- 1)** provoquer une prise de conscience des élus et des habitants des territoires "responsables" de ces arrivages indésirables;
- 2)** faire en sorte que les pouvoirs publics prennent le relais des bénévoles, lesquels n'ont pas vocation à transformer éternellement leurs véhicules personnels en mini bennes à ordures ;
- 3)** agir à la source en réduisant le plus possible l'usage des plastiques, surtout ceux à usages uniques (Jean-Paul Coulomb, LPO)

Le niveau de l'eau dans la retenue de Serre-Ponçon varie d'une année sur l'autre en fonction de différents paramètres. Quelques mois après la date du prélèvement, la zone étudiée s'est retrouvée submergée et la totalité de la couche d'humus est repartie dans le lac, microplastiques compris. Seuls les déchets de grandes dimensions, ramassés par le groupe LPO Écrins-Embrunais avant la montée du niveau de l'eau, n'ont donc pas fini dans le lac. Suite à ces informations et afin de compléter ce jeu de données, Expédition MED a réalisé des prélèvements de sédiments et d'eau de surface du lac à proximité du site d'étude du mètre carré. Les échantillons sont en cours d'analyse à l'Université Savoie Mont Blanc sous la supervision du Dr David Gateuille.

D'autres travaux ont été réalisés sur la Durance par Expédition MED dans le cadre du programme "Stop Plastique En Méditerranée" suite à l'appel à projet de la Région SUD en collaboration avec France Nature Environnement PACA, Colibricole et la Ligue de Protection des Oiseaux PACA.

Le protocole OSPAR a été mis en œuvre sur quatre sites le long de la Durance et au niveau du lac de Serre-Ponçon. Les travaux ont été supervisés par le Dr Tosca Ballerini et une publication des résultats est en cours de validation dans un journal scientifique.



6. Nos partenaires

Partenaires privés



Mécénat
technique
et de
compétence



S.M.A.D.E.S.E.P.
*Syndicat Mixte d'Aménagement et
de Développement de Serre-Ponçon*
Serre-Ponçon Lake Development Consortium

Partenaires publics



Expédition
MED

www.expedition-med.org

bruno.dumontet@expeditionmed.eu

