

Rapport de synthèse

Caractérisation des flux et typologies de microplastiques le long du fleuve Garonne





Nerri

Elle remplit les eaux de ses organismes et veille sur eux, malgré les désagréments qu'ils connaissent de nos jours. Tout s'accélère, le réveil sonne, les cris d'alarme s'enchainent. Bon nombre d'humains viennent en aide à cette déesse pour faire face aux dommages encourus sur les écosystèmes aquatiques, si précieux. Parmi ces dommages, nous pourrions citer la pollution plastique, qui représente une « porte d'entrée » pour de nombreux cocktails chimiques et microbiens dans la chaîne alimentaire, un vecteur de toxicité vers les organismes marins, puis terrestres.

Institut de Chimie
de Clermont-Ferrand

La Pagaie Sauvage

Alexandre Schaal



Lise Durcanton



Vincent Verney



Camila Monteiro



Clément Brunet



Elodie Roy



AUTEURS

Laurent Lancelot



Mathilde Manpeyus



Marilou Villeneuve



Université de Pau
et des Pays de l'Adour

Auteurs :

Alexandre SCHAAL (1), Clément BRUNET (1), Lise DURANTOU (1), Marilou VILLANUEVA (1), Elodie ROY (1), Lola DESVIGNES (2), Vincent VERNEY (2), Laurent LANCELEUR (3), Mathilde MONPERRUS (3)

(1) La Pagaie Sauvage

(2) Institut de Chimie de Clermont-Ferrand

(3) UMR IPREM, Université de Pau et des Pays de l'Adour

Table des matières

I.	Résumé	1
II.	Introduction	3
	1) Temporalité	3
	2) Contexte	4
	3) Le territoire d'étude	5
III.	Microplastiques et environnement	6
IV.	Protocole	7
	1) Collecte	7
	2) Analyses	8
V.	Résultats discutés	10
	1) Résultats généraux	10
	2) Concentrations, flux et facteurs environnementaux	12
	Conclusion	15
VI.	Remerciements	16
VII.	Bibliographie	17
VIII.	Liste des Acronymes	18
IX.	Annexe	19

Résumé



Photo 1 : Equipe de bénévoles impliqués dans la réalisation de la collecte lors de l'expédition Nerri.

Nerri, c'est une descente intégrale de la Garonne, une campagne scientifique, et une bonne dose de partage. Cette aventure humaine nécessitant un investissement bénévole important a été rendue possible en mai 2018 grâce à la contribution de nombreux donateurs particuliers, de la générosité d'un mécène et du support de plusieurs partenaires techniques fournissant matériel, denrées alimentaires, mais aussi un réseau, irremplaçable service humain. L'expédition a permis d'ouvrir un débat, avec une sauce « sciences citoyennes » très prononcée, pour mieux comprendre la répartition, l'origine et l'importance de la pollution microplastique en rivière, depuis sa source Pyrénéenne jusqu'à la ville de Bordeaux, et pour mieux agir. En effet, l'acquisition de ces données constitue une première étape dans la compréhension de la dynamique des microplastiques et ouvre le champ à des actions préventives en faveur de l'environnement.

118 échantillons d'eau ont ainsi été recueillis sur 57 points de prélèvements, 57 échantillons sur 46 points de prélèvements ont été analysés. Lors des analyses, des microplastiques ont été observés sur 41 points de prélèvements.



Figure 1 : NERRI, faits saillants. Résumé illustré des résultats issus de l'expédition Nerri en 2018.

Objectifs du projet

- Apporter de nouvelles connaissances, tant pour la recherche scientifique que pour les acteurs institutionnels, étatiques ou le grand public ;
- Effectuer des prélèvements sur la totalité du fleuve Garonne, de sa source à son embouchure ;
- Mettre en place une stratégie d'échantillonnage avec une bonne résolution spatiale afin de mieux comprendre les sources et la dispersion des microplastiques ;
- Quantifier les concentrations et flux de microplastiques et déterminer leur nature ;
- Initier une étude élargie sur le fleuve Garonne comme point de départ d'études approfondies à l'échelle du bassin versant.

I. Introduction

1) Temporalité

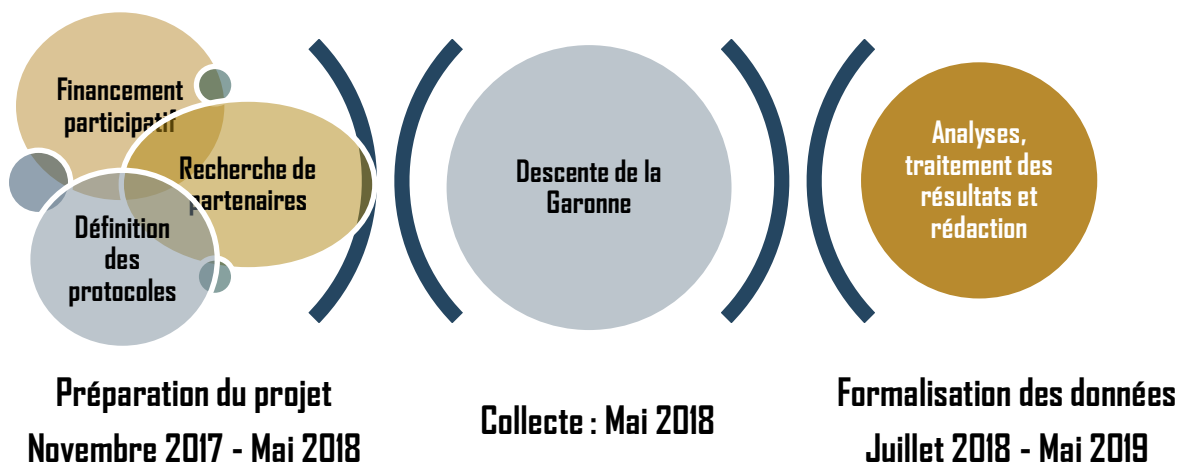


Figure 2 : Temporalité du projet.

D'abord une légende...

Nerri (Nerrivik, ou Sedna), « mère des flots » est une des légendes majeures de la communauté Inuit. Elle raconte la genèse des organismes marins, après le refus fatal du mariage forcé de Nerri par son père. Leur dispute à bord du canot en pleine mer fût au détriment de la jeune fille qui finit noyée et perdit ses doigts. Depuis, ces mêmes doigts se sont transformés en poissons, phoques et baleines qui peuplent aujourd'hui les mers. Noyée, Nerri remplit toujours les eaux de ses organismes et veille sur eux, malgré les désagréments grandissants qu'ils connaissent de nos jours. Tout s'accélère, le réveil sonne, les cris d'alarmes s'enchaînent. Bon nombre d'humains viennent en aide à cette déesse pour faire face aux dommages encourus sur les écosystèmes aquatiques, si précieux. Parmi ces dommages, nous pourrions citer la pollution plastique, qui représente une « porte d'entrée » pour de nombreux cocktails chimiques et microbiens dans la chaîne alimentaire, un vecteur de toxicité vers les organismes marins, puis terrestres.

[Nerri : lire la légende](#)

connu du processus ancestral et impartial de l'historique Recherche.

Le terme de science impliquée désigne un nouveau rapport au savoir dans lequel les scientifiques acceptant leur responsabilité, prennent conscience de la nécessité d'être attentifs aux conséquences de leurs pratiques et de questionner les buts de leurs recherches, n'invoquent pas leur neutralité axiologique pour affirmer leur objectivité (Léo Coutellec).

Le projet Nerri est aussi marqué par la promesse citoyenne ancrée dans le réel : *nous vivons dans un monde où des déchets toxiques s'invitent dans notre environnement, agir est une priorité.* C'est pour cela que l'expédition a été conçue dans un style zéro déchet, une mode utile et largement relayée en pratiques quotidiennes (#zerowastelifestyle !) mais peu connue dans le monde de l'aventure, où l'art du jetable et souvent associé au fonctionnel. Comme fût un temps sur le blog de canoë-camping La Pagaie Sauvage, un tableau répertoriant les menus déshydratés est disponible en annexe à des fins purement ludiques, pouvant peut-être nourrir certaines expériences de lecteurs intéressés. Pour l'expédition, les repas ont tous été confectionnés en amont puis stockés dans des « beeswraps » (des tissus imprégnés de cire d'abeille les rendant imperméables) numérotés et classés dans un sac étanche dédié à l'usage culinaire.

2) Contexte

Le projet Nerri est le fruit d'une collaboration entre l'Institut de Chimie de Clermont-Ferrand (ICCF) et La Pagaie Sauvage, avec pour objectif de mieux comprendre l'origine de cette pollution émergente que sont les microplastiques. L'équipe de Mathilde Monperrus et Laurent Lancelor de l'Université de Pau et des pays de l'Adour se joint désormais aux forces vives pour fournir une expertise supplémentaire aux travaux entamés.

A ces expertises pré- et post-expédition, s'ajoute l'aide précieuse d'acteurs du territoire : Veolia, principal acteur de l'assainissement des eaux usées, l'équipe du SMEAG (Syndicat Mixte d'Etude et d'Aménagement de la Garonne), apportant un appui technique et un réseau de connaissance indispensable, l'association Champ d'Action, qui bat des records de ramassage de déchets sauvages aux alentours de Toulouse, sans compter l'assistance de dizaines de riverains et élus, venus porter leur aide en main propre et en temps voulu.

Ainsi, l'équipage de l'association a pu expérimenter le caractère impliqué des sciences, tant au niveau politique que social. Avec ce rapport, elle souhaite remettre les savoirs au cœur de la transmission, mais aussi recentrer la question des valeurs, de l'engagement, de la responsabilité et de la participation, tout en maintenant l'exigence propre aux sciences d'une recherche juste.

L'implication de l'équipe de recherche aux côtés des citoyens représentés par le collectif au moment de l'expédition illustre un comportement innovant et une mécanique de pensée dépassant le cadre

3) Le territoire d'étude

La Garonne est l'un des 5 grands fleuves français. Elle s'écoule sur 647 kilomètres depuis sa source au pied du pic Aneto, point culminant des Pyrénées, sous la forme d'une résurgence. Elle traverse par la suite la ville de Toulouse, les plaines agricoles et finit sa course au niveau de l'estuaire de la Gironde.

Ce fleuve emblématique du Sud-Ouest représente à lui seul 76 millions de m³ prélevés annuellement directement dans la Garonne pour alimenter 1 million de personnes pour la consommation d'eau potable, et 430 millions de m³ prélevés annuellement pour l'industrie et l'agriculture. La santé des usagers et consommateurs y est donc étroitement liée.

On y distingue plusieurs zones représentatives de différentes pressions humaines qui nous permettront de mieux comprendre la provenance de microplastiques. La Garonne Pyrénéenne, une rivière torrentielle très sauvage qui laisse place à la Garonne dite de Piémont qui s'élargit avec de nombreux aménagements hydroélectriques et d'élevages ovins et bovins à proximité. La moyenne Garonne, secteur où ont lieu les plus grandes inondations sous l'influence du Tarn est utilisée pour l'agriculture céréalière. Enfin, la Garonne maritime, sous l'influence de la marée, connue pour ses domaines viticoles. La carte des pressions industrielles affectant la Garonne est un très bon exemple de cette description. Les enjeux liés à l'utilisation de la ressource en eau y sont nombreux tant sur l'aspect quantitatif que qualitatif.

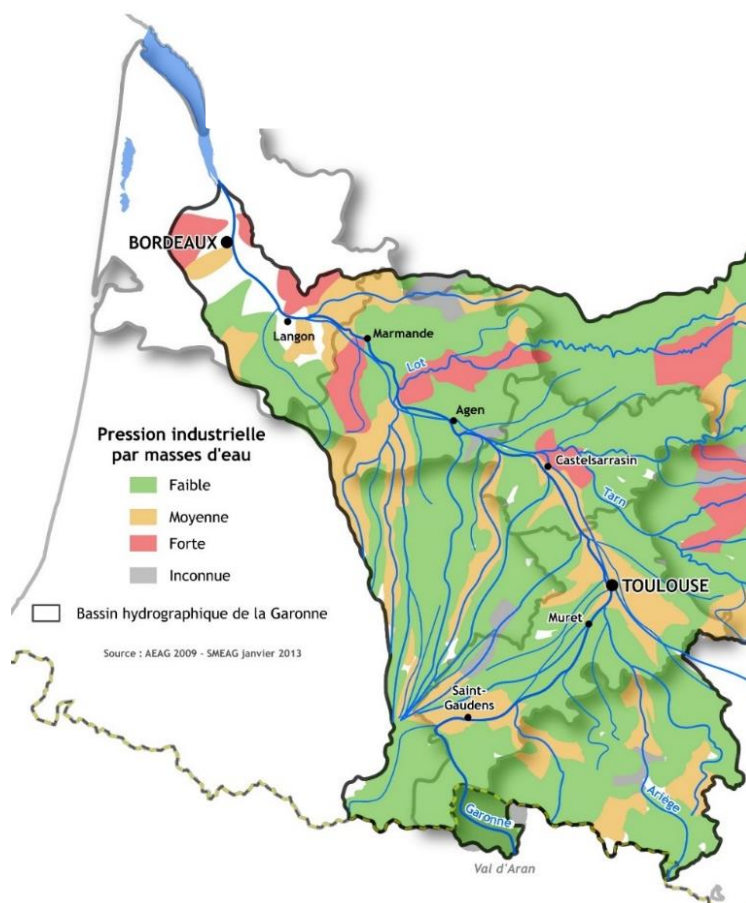
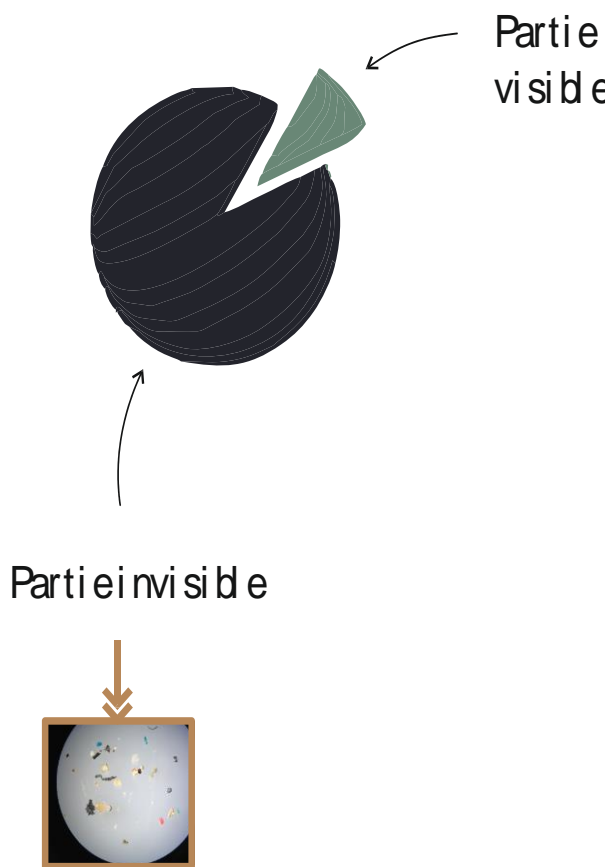


Figure 3 : Les pressions industrielles sur le bassin versant de la Garonne (source : SMEAG)

II. Microplastiques et environnement

Bouteilles, emballages, mégots, sacs, filets de pêche ... Les déchets humains sont présents partout dans les océans, même dans les grandes profondeurs. Massivement produits depuis 60 ans, les plastiques sont des matériaux devenus des déchets à longue durée de vie qui s'accumulent progressivement dans les océans. Si la communauté scientifique s'est longuement focalisée sur la quantification des « macro-déchets » (bouteilles, sacs, filets...), la dynamique des débris plastiques et des microplastiques en milieu océanique reste largement méconnue. Aujourd'hui, 92% des déchets plastiques dans les océans sont des microplastiques (Ericksen et al., 2014). Ces derniers représentent une part de la



pollution aquatique grandissante et encore méconnue. S'il est difficile de les quantifier, il apparaît que 70% des microplastiques présents dans les océans proviennent de l'apport des fleuves. Leurs origines supposées sont principalement :

- La dégradation de déchets macroplastiques (bouteilles, mégots, sacs, pneus, bâches agricoles...);
- Le rejet d'actifs cosmétiques ou texturants (microbilles exfoliantes, peintures réfléchissantes);

Ces microplastiques peuvent être des sources d'exposition à des substances qui perturbent les cycles hormonaux. Les phtalates et autres bisphénols utilisés pour la fabrication de plastique sont en effet des perturbateurs endocriniens. Les microplastiques peuvent également être porteurs de substances chimiques. Du fait de leur nature chimique, les microplastiques adsorbent les contaminants, notamment les phtalates, le bisphénol A, les polybromodiphényléthers (PBDE), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les

polychlorobiphényles (PCB) (eg. Sharma et al., 2017). Les microplastiques représentent une pollution inquiétante pour l'avenir des populations et des écosystèmes : en captant les polluants toxiques dissous (pesticides, métaux lourds), ils permettent leur introduction dans la chaîne alimentaire, et ce jusqu'à notre assiette.

III. Protocole

1) Collecte

La qualité de l'échantillonnage est une priorité à laquelle vient s'ajouter la contrainte de l'utilisation. La sélection du collecteur est déterminée en fonction de son efficacité, de sa faculté à être fabriqué et utilisé et de son prix. Le collecteur BASA (Bongo Artisanal de Sciences Citoyennes Aquatiques) est une version modifiée du filet manta et du filet à ichtyoplancton. Sa maille de 300 μm muni permet ainsi de capter les microplastiques de type fragments, films. Les fibres synthétiques et les microbilles ne sont pas systématiquement retenues avec ce type d'échantillonnage et ne peuvent donc pas être comptabilisées au même titre que les microplastiques retrouvés d'une taille supérieure à 300 μm , qui sont systématiquement retenus.

Les filets sont maintenus en surface, face au courant et pendant 30 minutes en eaux claires. La hauteur de la lame d'eau échantillonnée correspond à la moitié de la surface d'entrée du filet. Entre chaque prélèvement, les filets sont lavés à l'eau claire. Lorsque le filet subit un colmatage, l'échantillonnage est alors interrompu. La charge permet d'observer un nombre de particule suffisant à notre étude (Photo 2).

Un total de 675 minutes de prélèvements a été effectué sur les deux semaines d'expédition.



Photo 2 : Réalisation d'un prélèvement en photo

Le long du fleuve, la maille d'échantillonnage est d'environ 7 kilomètres. Le premier point de prélèvement est situé à la source de la Garonne, au kilomètre zéro du fleuve, le dernier est à l'entrée de Bordeaux au kilomètre 425 (Figure 4).

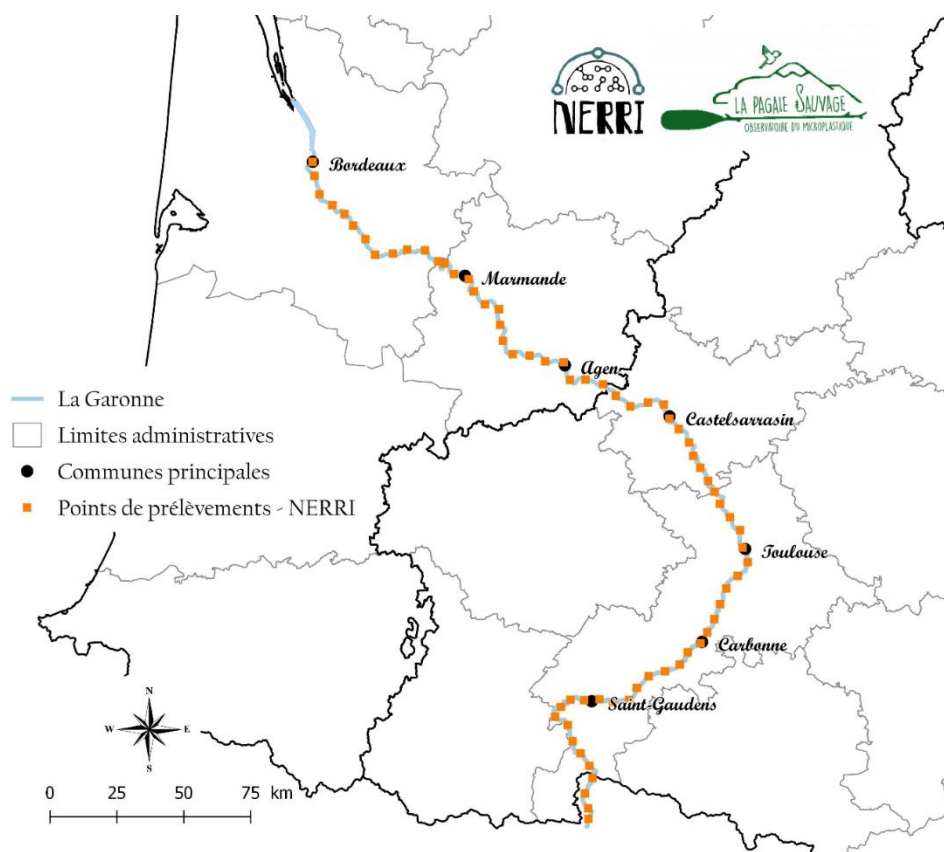


Figure 4 : Les 119 points de prélèvements prévus

4) Analyses

L'analyse s'effectue en deux temps : l'analyse visuelle a pour but d'extraire les particules suspectées d'appartenir à la famille des plastiques. Enfin, l'analyse chimique consiste à déterminer la nature exacte de la particule moyennant l'utilisation d'une technique spectrométrique.

Analyse visuelle

Les prélèvements vont subir une série de tamisage afin d'extraire la fraction comprise entre 300 μm et 5 mm contenant les particules qui nous intéressent. Successivement, seront utilisés :

1. Un tamis de maille 5 mm ;
2. Deux tamis de tailles 1 mm et 300 μm

La sous-fraction couvrant le spectre de tailles 1 mm – 5 mm ne requiert pas l'utilisation d'une loupe binoculaire et peut être inspecté rapidement. Ainsi, les plus gros fragments sont écartés en premier.

Une observation à la loupe binoculaire est réalisée sur la sous-fraction 300 μm - 1 mm après avoir été placée à l'étuve 60°C pendant plusieurs heures. Aucune dégradation n'est appliquée, et l'analyse visuelle peut durer jusqu'à deux jours.

Analyse chimique

Enfin, les fragments extraits lors de l'analyse visuelle sont analysés par un spectromètre FTIR -Infrarouge en mode ATR. Un background est préalablement réalisé puis chaque fragment est serré entre un cristal de germanium et le support. 64 scans sont accumulés pour l'obtenir le spectre final. Une bibliothèque de spectres est utilisée pour comparer le spectre du fragment inconnu à une banque de données de spectres connus. Un fragment est placé dans la catégorie des microplastiques lorsque son spectre correspond à celui d'un polymère connu, sinon il est écarté.



Photo 3 : Microplastiques extraits du prélèvement GA-090518-20A

Cette méthode physico-chimique appelée WYSIWYG (ce que vous voyez est ce que vous obtenez) permet de séparer, compter et identifier les microplastiques de tailles supérieures à $300\ \mu\text{m}$ sans passer par la dégradation chimique de la fraction organique de l'échantillon (Photo 3). Elle n'a pas pour ambition d'extraire la totalité des microplastiques présents, mais se donne pour objectif d'étudier finement chaque particule retrouvée. Ainsi, les résultats de flux et de concentrations calculés à partir de ces données sont des minima, des photographies d'une fraction de la réalité. L'ensemble des résultats déterminés grâce à cette méthode sera confrontée à l'étude d'un fleuve similaire par le biais du protocole NOAA, incluant une dégradation préalable à l'analyse visuelle.

IV. Résultats discutés

1) Résultats généraux

41 points de prélèvement sur les 46 analysés ont présenté des microplastiques. Les trois répliqués des prélèvements réalisés à la source ont été analysés et ne présentaient pas de microplastiques. Cependant, dès le second prélèvement effectué à 10 kms de la source, des microplastiques ont été identifiés dans les échantillons.

Sur ces 41 sites positifs, 219 MPs ont été identifiés, ce qui représente une moyenne de 4,7 MPs/site. Néanmoins, on observe une forte dispersion de ces résultats : sur le site où le nombre est le plus élevé on a observé 40 MPs alors que le nombre le plus faible se situe à 1 MP. Pour les sites les plus concentrés, des duplicats (ou triplicats) ont été réalisés pour confirmer les résultats obtenus.

L'expédition Nerri a été réalisée dans des conditions de crue avec des débits journaliers trois fois plus élevés que la moyenne annuelle. A Portet-sur-Garonne, le débit annuel en 2018 était de 230 m³/j en 2018, 930 m³/j ont été mesurés lors des prélèvements des microplastiques.

Tableau 1 : Résultat du comptage de 57 prélèvements :

Nombre total d'échantillons	57
Nombre d'échantillons contenant des microplastiques	47
Nombre total de sites	46
Nombre de sites contenant des microplastiques	41
Nombre total de microplastiques	219
Nombre moyen de microplastiques par échantillon	4,7
Pourcentage d'échantillons avec microplastiques	83 %

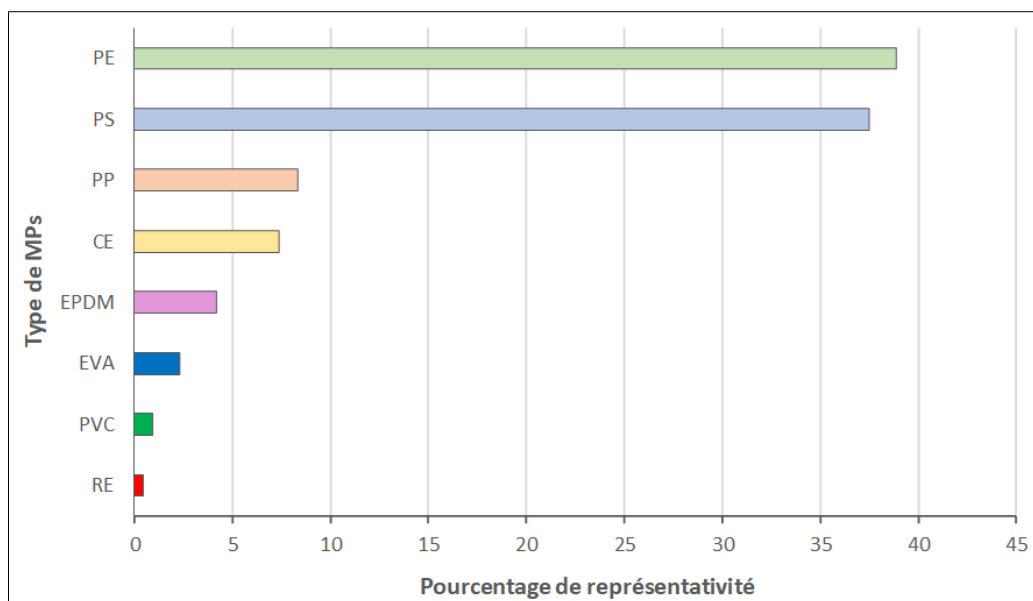


Figure 5 : Typologie des microplastiques collectés lors de l'expédition Nerri

Les types de microplastiques majoritaires sont le Polyéthylène (PE), le Polystyrène (PS), le Polypropylène (PP) et le Cellophane (Ce) (Figure 5). Ces polymères sont principalement utilisés dans l'industrie de l'emballage (sacs plastiques, bouteilles, emballages alimentaires...) et représentent à eux seuls près de 40% de la production de plastique en Europe. Parmi ces polymères, le plus demandé est le PE à 30% et représente annuellement une demande de 15 millions de tonnes, en second le PP à 19% pour 9,5 millions de tonnes. Le PS, quant à lui, est en 7^{ème} position de la demande européenne avec 2 millions de tonnes (PlasticEurope, The facts 2018).

Cela pourrait indiquer une origine principalement urbaine de ces débris. Enfin, le Poly-Ethylène-Propylène-Diène Monomère (EPDM), présent à 5%, est caractéristique de l'usure des pneus. Les autres polymères tels que l'Éthylène acétate de Vinyle (EVA), le Polychlorure de vinyle (PVC) et les résines (RE) sont présent à l'état de traces.

Malgré la diversité de microplastiques rencontrée sur l'ensemble du bassin, 40 % des prélèvements ne présentent seulement qu'un seul type, le plus souvent étant le PE puis le PP. Par ailleurs, 24% des assemblages microplastiques sont constitués de PE, PP et PS (Annex I).

24 % des assemblages microplastiques sont constitués de Polyéthylène, de Polypropylène et de Polystyrène.

Le point de prélèvement de Sainte-Bazeilles, présente le plus grand nombre de microplastiques avec une majorité de Polystyrène (Figure 6). L'étude réalisée sur le fleuve de la Seine en amont et en aval de l'agglomération de Paris montre des assemblages microplastiques similaires : 50 % de PE, 29 % de PP et 10 % de PS (Dris et al. 2017).

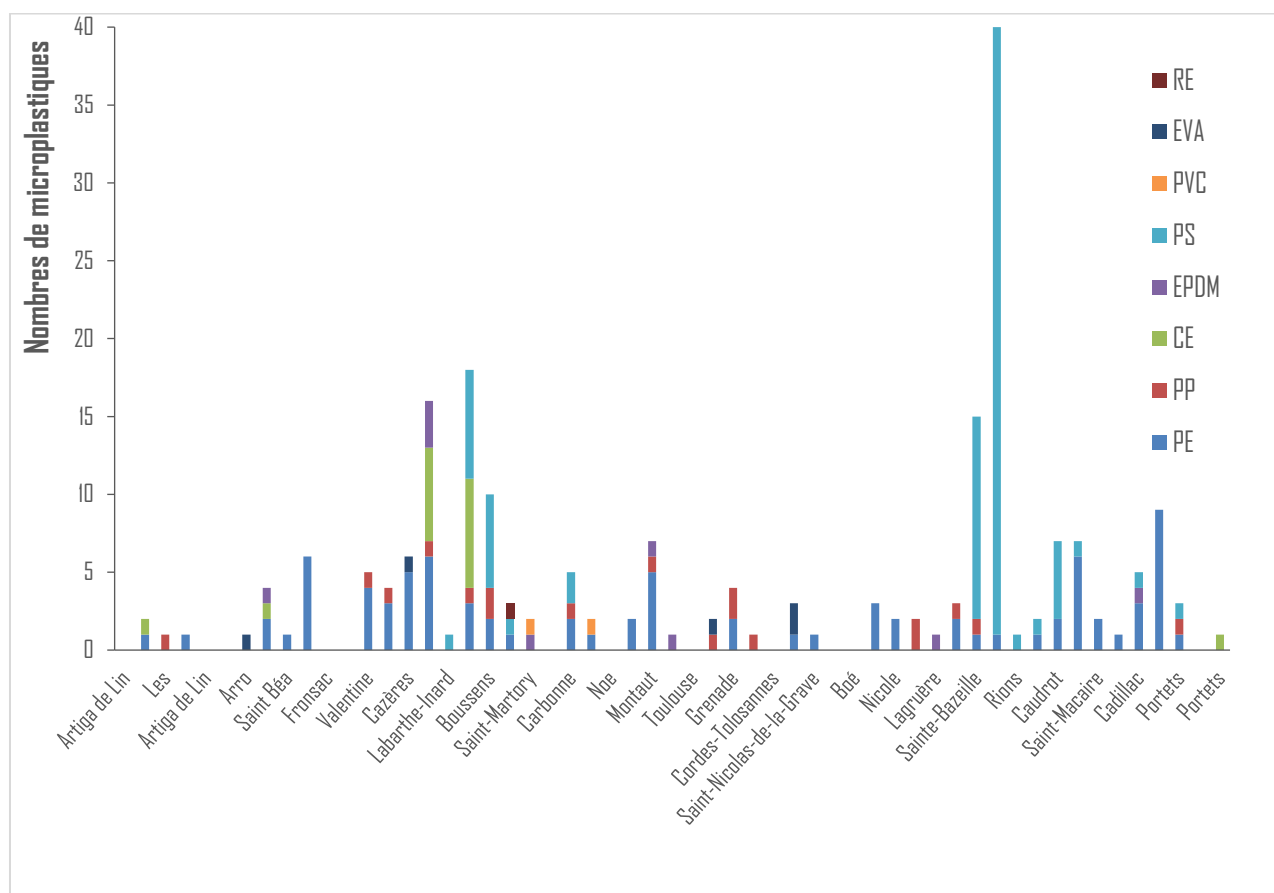


Figure 6 : Répartition des types de polymères pour chaque station, amont en aval de la Garonne

2) Concentrations, flux et facteurs environnementaux

Les flux et les concentrations de microplastiques, calculés à partir des données de débit disponibles (hydro.eaufrance.fr) varient de 0 à 1177 microplastiques/seconde (MPs/s) avec une moyenne de 103 MPs/s et de 0 à 1,4 MPs/m³ avec une moyenne de 0,10 MPs/m³ (Tab. 1). Représentant des minima, ces résultats sont comparables à ceux rencontrés sur le territoire européen (0,10 à 0,28 MPs/m³ dans la Seine et de 1 à 20 MPs/m³ dans le Rhin) (Dris et al. 2017, Mani et al. 2015) et semblent se situer en dessous de systèmes urbanisés ailleurs dans le monde (entre 15 et 3 400 MPs/m³ sur le fleuve Los Angeles et entre 10 et 220 MPs/m³ sur la rivière Saïgon) (Moore et al. 2011, Lahens et al. 2018). Ne perdons pas de vue que la méthode WYSYWYG nous donne accès à un ordre de grandeur concernant les concentrations et les flux de microplastiques et que la comparaison avec les concentrations et les flux retrouvés ailleurs doit être soumise à libre examen de chacun.

Représentant des minima, ces résultats sont comparables à ceux rencontrés sur le territoire européen, (...) et semblent se situer en dessous de systèmes urbanisés ailleurs dans le monde

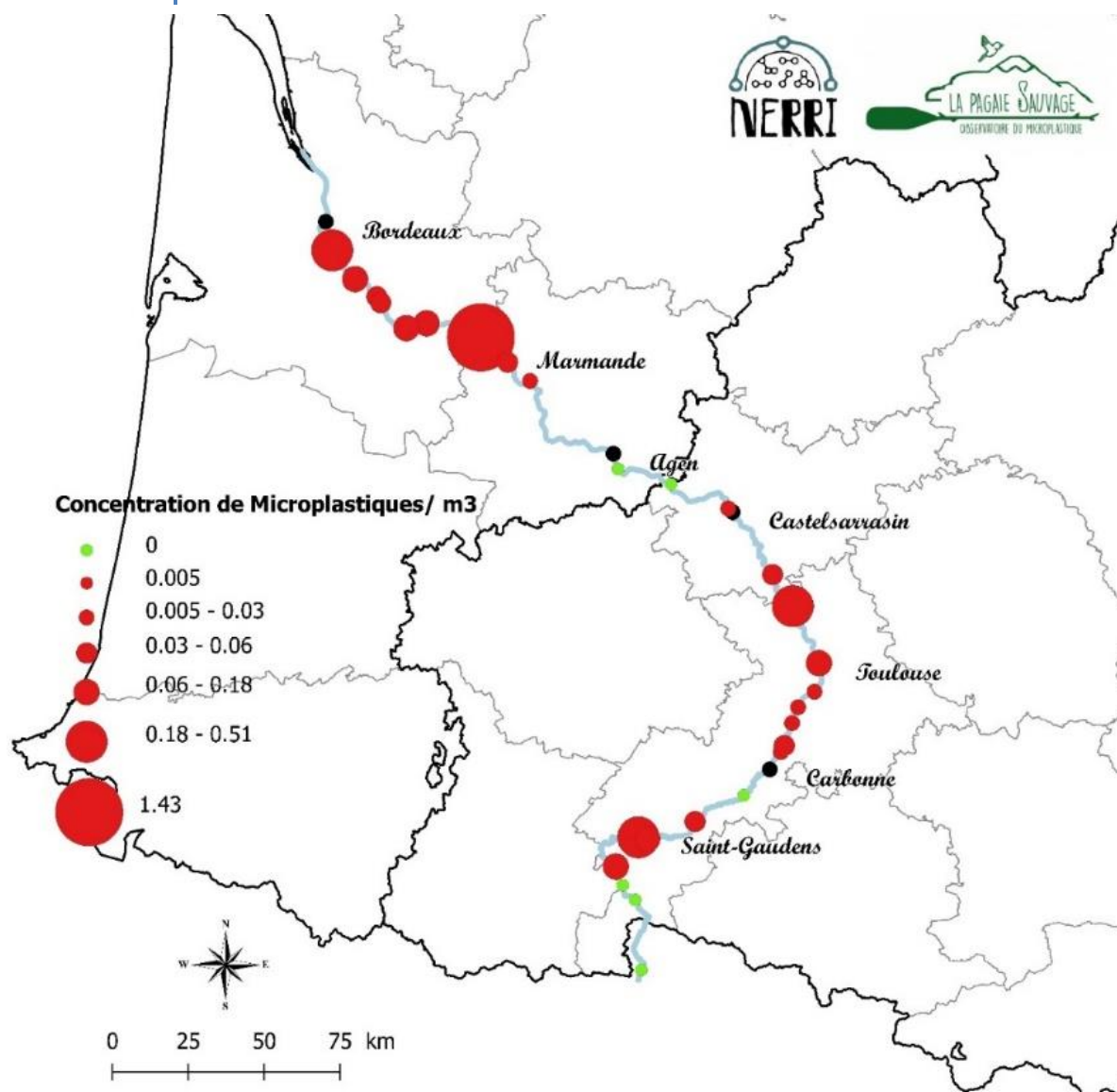


Figure 7 : Concentrations en MPs/ m³ sur le fleuve Garonne retrouvées le long de notre expédition

Les concentrations en MPs sont discontinues d'amont à aval du fleuve (Annexe 2). La carte des concentrations en MPs/m³ (Fig. 6), permet de distinguer différentes zones.

- A la source du fleuve ainsi qu'entre Castelsarrasin et Agen, les concentrations en MPs sont faibles voire nulles. Cette seconde zone correspond à une zone naturelle d'expansion de crues. En effet, étant en période de crue lors des prélèvements, le lit s'est considérablement élargi en occupant partiellement ces zones. Cet élargissement peut avoir des conséquences sur le comportement hydraulique des masses d'eau, et donc sur ce qu'elle transporte notamment l'impact sur la turbulence et le courant, qui, lorsqu'ils diminuent ou s'absentent peuvent provoquer une sédimentation de la charge solide présente dans la masse d'eau.
- A l'inverse, les zones endiguées et avec une forte densité de population comme de Marmande à Bordeaux, ont des concentrations en MPs élevées. Ces constructions permettent de maintenir la largeur du lit constante et donc la zone de déplacement des MPs augmente moins en période de crue.

Par ailleurs (fig. 7), trois pics de concentrations associés à des flux importants semblent correspondre à des pics de débits mesurés lors de la descente. Les forts débits remobilisent certainement les particules accumulées dans les sédiments avec des zones de fortes turbulences et les remettent en suspension augmentant ainsi la quantité de MPs retenue dans le filet.

Les Station d'ÉPuration des eaux usées (STEP) sont un point source potentiel des rejets de MPs (Akarsu et al.2019). Des STEPs sont localisées en amont des zones de prélèvement. Celle de Saint-Gaudens d'une capacité de 300 000 EH et qui rejette 2724 m³/j est à 1,5 km du prélèvement de Valentine. La concentration la plus élevée enregistrée à Sainte-Bazeille avec une forte proportion en PS est à proximité de la STEP de Marmande en amont d'une capacité de 30 000 EH (Portail d'information sur l'assainissement communal). La deuxième concentration la plus élevée est à Latresne, ce prélèvement en amont du rejet de la STEP de Begles d'une capacité de 408 333 EH. Ce point de prélèvement est susceptible d'être impacté par les rejets de cette STEP car il fait partie de l'estuaire de la Gironde, le courant pouvant transporter les MPs de l'aval vers l'amont en fonction de la marée. En effet, les paramètres hydrauliques jouent aussi un rôle dans l'apport des MPs tenu par les fleuves. Il semblerait que les périodes de crue, mais aussi les apports extérieurs comme le ruissellement, les apports atmosphériques (lors de tempêtes) contribuent aussi à l'augmentation des ces concentrations en MPs.

A l'inverse, de faibles concentrations associées à de faibles flux sont identifiées dans les zones d'expansion, qu'elles soient naturelles ou artificielles. Les points de prélèvements situés à proximité de Golfech et Boé (aval du barrage de Malaussade, 15 millions de m³) et Gensac-sur-Garonne (aval du barrage de la retenue de La Brioulette) présentent des flux faibles ou nuls. L'impact du comportement hydraulique du fleuve sur le trajet de ces MPs semble avoir pour conséquence leur migration de la colonne d'eau vers les sédiments, compartiments dont seule une remobilisation majeure permettra leur remise en suspension.

Trois pics de concentration associés à des flux importants semblent correspondre à des pics de débit mesurés lors de la descente. (...) En effet, les paramètres hydrauliques jouent aussi un rôle dans l'apport des microplastiques tenu par les fleuves. (...) A l'inverse, de faibles concentrations associées à de faibles flux sont identifiées dans les zones d'expansion, qu'elles soient naturelles ou artificielles.

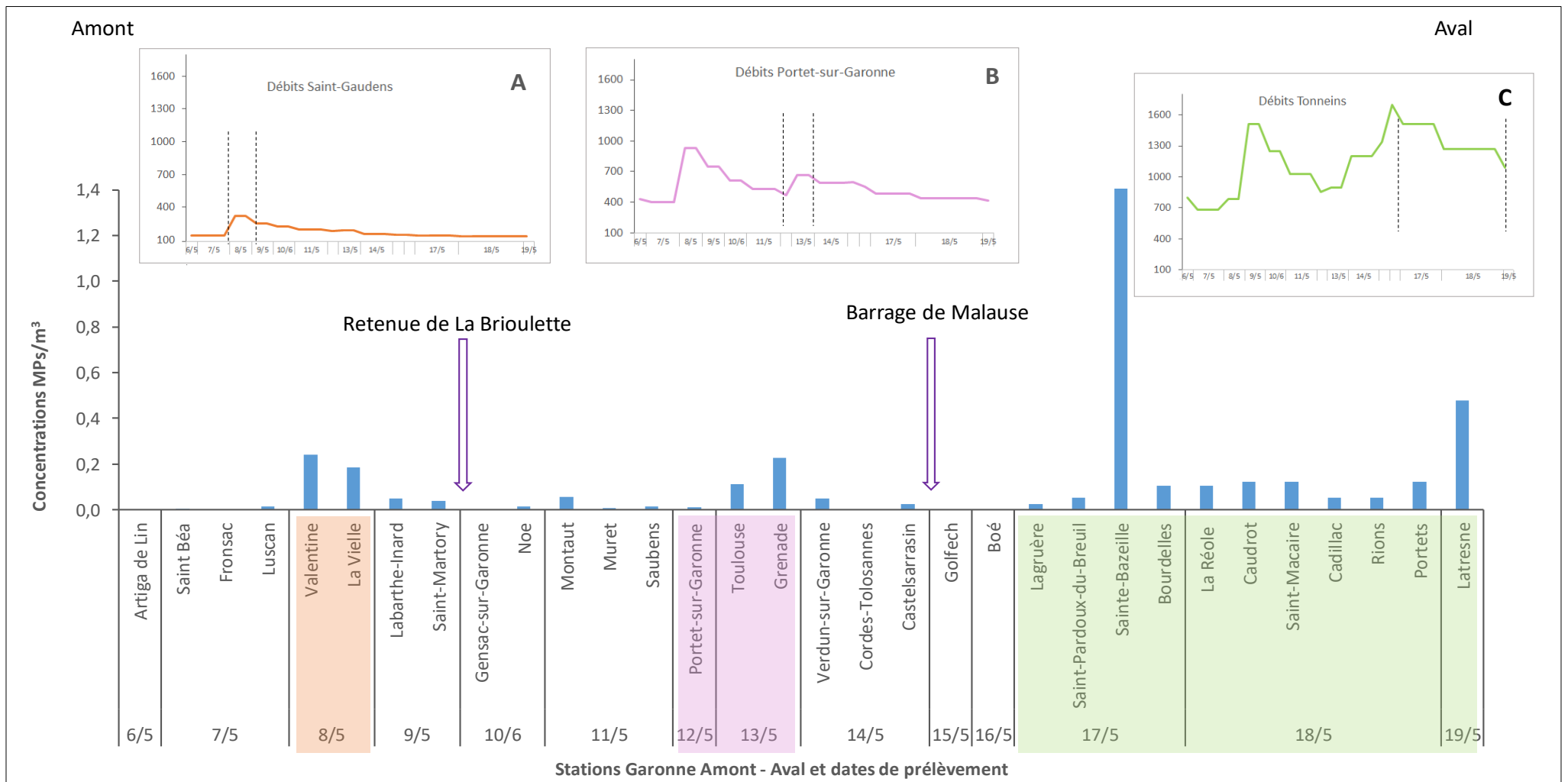


Figure 8 : Concentrations en MPs/m³ à chaque site et pour chaque date de prélèvement

La courbe orange (A) représente les débits journaliers mesurés à la station de Saint-Gaudens du 6 au 19 mai. Les pointillés noirs correspondent à la période à laquelle les prélèvements ont été effectués par l'équipe le 8 mai. La courbe violette (B) représente le débit journalier mesuré à la station de Portet-sur-Garonne du 6 au 19 mai, avec les pointillés qui correspondent à la période où les prélèvements ont été effectués par l'équipe le 12 et 13 mai. La courbe verte (C) représente le débit journalier mesuré à la station de Tonneins du 6 au 19 mai, avec les pointillés qui correspondent à la période où les prélèvements ont été effectués par l'équipe le 17, 18 et 19 mai.

Les deux flèches violettes représentent la position des principaux barrages sur la Garonne.

Conclusion

L'analyse qualitative a rendu possible la caractérisation des principaux types de polymères présents dans la Garonne. Le PolyÉthylène, le PolyStyrène et le PolyPropylène, sont, comme pour le fleuve de la Seine les MPs les plus présents en eaux de surface (Driss et al, 2017). A l'échelle Européenne, ils sont aussi les types de polymères les plus produits et utilisés en Europe. (PlasticEurope, The facts 2018)

Quant à l'analyse quantitative, elle légitime plusieurs hypothèses concernant le trajet et le devenir des MPs de l'amont vers l'aval. En effet, les concentrations en MPs minimales ont été observées dans des zones naturelles d'expansion de crues et des retenues de barrages associées à de faibles turbulences, interrompant la continuité du cours d'eau. Ces zones sont potentiellement des zones de piégeage temporaire des MPs dans les sédiments ou sur les berges. Ainsi, une partie de ces MPs pourrait se déposer dans la fraction sédimentaire, être ingérée par des organismes ou être ramenée sur les berges.

En parallèle, les résultats mettent en évidence un lien licite entre les conditions météorologiques extrêmes (fortes précipitations) et l'augmentation des concentrations en MPs. Cette contingence peut être manifestée par l'apport en MPs par ruissellement (diffuse), conjointe aux rejets localisés des STations d'ÉPuration des eaux usées des eaux gravitaires et la remise en suspension par les forts débits des MPs contenus dans les sédiments. Le fleuve n'est donc pas un continuum et les paramètres hydrodynamiques doivent être pris en compte pour comprendre comment les MPs sont transportés.

Cette étude tente d'exposer différentes sources potentielles, mais une stratégie adaptée devra être mis en place pour déterminer prioritairement quelle source est la plus problématique. La fragmentation des MPs est principalement liée aux rayonnements UVs (Scott, 1972), cependant celle-ci s'opère aussi en fonction de nombreux paramètres comme la température ambiante, le type de polymère et les additifs. Ainsi la fragmentation peut être considérée comme un élément seulement informatif sur le temps de résidence dans l'environnement, mais ce paramètre est aujourd'hui difficilement mesurable. Les MPs traversent des milieux différents : lentique (barrage), lotique (fleuve) et une partie estuarienne. Dans certains cas, l'échantillonnage de surface ne donne pas une vision exhaustive de la concentration en MPs de l'ensemble du fleuve. L'échantillonnage du compartiment sédimentaire, de la colonne d'eau ainsi que près des berges donnerait des informations supplémentaires sur leurs transports.

Enfin, le paramètre temporel et aussi à prendre en compte. La descente de la Garonne n'a pas été faite à la même vitesse que le courant qui variait de 2 à 4 m/s. Cela signifie qu'un prélèvement à un point n'est pas réalisé dans des conditions de courant similaire que le suivant, cela peut être confirmé par la nature des MPs.

Le produit de l'expérience à l'issue de l'expédition Nerri nous permet de dresser un bilan positif : en associant partenaires universitaires, collectivités et volontaires, nous constatons les effets d'une science impliquée à tous les niveaux. Du raisonnement initial aux solutions concrètes mises en œuvre, une autre Science voit le jour autour mêlant à des enjeux sociétaux et environnementaux majeurs. L'arrivée des polymères dans nos vies est à double tranchant, entre le formidable et l'obscur. Nombreuses utilisations sont vitales, d'autres contestables et certaines nuisibles. Il appartient à tous de participer au débat, de se joindre à l'équipage et apporter un fragment de réponse aux questions scientifiques sur le devenir des plastiques dans l'environnement, mais aussi celui impliquant nos modes de vies.

Plus d'informations sur : lapagaiesauvage.org/laboratoirecitoyen

V. Remerciements

Nous tenons tout particulièrement à remercier les 74 contributeurs qui ont permis à ce projet de voir le jour !

Encore merci à nos partenaires qui ont cru en nous : Jérôme Nissen de Itiwit, Nicolas Fayol de Tahe Outdoors France, Alban Gardès d'Adrenagliss, Thierry Trottouin de Veolia, Léa et Océane de La Vrac Mobile, Lucille et Thomas de L'autre Campagne, JP de l'Esquimau Kayak Club Lourdais, CNRS, SIGMA Clermont, Vincent Verney de l'Université Clermont Auvergne, Vincent Cadoret du SMEAG, Mathilde Monperrus et Laurent Lanceleur de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, Agence de l'Eau Adour Garonne, Paul de Chantier Tramasset, Christophe de Les Marins de la Lune, Cécile et tous les bénévoles de Champs d'Action. Et toutes les personnes qui nous ont hébergées et invitées à manger au chaud durant ces deux semaines pluvieuses !...



VI. Bibliographie

Akarsu, Ceyhan, Halil Kumbur, Kerem Gökdağ, Ahmet E. Kideys, et Anna Sanchez-Vidal. « Microplastics Composition and Load from Three Wastewater Treatment Plants Discharging into Mersin Bay, North Eastern Mediterranean Sea ». *Marine Pollution Bulletin* 150 (1 janvier 2020) : 110776. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110776>.

Castañeda, Rowshyra A., et al. "Microplastic pollution in St. Lawrence river sediments." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71.12 (2014): 1767-1771.

Dris, R., 2016. First assessment of sources and fate of macro and micro plastics in urban hydrosystems : Case of Paris megacity (phdthesis). Université Paris-Est. Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borero, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J., 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLOS ONE* 9, e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Lahens, Lisa, Emilie Strady, Thuy-Chung Kieu-Le, Rachid Dris, Kada Boukerma, Emmanuel Rinnert, Johnny Gasperi, et Bruno Tassin. « Macroplastic and Microplastic Contamination Assessment of a Tropical River (Saigon River, Vietnam) Transversed by a Developing Megacity ». *Environmental Pollution* 236 (1 mai 2018) : 661-71. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.005>.

« Market data: PlasticsEurope ». <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>.

Mani, Thomas, et Armin Hauk. « Microplastics profile along the Rhine River », décembre 2015. <https://www.nature.com/articles/srepl7988>.

Moore, Lattin, et Zellers. « Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California », mars 2011.

Rousse Ana et Lamy Thierry (2009). *Nerrivik. Les Enfants Rouges*, 80p. Frédéric; Bertho-Lavenir, Catherine (1996). *Histoire des médias : de Diderot à Internet*. Paris : Colin, 351 p.

Sharma, Shivika & Chatterjee, Subhankar. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*. 24. 10.1007/s11356-017-9910-8.

Sanchez, W. (2014). Contamination des poissons d'eau douce par les microplastiques.

Scott, G. (1972). Plastics packaging and coastal pollution. *International Journal of Environmental Studies*, 3, 35-36.

Wagner, M. et al. (2014): Microplastics in Freshwater Ecosystems: What We Know and What We Need to Know. *Environ Sci Eur*. <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/s12302-014-0012-7.pdf>

VII. Liste des Acronymes

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

PCB : polychlorobiphényles

RE : résine

PA : polyamide

PDMS : silicone

CE : cellophane

PE : polyéthylène

PP : polypropylène

PET : Polyethylene terephthalate

µm : micromètre

UV : Ultra Violet

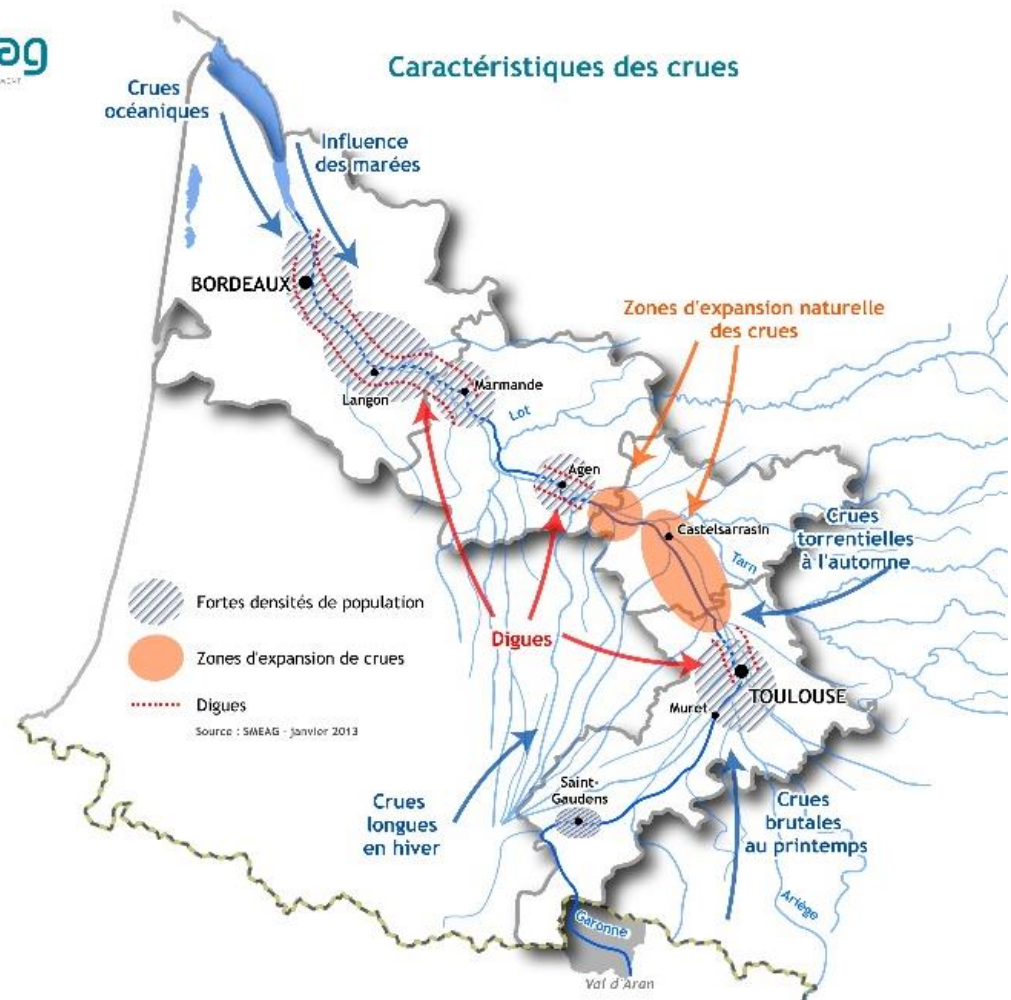
MPs : microplastiques

STEP : STation d'ÉPuration des eaux usées

VIII. Annexe

ANNEXE 1

Caractéristiques des crues sur le fleuve Garonne



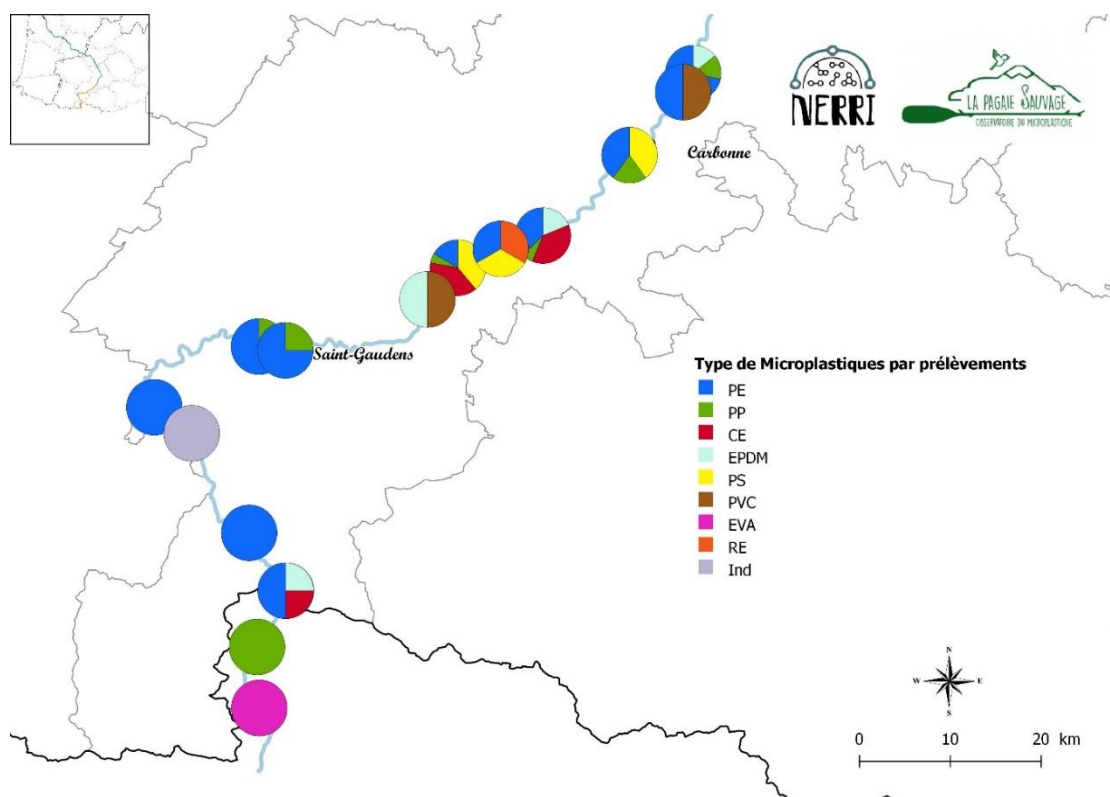
ANNEXE 2

Principaux résultats de la descente de la Garonne du 7 au 19 mai 2018

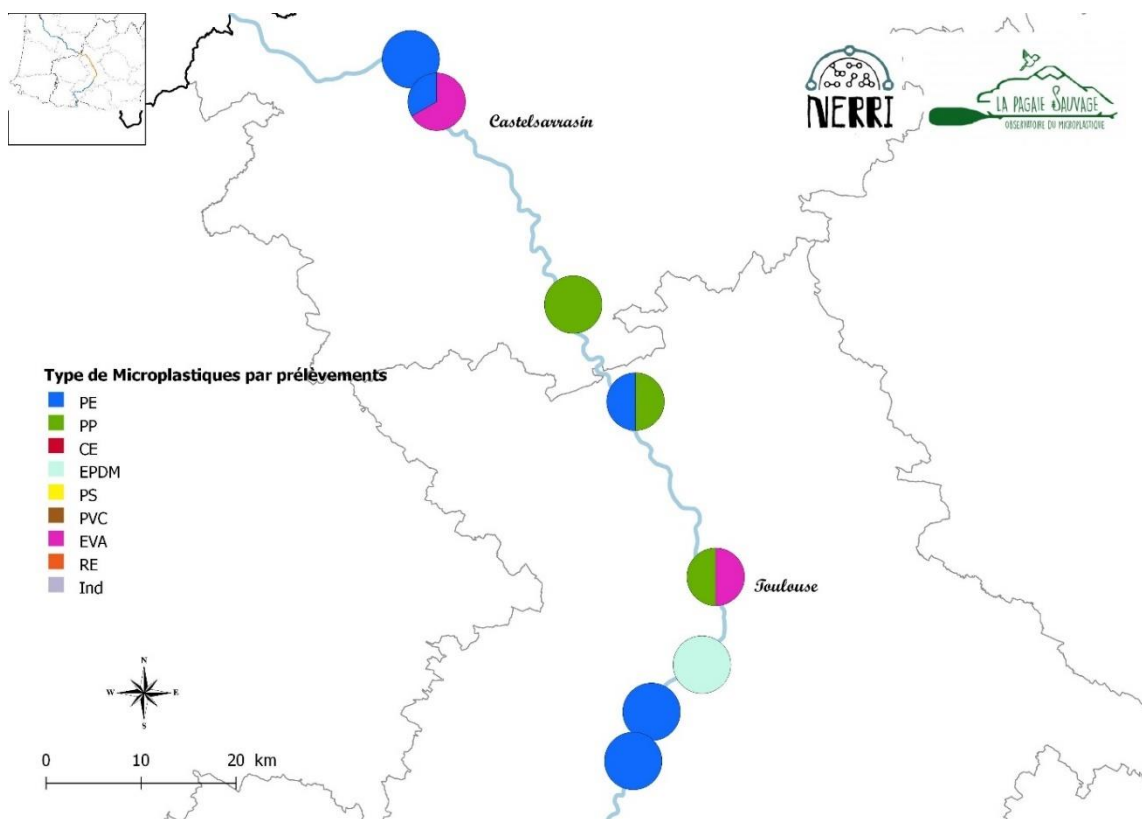
Ville	Nombre de MPs	Débit journalier m ³ /s	Concentration MPs/m ³	Flux MPs/s
Artiga de Lin	0		0,00	0
Saint Béra	1	75	0,005	0,4
Fronsac	0	88	0,00	0
Luscan	2	88	0,01	1
Valentine	5	316	0,24	76
La Vielle	4	316	0,18	58
Labarthe-Inard	1	316	0,05	15
Saint-Martory	2	268	0,04	10
Gensac-sur-Garonne	0	268	0,00	0
Noé	2	453	0,02	7
Montaut	7	371	0,06	21
Muret	1	371	0,01	3
Saubens	2	371	0,02	6
Portet-sur-Garonne	1	469	0,01	5
Toulouse	2	663	0,11	75
Grenade	4	663	0,23	151
Verdun-sur-Garonne	1	729	0,05	35
Castelsarrasin	3	729	0,02	17
Golfech	0		0,00	0
Boé	0		0,00	0
Lagruère	2	1510	0,03	39
Saint-Pardoux-du-Breuil	3	1510	0,05	78
Sainte-Bazeille	27	1510	1,43	2157
Bourdelles	2	1510	0,10	157
La Réole	2	1270	0,10	157
Caudrot	7	1270	0,12	157
Saint-Macaire	7	1270	0,12	157
Cadillac	3	1270	0,05	67
Rions	1	1270	0,05	67
Portets	2	1090	0,12	135
Latresne	9	1090	0,48	520

ANNEXE III idem pour ces 2 figures

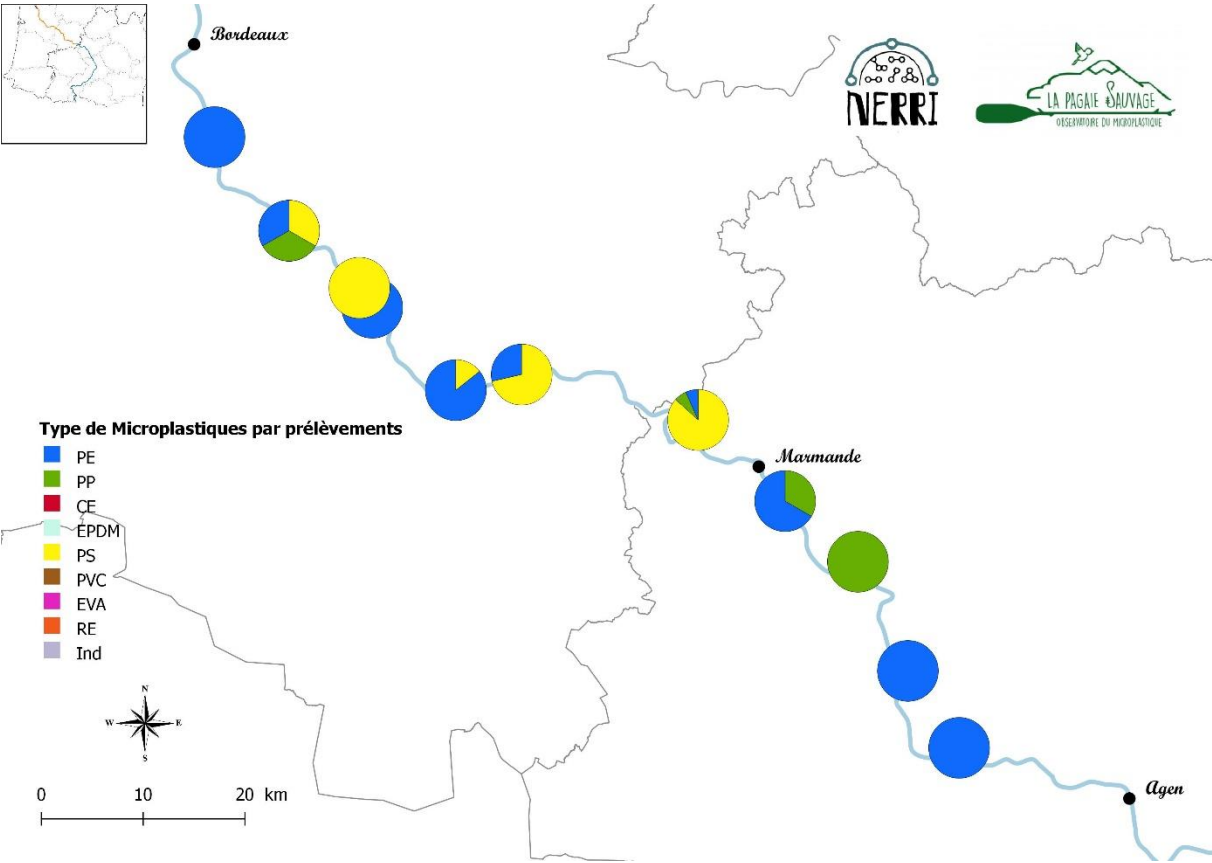
Proportion des types de microplastiques dans chacun des prélèvements réalisés le long du fleuve Garonne (Carte sud)



Proportion des types de microplastiques dans chacun des prélèvements réalisés le long du fleuve Garonne (Carte Est)



Proportion des types de microplastiques dans chacun des prélèvements réalisés le long du fleuve Garonne (Carte Nord)



ANNEXA IV :

Les menus de l'expédition

Recettes Dejeuner	Nouilles légumes asiatiques	Riz légumes asiatiques	Lentilles/Quin oa Kale	Feijoada	Macaronis fromage	Couscous Haricots	Chana Masala	Hummus et barre maïs	Ramen haricots	Riz légumes asiatiques
Mode d'emploi	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Réhydrater les macaronis et légumes pendant 10 min. A côté, réhydrater la sauce pendant 5 et verser la sur les pâtes.</i>	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Réhydrater pendant 9 min</i>	<i>Faire cuire 5 min les ramen dans le mélange poudreux et ajouter la sauce</i>	<i>Réhydrater les macaronis et légumes pendant 10 min. A côté, réhydrater la sauce pendant 5 et verser la sur les pâtes.</i>
Ingrédients	4 cup pasta nouilles cassées 4 teaspoon lin moulu 1 cup chopped roasted peanuts 1 cup freeze dried mixed vegetables 3 teaspoons bouillon de légumes 8 tablespoons powdered peanut butter 3 teaspoons aromates séchés 1 teaspoon garlic powder 1 teaspoon ground ginger 4 pinch of ground cayenne pepper (or more if you want it spicier) une demi teaspoon ground black pepper 1 teaspoon salt (or more to taste)	3 cup riz 4 teaspoon flaxseed 1 cup proteines de soja 1 cup chopped roasted cashews 1 cup freeze dried mixed vegetables 4 tablespoon freeze dried onions (or 1 teaspoon dried onion flakes) 3 teaspoons bouillon de légumes 3 teaspoons curry powder 1 teaspoon garlic powder une demi teaspoon ground black pepper 1 teaspoon salt (or more to taste)	4 cup dehydrated cooked quinoa 4 cup dehydrated cooked lentilles 32 tablespoons coconut milk powder 16 teaspoon kale powder 16 teaspoon curry powder 4 vegetable bouillon cube 4 handful freeze- dried caramelised red onion Salt, to taste	1 cup dehydrated cooked rice 1 cup dehydrated black beans 2 tablespoons soja miettes 4 teaspoon dried parsley 2 teaspoon bouillon powder 2 teaspoon smoked paprika 1 teaspoon onion powder un demi teaspoon garlic powder	1 cup dehydrated vegetables 2 cup dehydrated macaronis 8 teaspoon cheedar 4 teaspoon milk creamy 1 vegetable bouillon cube 1 teaspoon oignons	2 Cup couscous 1 Cup dehydrated black beans 1 Cup dehydrated vegetables- try French cut green beans, tomatoes, corn, and onions, abRICTOS 2 Cube vegetarian bouillon	2 tablespoons olive oil 1 onion, diced 2 garlic cloves, minced 1 teaspoon grated fresh ginger root 1 teaspoon Chana Masala powder 1 can (400g/14oz) canned diced tomatoes Salt to taste Sugar to taste 1 can (400g/14oz) canned chickpeas, drained 1 tablespoon coriander leaves, chopped 1 cup dehydrated cooked basmati or jasmine rice	1 can chickpeas; drained and rinsed 1 garlic clove, minced 2 tablespoons tahini 3 tablespoons fresh lemon juice Sea salt to taste 1/2 teaspoon paprika 1/2 teaspoon ground cumin 3 tablespoons water, plus more if needed 3 packets extra virgin olive oil for serving + les barres de maïs	16 tablespoons coconut milk powder 4 teaspoon yellow curry paste 4 block ramen noodles 1 cup dehydrated frozen vegetable mix For the sauce: 4 tablespoon peanut butter 4 tablespoon soy sauce 4 teaspoon rice vinegar 4 teaspoon sriracha sauce 4 clove garlic, miced	3 cup riz 4 teaspoon flaxseed 1 cup proteines de soja 1 cup chopped roasted cashews 1 cup freeze dried mixed vegetables 4 tablespoon freeze dried onions (or 1 teaspoon dried onion flakes) 3 teaspoons bouillon de légumes 3 teaspoons curry powder 1 teaspoon garlic powder une demi teaspoon ground black pepper 1 teaspoon salt (or more to taste)

Recettes Souper	Soupe courge et Cahpati	Risotto champignons	Curry de courges	Dhal	Soba Légumes	Gnocchi courges	Couscous de courges	Orzo pesto	Gnocchi	Soba Soja
Mode d'emploi	Réhydrater pendant 9 min le mélange pour soupe. Délayer le mélange pour chapatis, et faire revenir des petits boules aplatis dans le ghee	Réhydrater pendant 9 min	Réhydrater pendant 9 min	Réhydrater pendant 10 min. Fire revenir le tout dans le ghee	cuire à feu doux pendant 10 min	délayer délicatement le mélange à gnocchi avec de l'eau, et façonner de petites boules. Plonger les boules dans de l'eau bouillante jusqu'à ce qu'elles remontent à la surface. Mélanger le tout avec le nécessaire pour la sauce.	Réhydrater pendant 9 min	Faire cuire l'orzo et les pois cassés dans de l'eau bouillante. Egoutter et ajouter le pesto et le mélange de fromage.	délayer délicatement le mélange à gnocchi avec de l'eau, et façonner de petites boules. Plonger les boules dans de l'eau bouillante jusqu'à ce qu'elles remontent à la surface. Mélanger le tout avec le nécessaire pour la sauce.	Réhydrater pendant 9 min
Ingrédients	1 cup curried pumpkin powder 12 tablespoons coconut milk powder Salt Pepper 4 teaspoon pumpkin seeds 1 cup all-purpose flour 4 tablespoon full cream milk powder Pinch of salt Ghee for brushing	3 cup dehydrated cooked rice (Arborio) 3 cup dried mushroom mix (porcini, portobello and cremini) 1 vegetable bouillon cube 3 teaspoon dried parsley 1 teaspoon dried thyme Salt Pepper 8 tablespoons freeze-dried grated Parmesan cheese	1 cup dehydrated cooked basmati rice 1 cup dehydrated canned chickpeas 8 handfuls dehydrated spinach 8 tablespoons curried pumpkin powder 8 tablespoons coconut milk powder 1 bouillon de légume et ail	2 teaspoon turmeric powder 2 teaspoon ground coriander 2 teaspoon ground cumin 1 teaspoon ground cinnamon un demi teaspoon chili powder 3, 5 cup quick-cooking rice 3 tablespoon ghee 3 small shallot 3 clove garlic 24 tablespoons quick-cooking red lentils Salt	8 tablespoons dehydrated mixed bell peppers 4 tablespoon dehydrated mushrooms 4 bundle (about 240 g/ 8 oz.) soba noodles 1/2 cup dehydrated or freeze-dried beef mince 4 teaspoon chili sauce 4 teaspoon light soy sauce 4 teaspoon fish sauce	For gnocchi: 8 tablespoons dehydrated pumpkin powder 4 tablespoon whole egg powder 16 tablespoons all-purpose flour Salt to taste For sauce: 4 tablespoon ghee 2 teaspoon dried sage 2 tablespoon freeze-dried grated Parmesan cheese	2 cup couscous 2 cup dehydrated canned chickpeas 8 handfuls dehydrated spinach 8 tablespoons curried pumpkin powder 8 tablespoons coconut milk powder	4 tablespoon pine nuts, lightly toasted Salt 2 cup orzo pasta 4 tablespoon pesto sauce 8 tablespoons freeze-dried touts fromages	4 handful chopped sun-dried tomatoes 4 cup dried sarrasin 4 teaspoon dried oregano 4 clove garlic Salt Pepper 4 tablespoon freeze-dried grated Parmesan cheese	1 cup TVP granules 8 tablespoons dried porcini mushrooms 4 teaspoon dry gravy mix 4 tablespoon milk powder 1 teaspoon dried thyme Salt Pepper