

COLLEGE SCIENCES & TECHNOLOGIES POUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE LA COTE BASQUE
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Biologie des Organismes



Étude de la distribution des microplastiques et macroplastiques sur le bassin versant de la Leyre en relation avec le cumul d'habitants



Hippolyte Sanchez

Stage effectué du 23/03 au 27/05/2024 au sein de l'association La Pagaie Sauvage
sous la direction scientifique de Mme Durantou Lise

" Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil "

Résumé :

Le plastique est un matériel peu cher, léger et résistant, ce qui en a fait une des matières les plus utilisées du 21^{ème} siècle. Cette utilisation massive a conduit au rejet de polluants plastiques dans les océans de façon massive. Ces plastiques pouvant être de différentes tailles (macroplastiques ; microplastiques ; nanoplastiques), ils se répartissent dans tous les milieux aquatiques. L'étude menée portera sur l'analyse des concentrations en microplastiques et en macroplastiques sur la Leyre, principale source d'eau douce du Bassin d'Arcachon. Les prélèvements réalisés seront compilés avec des données déjà existantes provenant de l'association la Pagaie Sauvage, mais également de l'expédition TerreM'Eyre 2023. A ces données seront ajoutées le facteur cumul de population afin de déterminer un impact potentiel des habitants sur une des pollutions. Après analyse, il sera découvert une corrélation entre les macroplastiques et le cumul de population. Cette étude nécessite cependant à la vue des résultats, d'un nombre plus important de données afin d'avoir une meilleure représentativité des résultats.

Mots clés : Microplastiques ; Macroplastiques ; Cumul de population ; Répartition ; Prélèvements ; Sciences citoyennes ; Leyre ; Rivière

Remerciements :

Mes remerciements vont dans un premier temps aux membres de la [Pagaie Sauvage](#) pour l'opportunité de stage proposée, l'encadrement et le soutien dont ils ont fait preuve. Je pense notamment à Mr Alexandre SCHAAL, président de l'association, ainsi qu'à Lise DURANTOU, chargée de mission et tutrice de stage pour m'avoir accordé sa confiance et transmis ses connaissances tout au long du stage.

Je remercie Laurent LANCELEUR, enseignant-chercheur de l'UFR Sciences et Techniques de la côte Basque, pour m'avoir permis d'accéder au laboratoire. Ainsi que de m'avoir aidé dans les multiples possibilités d'interprétation possibles des données à ma disposition, m'avoir apporté conseils, assistance et connaissances spécifiques au sujet et au milieu étudié.

Merci à Tanguy Grolhier et à Florane Michel du [PNMBA](#) pour les échanges fructueux et le partage de données pendant mon stage. Merci également à Laurent Desgraves, technicien rivière au [PNRLG](#), pour ses conseils dans l'élaboration de la campagne de prélèvement.

Merci également à Valérie BOLLIET, référente de la promotion de L3 et enseignante chercheuse, ainsi qu'à Charlotte RECAPET, maître de conférences en écologie et évolution, pour leurs conseils dans l'élaboration d'un jeu de données adapté à l'étude menée durant le stage, ainsi que pour leurs précieux conseils.

Merci à Yann LALANNE pour ses conseils, son encouragement, et son aide dans la recherche de stage, notamment pour m'avoir transmis l'offre de stage de l'association.

Merci également à Manon Harrewyn, ingénieure [FABLAB](#) pour m'avoir permis d'accéder aux locaux du laboratoire, et de m'avoir prêté du matériel.

Merci à l'Agence de l'Eau pour avoir pris en charge les frais liés au stage comme les accès au laboratoire, sans qui les analyses n'auraient pas pu être réalisées.

Enfin je remercie mon camarade et ami Martin Pueyo, stagiaire au sein de l'association, m'ayant aidé dans la collecte et l'analyse des données récoltées lors de l'expédition terrain organisée.

Avant-Propos :

L'étude présentée dans ce rapport a été réalisée au sein de l'association Pagaie Sauvage. Celle-ci aspire au développement de connaissances sur les microplastiques dans les cours d'eau de France métropolitaine. La récolte de données est réalisée majoritairement par des bénévoles du laboratoire citoyen, ce qui en fait les premiers acteurs. Les sciences participatives sont un moyen très rentable d'acquérir des données. Elles sont également une solution efficace pour récolter des échantillons sur une vaste aire géographique, rapidement, et ce, en grande quantité. La réalisation de prélèvements est rendue facile à l'aide d'outils très accessibles, le tout en sensibilisant les acteurs qui prennent part aux collectes. Les échantillons sont envoyés au laboratoire, analysés par les scientifiques de l'association, et les résultats publiés dans la base de données ouverte au public.

Par ailleurs, La Pagaie Sauvage agit pour mobiliser le public en proposant notamment des interventions auprès du grand public (ateliers, conférences...), ainsi que des expéditions scientifiques et citoyennes dans le cadre de l'accompagnement des collectivités.

Table des matières

Résumé :
Remerciements :
Avant-Propos :
Introduction : 1
Matériel et méthodes : 3
I. Les microplastiques	3
a. Protocole d'échantillonnage/récolte de données microplastiques	3
b. Analyse des échantillons microplastiques	4
1. Tamisage	4
2. Dégradation de la matière organique.....	4
3. Préparation à l'observation des microplastiques	4
4. Identification des microplastiques	5
c. Quelques précisions sur les données microplastiques	5
d. Organisation de la campagne de collecte de données	6
e. Marges d'erreurs dans l'analyse des concentrations en microplastiques	7
II. Les données macroplastiques.....	8
III. Statistiques	8
Données supplémentaires : Les données démographiques.....	9
Résultats et Discussion : 9
I. Relation entre microplastiques et cumul d'habitants	9
a. Résultats généraux.....	9
b. Les marges d'erreurs pour les prélèvements microplastiques	10
c. Relation entre le cumul de population et la concentration en microplastiques	11
II. Relation entre macroplastiques et cumul d'habitants	12
a. Résultats généraux.....	12
b. Données Macroplastiques par rapport au cumul de population	12
III. Quelles sont les causes et les conséquences de ces différents comportements ?....	13
a. Répartition des microplastiques	13
b. Répartition des macroplastiques	14
c. L'influence sur le Bassin d'Arcachon	15
IV. Les sources d'erreur dans la quantification des microplastiques	18
Conclusion : 20
Références bibliographiques : 20
ANNEXES.....	22

Introduction :

Le plastique est une invention révolutionnaire au 20^{ème} siècle. Utilisé dans notre société pour sa polyvalence, sa durabilité et son faible coût de production, l'humanité en a produit 10 milliards de tonnes depuis 1960. En 2022, plus de 400 millions de tonnes de plastiques qui ont été produites à travers le monde, dont 58,7 millions de tonnes en Europe (*Plastics – the fast Facts 2023 • Plastics Europe 2023*). La majorité du plastique européen est produit à partir d'une base fossile, et ne laisse pas le marché des plastiques recyclés de se développer. En effet plus de 90 % des plastiques produits sont issus de la transformation d'hydrocarbures.

Le plastique est un matériau très résistant. L'Homme en a développé de nombreux types aux différentes structures et compositions synthétiques. Cela leur permet de résister à de nombreuses contraintes comme l'étirement, la contraction, les chocs ou encore l'abrasion. Cet avantage est également un problème pour l'environnement. La majorité des plastiques produits sont à usage unique, et immédiatement jetés après leur utilisation. Près de 81 % des plastiques mis en circulation deviennent des déchets au bout d'une année (*Pollution plastique : une bombe à retardement ? 2020*). Ces plastiques s'ils ne sont pas traités correctement, peuvent être jetés et dispersés dans la nature. Malgré de nombreux efforts, cette culture du jetable se développe au détriment de l'environnement.

Il existe différents types de déchets plastiques. Les macroplastiques sont des objets ou des fragments d'objets d'une taille supérieure à 5 mm (Fisson et al). Ils sont visibles à l'œil nu et peuvent provenir de différentes sources comme les usines, les activités agricoles, ou plus simplement de la consommation de produits par l'Homme. Ils peuvent être classés dans différentes catégories selon les études menées. Par exemple, lors de l'expédition [TerreM'Eyre](#) réalisée en 2023 dont le but était la collecte de macrodéchets, la convention OSPAR a été appliquée, classant les déchets selon les catégories : Polymère artificiel ; Caoutchouc ; Vêtement/Textile ; Papier/Carton ; Bois usiné/travaillé ; Métal ; Verre/Céramique. Il y a ensuite les microplastiques qui sont des particules de plastique issus de différentes dégradations des macroplastiques qui peuvent être biotiques avec les micro-organismes, ou abiotiques avec les rayons ultra-violet, l'oxygène, l'eau... (*Pollution plastique : une bombe à retardement ? 2020*). Ces plastiques ont une taille maximale définie de 5 millimètres. La taille minimale est cependant différente selon les rapports, mais elle est généralement de 300 µm (Mausra, Foster 2015). Ils peuvent également être classés dans différentes catégories selon les protocoles appliqués. Dans ce rapport, les microplastiques sont classés parmi les catégories : Microbille ; Anguleux ; Pellet ; Film ; Mousse ; Filament ; Fibre. Enfin, il y a les nanoplastiques qui correspondent à des particules dont la taille est comprise entre 1 nm et 1000nm. Ils résultent eux aussi de la dégradation de déchets macroplastiques et peuvent être le résultat de la dégradation de déchets microplastiques (Arini et al. 2023).

Ces différents types de plastiques se retrouvent aujourd'hui partout dans la nature et ont tous le même point de rejet final : les océans. Il a été estimé que, chaque année, plus de 10 millions de tonnes de plastiques sont déversées dans les océans, entraînant la pollution des écosystèmes, la détérioration des paysages et la propagation de maladies. Le tristement connu « septième continent », ou « continent de plastique » reflète bien cette pollution, puisque s'y accumule dans cette zone du Pacifique Nord des concentrations allant jusqu'à 678 particules de plastiques par m³ (*Pollution plastique : une bombe à retardement ? 2020*).

Ce déversement dans les océans est majoritairement d'origine continentale, c'est-à-dire que les déchets sont rejetés dans la nature par les multiples activités anthropiques qui se déroulent dans les terres (Lebreton et al. 2017). Il a été estimé que 80 % des déchets que l'on retrouve dans les océans sont issus des activités terrestres, contre 20 % pour les activités marines (*Pollution plastique : une bombe à retardement ?* 2020). Les polluants libérés dans la nature sont soumis à différents facteurs environnementaux. Ils sont dégradés et transportés, finissent dans les cours d'eau, rivières et fleuves, qui se jettent eux même dans les bassins et les océans. Il a été estimé qu'entre 1,5 et 2,4 millions de tonnes de déchets sont rejetés dans les océans par le biais des rivières et des fleuves (Lebreton et al. 2017).

Un exemple de zone sensible à la pollution et très fréquentée est le Bassin d'Arcachon. Cette zone présente une forte affluence de 700 000 visiteurs sur la période avril-septembre. Les risques de déversements de déchets plastiques y sont élevés, surtout en période estivale. C'est également dans le Bassin d'Arcachon que se déversent de nombreux cours d'eau pouvant véhiculer des polluants (Plus et al. 2009). Parmi eux, les plus importants sont : le Canal des Landes, le Canal des Etangs, et la Leyre qui prend sa source 100km au Sud traversant le Parc naturel régional des Landes de Gascogne (Tapie, Budzinski 2018).

Cette dernière est particulièrement importante car elle couvre une immense superficie et est responsable du déversement de 73% de l'eau douce déversée dans le Bassin d'Arcachon (Plus et al. 2009). Traversant la réserve ornithologique du Teich, et labellisée [rivière sauvage](#), c'est une zone privilégiée de nombreuses espèces. D'une grande importance écologique, ce site emblématique est au cœur d'une économie régionale tournée vers le tourisme. De sa source jusqu'à son exutoire dans le bassin d'Arcachon classé [Ramsar](#), le bassin-versant de la Leyre figure en totalité dans l'aire du Parc Naturel des Landes de Gascogne. Son état est donc primordial à étudier et à surveiller pour préserver l'écosystème qu'elle contribue à maintenir. Elle est constituée de 2 principaux affluents : la Grande Leyre et la Petite Leyre qui prennent leur source à deux endroits différents. Elles se rejoignent ensuite à Moustey au « Hourc de Leyre » pour former la Leyre. Chacun de ses bras possède ses propres petits affluents, ce qui fait que cette rivière couvre une surface très importante. Avec une telle couverture, il y a plus de chances d'être en contact avec des activités anthropiques, augmentant ainsi le risque d'y recevoir des polluants. Dans cette étude, « La Leyre » correspond à la Grande Leyre et la Leyre.

Cette rivière traverse de nombreuses zones de caractéristiques différentes (urbaines, sauvages, industrielles...) (*Rapport environnemental (2013) du SAGE Leyre, cours d'eau côtiers et milieux associés révisé | Gest'eau 2013*). Étant donné le peu d'études sur la pollution plastique de la Leyre, il pourrait être judicieux d'étudier comment se répartissent les microplastiques et les macroplastiques sur cette rivière. Avec la diversité des zones bordant la Leyre, inclure le facteur de population serait également un moyen de se rendre compte de l'impact que pourrait avoir la répartition de la population le long de la rivière. Ainsi on pourrait observer comment les deux pollutions se comportent en fonction du cumul de population.

Notre hypothèse de départ est qu'il y a une corrélation significative entre la répartition des macroplastiques et le cumul de population. A cause de leur structure et de leur utilisation fréquente, ils sont plus souvent rejetés, notamment dans des zones avec une forte activité, et ont tendance à ne pas s'éloigner de l'endroit où ils ont été jetés, et à s'échouer à cause de leur structure. A l'inverse il n'y aurait pas de corrélation significative entre le cumul de population et la concentration en microplastique car ces déchets se répartissent beaucoup mieux avec

leur petite taille. Il n'empêche que certaines zones avec une forte activité puissent contribuer à une pollution plus importante de certaines zones de la rivière.

En 2015 des scientifiques de l'Université de Washington Tacoma et de l'université George Mason a développé un manuel d'étude intitulé « *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment* ». L'objectif de cet ouvrage est de proposer aux scientifiques une méthode d'analyse des échantillons aquatiques simple et accessible. Supporté par le « National Oceanic and Atmospheric Administration », le protocole NOAA utilisé dans cette étude a été créé (Mausra, Foster 2015). C'est ce protocole qui a été utilisé dans cette étude pour analyser les échantillons microplastiques.

Matériel et méthodes :

I. Les microplastiques

a. Protocole d'échantillonnage/récolte de données microplastiques

L'association La Pagaie Sauvage utilise la science participative afin de récupérer des données permettant l'étude de la répartition des microplastiques dans les rivières. Cela signifie que ce sont des bénévoles de l'association, à savoir des particuliers œuvrant en collaboration avec des membres de l'association, qui se déplacent sur le terrain. Lors d'une collecte, des prélèvements de microplastiques sont effectués et les métadonnées qui y sont associées (coordonnées GPS, vitesse du courant, largeur de la rivière...) sont récupérées via un questionnaire. Ces données sont essentielles afin de déterminer ultérieurement les concentrations en microplastiques. Des campagnes de prélèvements sont organisées dans toute la France métropolitaine. Les méthodes de collecte peuvent cependant varier selon le budget et le type de personne. Il existe au total 3 méthodes de collecte d'échantillons :



Figure 1: Filet MANTA

Le filet Manta se compose d'un filet à plancton dont les mailles mesurent 300 μm , d'une aire d'entrée rectangulaire en acier inoxydable et de flotteurs lui permettant de rester en surface (Figure 1). Il est parfois complété d'équipements électroniques permettant la mesure de paramètres aquatiques.

Le filet BASA (*Bongo Artisanal pour les Sciences des milieux Aquatiques*) est également composé d'un filet à plancton dont les mailles mesurent 300 μm (Figure 2). Cependant, son aire d'entrée est en plastique et non en acier et il n'est pas équipé de flotteurs.



Figure 2 : Filet BASA

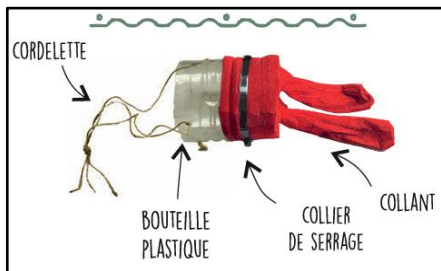


Figure 3 : Filet BABYLEGS

Le Babylegs est un dérivé du filet Manta ([Max Liboiron, CLEAR Lab](#)). Celui-ci est composé de collants de bébés qui sont fixés à une section de bouteille en plastique qui fait office d'aire d'entrée, le tout maintenu par un collier de serrage (Figure 3). Ce filet est simple à fabriquer mais nécessite le changement du collant après chaque prélèvement car les mailles peuvent s'abîmer et s'étirer après utilisation, laissant passer davantage de particules. Ils peuvent être envoyés au laboratoire par la poste.

b. Analyse des échantillons microplastiques

1. Tamissage



Figure 5 : Tamis 5mm et 300µm superposés

Une fois récoltés, les échantillons doivent être traités avant de pouvoir être analysés. En effet, un nombre important de débris dans un échantillon pourrait empêcher une analyse efficace. L'échantillon est passé au travers de deux tamis superposés dont les mailles sont de tailles différentes (Figure 4). Le tamis supérieur présente des mailles de 5 millimètres, tandis que le tamis inférieur est composé de mailles de 0,3 millimètres ([Annexe 1](#)). Cette étape a pour but de récupérer les fragments qui restent bloqués entre les deux tamis et dont la taille est comprise entre 0,3 et 5 millimètres. Les résidus sont rincés à l'eau claire puis transférés dans un bécher à l'aide d'une spatule.

2. Dégradation de la matière organique

Parmi les résidus, il y a toujours de la matière organique qui doit être dégradée afin d'analyser plus précisément l'échantillon. Pour cela, du peroxyde d'hydrogène dilué à 15% est ajouté dans le bécher. La solution est mélangée avec un agitateur magnétique et chauffé à 75°C pendant 2 heures (Figure 5), sous une hotte. Grâce à cette étape, la matière organique est digérée, ce qui lui donne un aspect blanchâtre permettant une distinction aisée des microplastiques contenus dans l'échantillon.



Figure 4 : Digestion d'un échantillon sur plaque chauffante

3. Préparation à l'observation des microplastiques

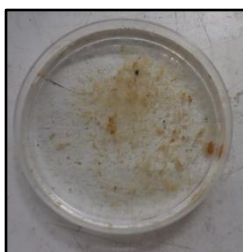


Figure 6 : Echantillon digéré, prêt à être analysé

Après digestion de la matière organique, le contenu du bécher est à nouveau passé au travers des tamis, préalablement nettoyés (Figure 4). Cela permet de s'assurer d'éliminer les derniers fragments de matière organique supérieurs à 5 mm et inférieurs à 0,3 mm qui ne l'avaient peut-être pas été lors du premier tamisage. Les résidus récupérés entre les deux tamis sont rincés à l'eau claire avant d'être répartis dans plusieurs boîtes de Pétri afin d'être analysés (Figure 6).



Figure 7 : Matériel utilisé pour le comptage des microplastiques dans l'échantillon

4. Identification des microplastiques

Les microplastiques sont observés à la loupe binoculaire au grossissement x25. Ils sont comptés et classés selon leur forme (microbille, anguleux ; pellet ; film, mousse, filament). La couleur de chacun est également relevée (transparent ; noir ; blanc ; couleur).

L'identification des microplastiques est parfois uniquement visuelle, mais elle nécessite souvent l'évaluation de la texture ou de la résistance de ceux-ci. Celles-ci sont testées à l'aide de pinces en exerçant des pressions ou des étirements sur les fragments identifiés. Ainsi, il est possible de distinguer les microplastiques de possibles grains de sable ou résidus végétaux encore présents dans l'échantillon. Une fois qu'un microplastique a été identifié, il est retiré de la boîte de Pétri.

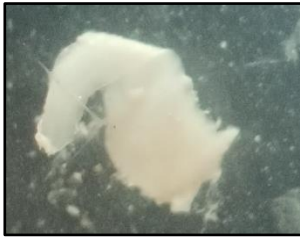


Figure 10 : Microplastique de type anguleux



Figure 10 : Microplastique de type filament

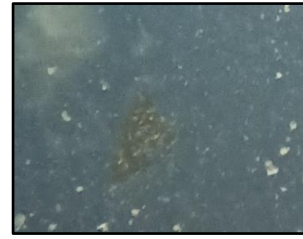


Figure 10 : Microplastique de type film

c. Quelques précisions sur les données microplastiques

Les données microplastiques proviennent de la base de données de la Pagaie Sauvage qui rassemble 6 ans de collecte de données et 600 prélèvements. Seules les données concernant les prélèvements sur la Leyre ont été extraites. Certaines d'entre elles étaient cependant inexploitable. En effet, les concentrations de certains prélèvements n'ont pas pu être calculées par manque d'une information : la vitesse de courant. Cela s'explique par le fait qu'au cours des 6 années de récolte de données, le protocole d'échantillonnage a évolué.

Ainsi, les premiers échantillons ne nécessitaient pas le remplissage de questionnaires et étaient analysés à l'œil nu, entraînant une perte d'informations, et une impossibilité de calculer certaines concentrations. Cela peut également s'expliquer par le fait que certaines données n'étaient pas remplies correctement dans le questionnaire par les. Pour y remédier, les vitesses de courant ont été calculées manuellement à partir de plusieurs données :

- Les données de débits mesurées par les stations hydrométriques de [Pissos](#) et de [Salles](#).
- La largeur des rivières avec l'outil de mesure de Google Earth 10.55.0.1 multithread
- L'hypothèse selon laquelle la profondeur moyenne annuelle de la Leyre est de 1 mètre

A partir de la formule de calcul du débit, on peut élaborer la formule de la vitesse du courant :

$$\text{Vitesse du courant (m/s)} = \text{débit (m}^3\text{/s)} / \text{surface verticale (m}^2\text{)}$$

Exemple d'un échantillon à Salles avec des données manquantes : à l'endroit du prélèvement, la rivière mesure 1 mètre de profondeur et 20 mètres de large ce qui nous donne une surface de 20 m². Le débit d'eau relevé à la date du prélèvement par la station hydrométrique qui se situe à quelques kilomètres indique un débit de 16,4 m³/s ce même jour.

$$\text{Vitesse du courant} = (16,4 \text{ m}^3\text{/s}) / (20\text{m}^2) = 0,82 \text{ m/s}$$

d. Organisation de la campagne de collecte de données

Les données déjà récoltées par l'association étant insuffisantes pour une analyse statistique. Au nombre de 21, et répartis de façon hétérogène, des informations étaient manquantes pour certaines zones de la rivière. Une campagne de prélèvements sur le terrain a donc été organisée. Pour définir quelle zone échantillonner, les emplacements des prélèvements réalisés par le passé ont été importés sur QGIS. Les zones concernées par un manque de données ont été identifiées. Ce sont ces zones qui ont donc été ciblées pour réaliser de nouveaux échantillonnages. Une multitude de points de prélèvements potentiels ont été placés de façon homogène afin de couvrir le maximum de surface. Les lieux de prélèvement les plus accessibles par la route ont été conservés. La réalisation des prélèvements est plus simple en été lorsque le niveau de l'eau est plus bas, et que la rivière est accessible en canoë. La campagne terrain a été organisée sur 2 jours, avec des prélèvements de l'aval vers l'amont.

L'objectif est de ne pas réaliser d'échantillonnage dans le sens du courant afin de ne pas réaliser de prélèvements plusieurs fois dans une section d'eau en mouvement que l'on retrouverait au prochain lieu de collecte. Le premier jour les prélèvements se sont déroulés entre Mios et Pissos. Le second jour, ils se sont déroulés de Pissos à Commensacq. Lors de cette campagne, les prélèvements ont été réalisés avec un filet BASA, et traités avec le protocole NOAA.

e. Marges d'erreurs dans l'analyse des concentrations en microplastiques

Il est possible qu'il y ait des erreurs de proportions dans le calcul des concentrations. Une marge d'erreur correspondant aux variations d'immersion de l'aire d'entrée du filet lors des prélèvements est appliquée. Cette marge d'erreur est de l'ordre de 75% et se calcule de la même manière pour la majorité des concentrations calculées. Pour la plupart des échantillons, le filet étant immergé à moitié, le calcul du volume d'eau filtré est donc basé sur $\frac{1}{2}$ aire d'ouverture du filet. La marge d'erreur pour ces prélèvements est donc calculée sur une base de 50% supérieur dans le cas d'une immersion totale du filet, et 25% inférieur dans le cas d'une immersion de $\frac{1}{4}$ de l'aire d'entrée du filet. L'immersion inférieur de 25% s'explique par le fait que au moins $\frac{1}{4}$ de l'aire d'entrée es immergée. Cependant la concentration de certains échantillons a été calculée avec une aire d'entrée de $\frac{3}{4}$. Dans ces cas, la marge d'erreur pour ces prélèvements a été calculée sur une base de 25% supérieur dans le cas d'une immersion totale du filet, et 50% inférieur dans le cas d'une immersion de $\frac{1}{4}$ de l'aire d'entrée du filet.

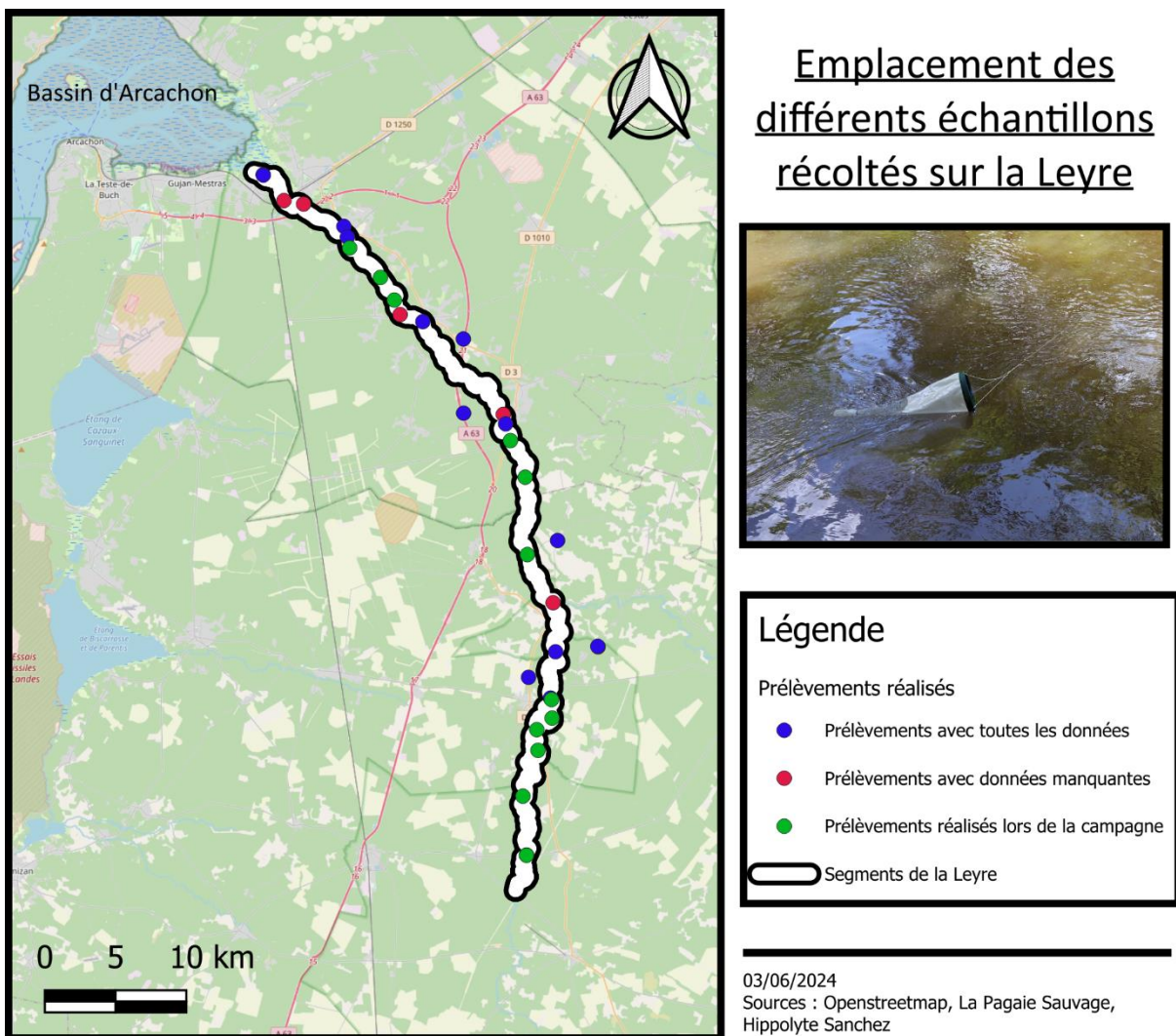


Figure 11: Carte représentant la dispersion de l'ensemble des échantillons réalisés sur la Leyre (Annexe 2)

II. Les données macroplastiques

Les données macroplastiques ont été récoltés lors de l'expédition [TerreM'eyre](#) qui a eu lieu en 2023 (Site Parc Naturel Marin Bassin d'Arcachon). Du 12 au 15 septembre de cette même année, dans une expédition organisée par La Pagaie Sauvage, le SAGE Leyre, le PNRLG et le Parc naturel marin du Bassin d'Arcachon, la Leyre a été divisée en 7 segments qui ont chacun été parcouru en canoë. L'objectif était de collecter des déchets, déterminer leur source, étudier leur répartition et proposer des mesures pour éviter ces pollutions. Ces macrodéchets ont été récoltés, comptés et caractérisés à l'aide de l'application [Plastics Origin](#) de Surfrider. A la suite de cette expédition, les données ont été rassemblées, traitées, et la quantité totale de macrodéchets pour chaque segment a été calculée. Cette quantité en kilogrammes a permis l'obtention d'une concentration en grammes par mètre linéaire, et ce pour chacun des tronçons. C'est sur la base de ces segments que les analyse de corrélation vont être réalisées.

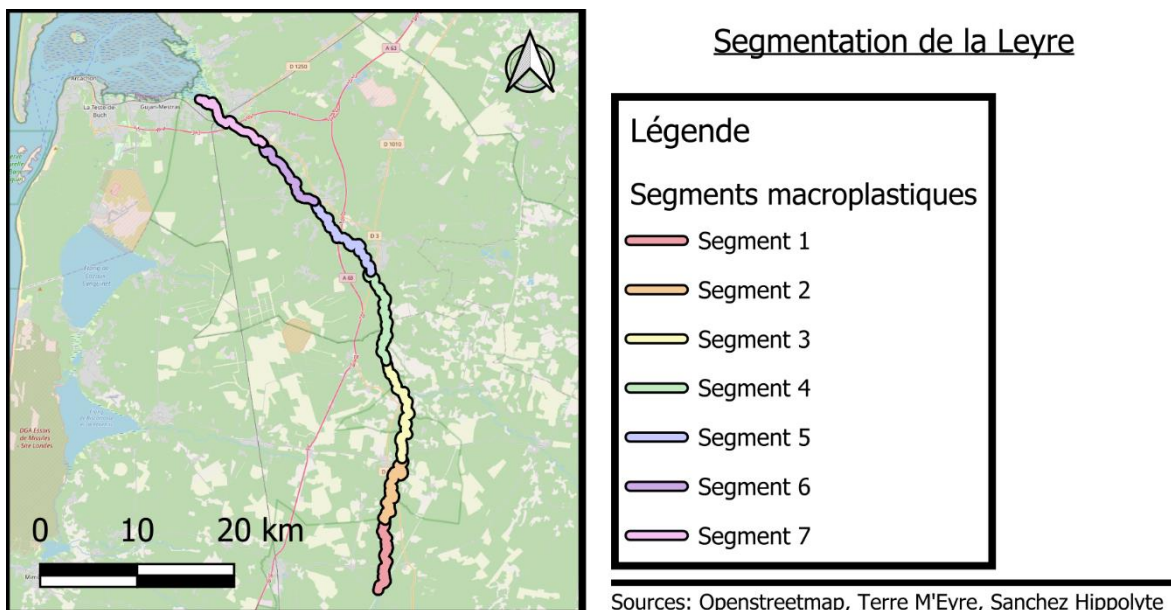


Figure 13: Carte représentant la segmentation de la Leyre durant l'expédition TerreM'Eyre 2023 (Annexe 3)

III. Statistiques

Dans cette étude, les variables étudiées sont quantitatives. Afin de déterminer quel test de corrélation mettre en place, il faut vérifier les conditions d'application de ce test qui sont : indépendance des observations, relation monotone, relation linéaire même sans valeurs extrêmes, grand échantillon ($n > 30$) ou variables normales.

Dans notre cas, pour les 2 analyses statistiques (microplastique et cumul d'habitant ; macroplastiques et cumul d'habitant), on applique un test de Spearman car il y a moins de 30 échantillons par variable.

On formule donc les hypothèses suivantes :

- H0 : La concentration en microplastiques/macroplastiques ne dépend pas du cumul de population le long de la Leyre
- H1 : La concentration en microplastiques/macroplastiques dépend du cumul de population le long de la Leyre

Données supplémentaires : Les données démographiques

Afin d'observer si les quantités de microplastiques et de macroplastiques trouvées le long de la Leyre ont un lien avec la répartition de la population le long de la rivière, des données démographiques ont été relevées pour chaque commune délimitée ou traversée par la Leyre. Les informations démographiques ont été récoltées sur le site de l'INSEE et datent toutes de l'année 2021. A partir de ces données, des cumuls de population ont été réalisés pour chaque segment traversant ou délimitant une ou plusieurs communes. L'objectif est de représenter au mieux les pollutions d'origine anthropiques, puisqu'un déchet récolté peut avoir été jeté 100 mètres en amont, comme 2 km en amont, ce qui fait que tous les habitants des communes en amont peuvent être responsables de la pollution du milieu. Dans notre cas, le segment 1 sépare 2 communes (Commensacq et Trensacq). La somme du nombre d'habitants est additionnée et attribuée à ce premier segment. Le segment 2 commence à la fin du segment 1 et se termine dans la commune suivante : Pissos. La somme des habitants des communes précédentes est additionnée avec le nombre d'habitants de Pissos. Cette valeur est attribuée au second segment. Ce schéma se répète pour les segments suivants.



Figure 14: Démonstration du cumul de population (amont à gauche, aval à droite)

Résultats et Discussion :

I. Relation entre microplastiques et cumul d'habitants

a. Résultats généraux

Tableau 1: Données générales microplastiques

Nombre d'échantillons analysés	34
Proportion d'échantillon contenant au moins 1 MP	82%
Concentration moyenne en MP /m ³	0,478921497
Concentration minimale en MP /m ³	0
Concentration maximale en MP /m ³	2,54049
Quartile 1 de la concentration en MP /m ³	0,04043
Médiane de la concentration en MP /m ³	0,10295
Quartile 3 de la concentration en MP /m ³	0,32818

Après le rassemblement de toutes les données disponibles, ce sont 34 échantillons qui ont été traités entre le 24 septembre 2017 et le 6 mai 2024, dont 82% d'entre eux présentent au moins 1 microplastique. Il y a des prélèvements dans lesquels aucun microplastique n'a été trouvé (la concentration en MP / m³ est donc de 0), et à l'inverse la concentration en MP / m³ la plus élevée recensée est 2,54 MP / m³.

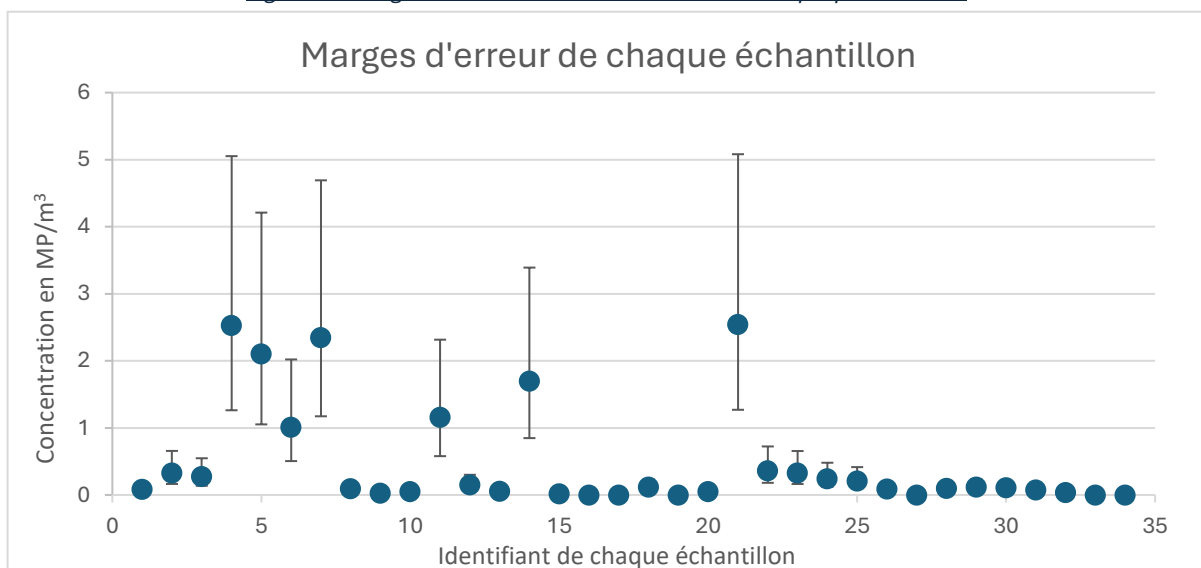
La concentration moyenne en microplastiques est d'environ 0,48 MP/m³. Elle est supérieure à la valeur du 3^{ème} quartile, ce qui signifie que la distribution des données est dite asymétrique. Les valeurs supérieures au 3^{ème} quartile étant plus élevées, même si elles sont peu nombreuses, tirent la moyenne vers le haut. Afin de mieux visualiser les données, il est préférable de se fier à la médiane qui elle n'est pas influencée par les valeurs les plus élevées. La concentration en MP de la plupart des échantillons reste cependant plutôt faible.

Il est important de rappeler que la concentration en microplastiques d'un échantillon n'est pas forcément représentative de la concentration en microplastique du lieu de prélèvement. Par exemple, un échantillon avait une concentration de 7,51 microplastiques/m³. Or le volume filtré associé à cet échantillon était de 0,134 m³ et un seul microplastique a été trouvé lors de l'analyse. En réalisant une conversion pour obtenir une concentration pour 1m³, on obtient une concentration très importante, probablement une valeur extrême liée à une anomalie qu'on ne peut pas utiliser. Il est important de surveiller les facteurs qui peuvent constituer une source de variation (volume filtré, courant...).

A titre de comparaison, La Pagaie Sauvage a organisé une collecte de déchets sur l'Adour en 2018. Sur les 21 échantillons prélevés, tous avaient au moins 1 microplastique. Les concentrations moyennes étaient de 0,21 MP/m³ d'eau filtré (*Rapport de synthèse – la galupée* 2020), avec des concentrations comprises entre 0,01 et 0,82 MP/m³. Ces données peuvent servir à estimer les concentrations en microplastiques dans la Leyre, et mieux identifier les valeurs non représentatives. Une autre étude a réussi à compiler les données de plusieurs rapports étudiant les concentrations en microplastiques dans des grandes rivières et fleuves de France (Horton et al. 2017). Il a été estimé, en prenant en compte les limites méthodologiques, que dans les rivières et les lacs de France, la quantité de microplastiques varie entre 10 et 300 particules par m³ d'eau. Si une quantité supérieure à 300 particules par m³ d'eau était découverte, il pourrait sûrement s'agir d'un déversement accidentel, ou alors d'une proximité avec une source de pollution massive.

b. [Les marges d'erreurs pour les prélèvements microplastiques](#)

Figure 15: Marges d'erreur de la concentration de chaque prélèvement



Le graphique nous indique dans un premier temps que sur les 34 prélèvements, 27 ont une concentration en MP inférieure à 1 MP/m³. Les marges d'erreur calculées pour ces échantillons sont très faibles, indiquant une meilleure représentativité des résultats. A l'inverse, les 7 prélèvements restants ont des concentrations en microplastiques supérieures à 1 MP/m³. Les marges d'erreur qui sont associées à ces derniers sont plus importantes, ce qui laisse penser que les résultats sont moins représentatifs. Cependant cette marge d'erreur est calculée proportionnellement à la concentration. Plus la concentration relevée sera élevée, plus les marges d'erreur seront grandes. Afin de s'assurer que chaque résultat est le plus fiable possible, il faudrait réaliser plusieurs prélèvements au même endroit et au même moment.

c. Relation entre le cumul de population et la concentration en microplastiques

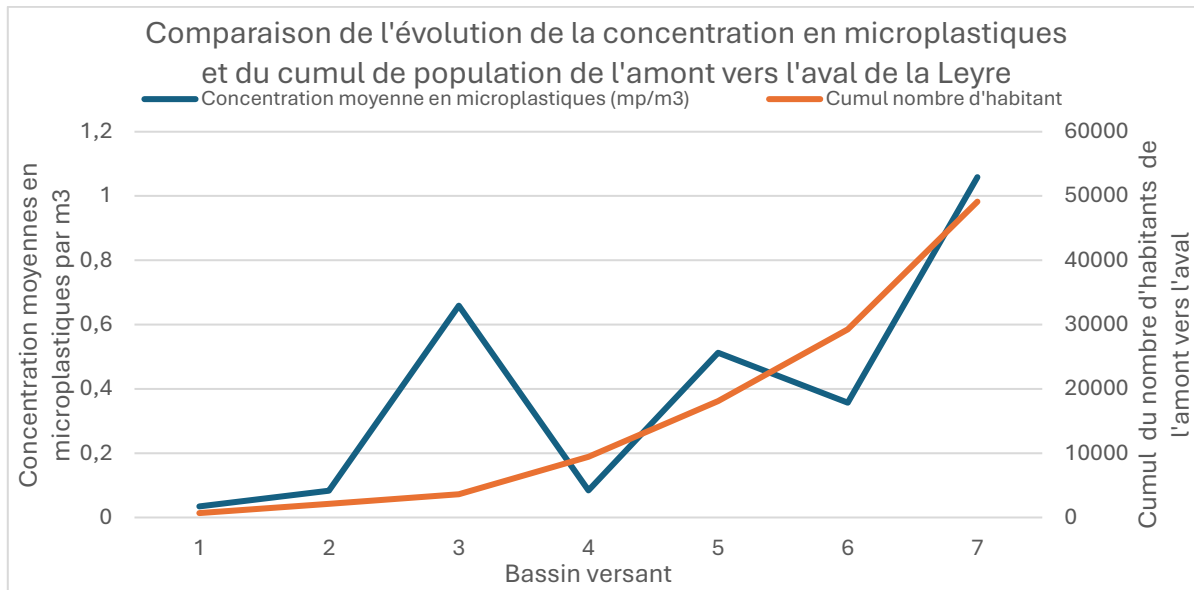


Figure 16 : Evolution de la concentration en microplastiques par rapport au cumul de population

Le graphique ci-dessus nous montre l'évolution de la concentration en microplastiques en fonction du cumul d'habitants le long de la Leyre. Cette évolution se déroule du segment 1 vers le segment 7, de l'amont vers l'aval. La concentration en MP pour certains segments est plus importante que d'autres, et ce malgré l'évolution du cumul de population. C'est notamment le cas du segment 3 dont la concentration moyenne en MP est proche de 0,7 MP/m³ et dont la population cumulée est d'environ 3600 habitants. Puis cette concentration chute brutalement sur le segment 4 pour atteindre 0,1 MP / m³, tandis que le cumul de population continue de croître atteignant plus de 9400 habitants.

Il semble malgré tout que la concentration en microplastiques suive une tendance croissante à mesure que le cumul de population augmente. Cependant il est impossible de déterminer visuellement une corrélation entre ces deux variables. En effet les échelles peuvent être manipulées faisant varier les tendances et des informations peuvent manquer. Il est préférable de se fier à des données résultantes de tests statistiques.

Après réalisation d'un test de corrélation de Spearman avec intervalle de confiance (Annexe 4 et 5), on obtient un intervalle de confiance [-0.007 , 0.960]. De plus la valeur P associée à l'effet est de 0,052. Ici l'intervalle de confiance contient 0 et la p-value est supérieur à 5%. On ne peut donc pas rejeter H₀ (la concentration en microplastiques ne dépend pas du cumul de population), et donc ne pas conclure d'une corrélation significative entre la concentration en microplastique et le cumul d'habitants le long de la Leyre au risque 5%.

Cependant d'autres études ont démontré un lien entre la concentration en microplastiques et la densité de population (Browne et al. 2015). Il est probable que l'absence de corrélation entre les deux variables soit liée à un manque d'échantillons. La p-value est très proche de 0,05 et l'intervalle de confiance est très proche d'exclure 0. Avec davantage de données, la tendance pourrait s'inverser, et une corrélation entre le cumul d'habitants et la concentration en microplastiques de la Leyre pourrait s'observer.

II. Relation entre macroplastiques et cumul d'habitants

a. Résultats généraux

Tableau 2 : Données générales macroplastiques

		Unités
Nombre de segments	7	Kg
Quantité totale de Macroplastique récoltés	331,87	
Quantité moyenne récoltée par segment	47,41	
Quantité minimale récoltée sur un segment	15,7	
Quantité maximale récoltée sur un segment	91	
Concentration minimale observée	1,01	Gramme/mètre linéaire
Concentration maximale observée	9,1	
Concentration moyenne	4,11	
Quantile 1 de la concentration en macroplastique observée	2,08	
Médiane de la concentration en macroplastique observée	4,28	
Quantile 3 de la concentration en macroplastique observée	5,11	

Dans le *Tableau 3* ci-dessus, sont rassemblées les données générales obtenues à l'issue de la collecte de données macroplastiques réalisée du 12 au 15 septembre 2023. Plus de 330 kg de déchets ont été récoltés sur la Leyre. C'est sur le segment n°7 s'étendant de Mios au Teich que la quantité de déchets macroplastiques la plus importante a été récoltée, soit 91kg pour 10,5 km. A l'inverse c'est sur le segment n°2 s'étendant de Cantegrit sur la commune de Commensacq, à la base de Testarouman sur la commune de Pissos, qu'a été récoltée la plus faible quantité de déchets macroplastiques à savoir 15,7 kg pour 15,5 km parcourus.

C'est à l'aide de ces premières données qu'ont pu être réalisées les conversions de la seconde partie du tableau. Même si les longueurs de chaque segment divergent parfois de quelques kilomètres, ce sont encore les segments 2 et 7 qui ont la concentration de déchets macroplastiques en grammes par mètre linéaire la plus faible et la plus élevée (respectivement $\approx 1,013$ et $9,1$) (Figure 13 et Annexe 3). Le tableau nous indique également que la médiane et la moyenne sont proches. Cela laisse suggérer que la moyenne n'est pas plus tirée vers un extrême, contrairement aux résultats généraux concernant les microplastiques.

b. Données Macroplastiques par rapport au cumul de population

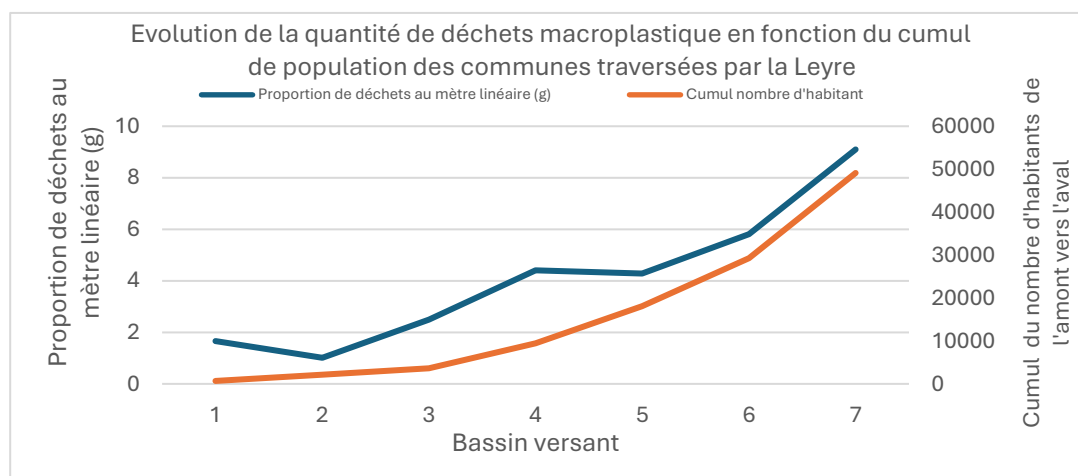


Figure 17 : Evolution de la concentration en macroplastiques en fonction du cumul de population

Le graphique ci-dessus (Figure 17) indique une diminution très légère de la concentration en macrodéchets entre les segments 1 et 2. Celle-ci passe de 1,66 g à 1,01 g de déchets par mètre linéaire, tandis que le cumul de population évolue de 684 à 2137 habitants. Une situation similaire se produit entre les segments 4 et 5. La concentration diminue légèrement, passant de 4,41g à 4,27g de macrodéchets par mètre linéaire, tandis que la population croît, passant de 9444 à 18085 habitants.

Après réalisation d'un test de corrélation de Spearman avec intervalle de confiance (Annexe 6 et 7), on obtient un intervalle de confiance [0.584 , 0.989]. De plus la valeur P associée à l'effet est de 0,002. Ici l'intervalle de confiance ne contient pas 0 et la p-value est inférieur à 5%. On peut rejeter H0 (la concentration en macroplastiques ne dépend pas du cumul de population), et donc accepter H1 (la concentration en macroplastiques dépend du cumul de population). On peut donc conclure d'une corrélation significative entre la concentration en macroplastique et le cumul d'habitants le long de la Leyre au risque 5%.

III. Quelles sont les causes et les conséquences de ces différents comportements ?

a. Répartition des microplastiques

Le résultat du test de Spearman nous informe qu'il n'y a pas de corrélation significative entre la répartition des microplastiques et le cumul d'habitant le long de la rivière. Cependant les importantes variations de concentration observées ont forcément une origine. A cause de leur taille et de leur poids, les microplastiques sont facilement transportés et ce même dans des rivières à courant faible comme la Leyre (Plus et al, 2009). Leur composition peut également jouer un rôle important, certains étant constitués de matériaux, notamment des polymères, moins dense que l'eau ce qui les fait flotter à la surface (Assoumani et al, 2020). Entraînés par les courants, ils sont constamment remués et déplacés. Les obstacles que rencontrent les microplastiques, qu'ils soient naturels comme les berges et les arbres, ou d'origine anthropique comme des barrages et les berges aménagées, ne limitent en rien la rétention de ces polluants. Ainsi, ils se répartissent mieux sur la rivière.

Malgré un manque d'informations sur les zones concernées, il est possible d'émettre des hypothèses quant à la pollution plus importante de ces environnements. Le segment n°3 correspond à un pic de concentration atteignant en moyenne 0,66 MP/m³. Dans cette section de la rivière, 9 affluent se rejoignent, notamment un en particulier : La Petite Leyre. Cet affluent prend sa source plusieurs kilomètres à l'est, avant de se jeter dans la Grande Leyre, le tout formant la Leyre. Non seulement la Petite Leyre est constituée de nombreux autres affluents, mais elle borde également des communes et des villages (HTBA.fr). De plus certains ruisseaux qui s'y jettent prennent leur source à proximité du Polygone d'Essaie de Captieux qui n'est autre qu'un champ de tir permettant aux avions de chasse de s'exercer. Même si les zones naturelles aux alentours sont aujourd'hui protégées, elles ont subi de nombreuses perturbations dans le passé (Adeline et al. 2021). La base militaire est elle toujours en activité aujourd'hui. Les activités agricoles qui y prospèrent le long peuvent également contribuer à une pollution à cause des drainages effectués. Cependant cette pollution serait plutôt chimique (*Rapport environnemental (2013) du SAGE Leyre, cours d'eau côtiers et milieux associés révisé | Gest'eau 2013*), la Leyre rejetant 73% des pesticides présents dans le Bassin d'Arcachon (Tapie, Budzinski 2018). L'activité qui s'y déroule peut justifier d'un impact sur les concentrations en microplastiques de ce segment de la Leyre.

Une situation similaire s'observe pour le segment n°5 avec un pic atteignant une concentration moyenne de 0,51 MP/m³. Ici les affluents du cours d'eau principal sont moins nombreux, mais certains d'entre eux sont situés à proximité de l'autoroute A63 ainsi que des aires de repos de Lugos Est et Ouest. A cela peut s'ajouter la proximité de deux campings à Salles ainsi que la D108e3 longée par des affluents se déversant dans la Leyre. Ces zones fortement fréquentées par des véhicules peuvent être la cause d'une pollution plastique importante. En effet, au cours de sa vie, un pneu perd 4 kg de plastique (Evangelidou et al. 2020). Soumis aux conditions environnementales ces débris peuvent se diffuser dans des zones aux alentours, notamment dans les cours d'eau. Il y a également les autres composants des véhicules pouvant se détacher, les liquides, et la dégradation de la route qui peuvent entraîner une pollution des environs. Cependant il n'y a pas de données scientifiques concernant la pollution des environs des stations et du camping, on ne peut que faire des suppositions.

Enfin le segment n°7 possède la concentration la plus élevée avec en moyenne 1,05 MP/m³. Cette forte hausse pourrait avoir un lien avec le passage au dessus de la Leyre de l'autoroute A660, ainsi que la proximité avec des villes plus peuplées comme Mios, le Teich et Biganos (INSEE). Pourrait également être compté l'activité du port du Teich, ainsi que les bases nautiques à proximité. Il est également possible que les microplastiques soient influencés par l'environnement complexe de la zone. En effet la végétation du Delta de l'Eyre et la constitution marécageuse de certaines zones pourraient agir comme une barrière retenant une majorité de ces déchets et faisant stagner les microplastiques dans la zone, expliquant une concentration encore plus élevée (*Rapport environnemental (2013) du SAGE Leyre, cours d'eau côtiers et milieux associés révisé | Gest'eau 2013*). (HTBA.fr). Cette hypothèse pourrait s'avérer d'autant plus juste que parmi tous les cours d'eau qui se jettent dans le bassin d'Arcachon, bien que la Leyre soit la source d'approvisionnement en eau douce la plus importante, ce n'est pas le cours d'eau qui déverse le plus de MP dans le bassin (Plus et al. 2009).

b. Répartition des macroplastiques

Le résultat du test de Spearman confirme l'existence d'une corrélation significative entre la répartition des macroplastiques et le cumul d'habitants le long de la rivière. La quantité plus importante d'habitants en aval contribuerait donc à l'augmentation du risque de rejet de macroplastiques. Ces déchets s'accumuleraient et entraîneraient une augmentation importante de la quantité de polluants macroplastiques dans cette zone. De plus, les macroplastiques sont influencés différemment par les spécificités de la rivière. Étant plus gros, ils se déplacent moins bien que les microplastiques, et sont destinés à s'accumuler. Les obstacles à leur répartition peuvent être anthropiques comme les berges artificielles et les ports, ou naturels comme des berges et les zones de faible courant (Liro, Zielonka, van Emmerik 2023). Cela pourrait expliquer pourquoi le cumul de déchets macroplastiques est plus important en aval qu'en amont, avec une agglomération au niveau du Delta de Leyre.

Étant également plus volumineux, et aujourd'hui utilisé par la majeure partie de la population, les macroplastiques sont plus facilement déversés dans la nature. Impactés par les conditions météorologiques telles que le vent ou la pluie avec les inondations, ils sont répartis et finissent ainsi directement dans l'eau, ou à proximité (Assoumani et al. 2020). Durant l'expédition TerreM'Eyre, le protocole appliqué indiquait de récolter les déchets sur les berges jusqu'à une distance de 5 mètres du cours d'eau, afin d'anticiper le déplacement des macroplastiques à proximité de l'eau. Il est important de préciser que ces facteurs peuvent

être qualifiés de « facteurs aggravants », mais le facteur principal à l'origine du rejet de macroplastiques reste le cumul d'habitants le long de la rivière.

Pour mieux étudier le déplacement des macroplastiques sur les fleuves et en zones estuariennes, deux études ayant un protocole similaire entre elles ont été mises en place. Des traceurs GPS ont été placés dans des bouteilles, relâchées à différents endroits le long des fleuves étudiés. La première étude menée sur le comportement des macroplastiques sur la Seine (Tramoy et al. 2020) a mis en avant 50 trajectoires différentes obtenues par le déplacement des bouteilles. Ces déplacements ont dévoilé que les macroplastiques étaient sujet à s'accumuler au niveau de l'estuaire, et à suivre les mouvements des marées montantes et descendantes, mais sans forcément atteindre l'océan. Dans ce premier cas, les déchets se déplacent sur de longues distances. Des résultats similaires ont été obtenus pour l'étude réalisée sur la Loire (Ledieu et al. 2023) mais cette fois les bouteilles GPS s'échouaient et/ou stagnaient à des endroits plus rapidement après qu'elles avaient été lâchées dans le fleuve (trajectoire de 6 heures pour la plus courte). Les caractéristiques topologiques de la Loire peuvent expliquer que les bouteilles de la seconde étude aient parcouru une distance moins importante que celles déposées dans la Seine. En effet, une hypothèse du comportement des déchets dans les fleuves (Liro, Zielonka, van Emmerik 2023) évoque que les macroplastiques ont tendance à moins se répartir dans les rivières naturelles et complexes avec des zones sujettes à être immergées, caractéristiques qui définissent la structure de la Loire. A l'inverse, les macroplastiques sont plus aptes à se déplacer sur des rivières endiguées et moins sauvages comme c'est le cas de la Seine. Les caractéristiques de la Loire sont similaires à celles de la Leyre : une rivière sauvage très peu modifiée par l'Homme, et dont les niveaux peuvent varier de façon importante en fonction des conditions météo ([Rivières Sauvages](#)). Ainsi, les déchets macroplastiques relâchés dans la rivière parcouraient une très faible distance avant de s'échouer. Dans ce cas, cela justifierait davantage l'idée que plus il y a d'habitants le long de la Leyre, plus il y a de risque de pollution, et plus la quantité de macroplastiques serait importante et s'accumule proche des zones de dépôts. Cette concentration importante en macroplastiques à l'embouchure de la Leyre pourrait également être accentuée par la présence du bouchon végétal et marécageux à l'embouchure. Ceux-ci ne seraient donc pas évacués vers l'océan, et ce, malgré les marées (Fisson et al. 2021).

Certains facteurs ne peuvent en revanche pas être pris en compte dans cette étude. Les macroplastiques peuvent subir des actions mécaniques, photochimiques et biologiques qui pourrait affecter leur structure. Cela a pour conséquence leur fragmentation et la transformation, passant de macroplastiques à microplastiques, chose qui n'est possible qu'avec le temps. Il est cependant probable que des déchets macroplastiques récoltés aient été fragmentés libérant ainsi des microplastiques dans l'environnement.

c. [L'influence sur le Bassin d'Arcachon](#)

Même s'ils ont tendance à s'accumuler au niveau du Delta de l'Eyre, il n'empêche que les plastiques peuvent tout de même se retrouver dans le Bassin d'Arcachon. En effet celui-ci est soumis aux marées, et perd 2/3 de son volume à chaque fois que la marée descendante se produit, c'est-à-dire 2 fois par jour (Plus et al. 2009). La Leyre qui se jette dans le Bassin d'Arcachon est donc soumise à cette marée. Lors de la marée descendante, l'eau s'écoulera plus fortement, entraînant brassage et mouvement des sédiments, organismes, et surtout des micro et macroplastiques qui se retrouvent donc dans le Parc naturel, libres de tout mouvement. C'est de cette façon que les polluants plastiques des rivières et des fleuves

atteignent l'océan. Des études ont d'ailleurs été menées concernant la répartition des microplastiques sur le parc marin du Bassin d'Arcachon.

Une étude a été réalisée sur la répartition des particules anthropiques sur le Bassin d'Arcachon (Lefebvre 2023). Dans celle-ci différentes stations de prélèvement ont été réparties sur le Parc, dont une proche de l'embouchure de la Leyre. La station de Branne à proximité de la Leyre, a révélé une concentration faible en microplastiques et en particules anthropiques (particules non plastiques mais manipulées par l'Homme) dans les eaux de surface. A l'inverse les particules sont beaucoup plus présentes dans les sédiments et dans le reste de la colonne d'eau. Les conséquences de cette répartition sur l'environnement sont nombreuses : accumulation de substances toxiques, intoxication de la faune et de la flore, transport d'agents pathogènes... Mais ces conséquences ne s'appliquent pas qu'au Bassin.

En effet une autre étude réalisée à la même période a développé un système de prévisualisation des déplacements des microplastiques sur le bassin d'Arcachon en fonction de l'endroit où ils ont été déversés. L'exemple mis en avant dans ce rapport est justement le déversement de microplastiques en provenance de la Leyre dans le Bassin d'Arcachon (Morin et al. 2022). Les résultats de cette prévision réalisée pour les 15 premiers jours de mars montrent un mouvement important des microplastiques dans tout le Bassin d'Arcachon, avec une répartition sur la côte intérieure et extérieure du Cap Ferret. C'est une preuve supplémentaire de la pollution du Bassin d'Arcachon par les polluants des rivières qui s'y déversent. Et encore tous les paramètres n'ont pas été pris en compte. Il faudrait comptabiliser dans ce cas les activités au sein du Bassin (nautiques, tourisme, pêche...), mais également les pollutions longues distances comme celles atmosphériques qui peuvent jouer un rôle dans la répartition des microplastiques (Magnusson et al. 2017). Il faudrait également prendre en compte les 5 stations d'épuration rejetant leur eau dans le bassin, ainsi que l'usine de papier à proximité (Lefebvre 2023).

Il n'est cependant pas possible de comparer les résultats de ces études avec celle de ce rapport, puisque dans celle de Mme Lefebvre et celle de Mme Morin, est traité de la répartition des polluants dans les couches d'eau et non pas à la surface uniquement. De plus les résultats obtenus sont issus d'échantillons prélevés avec un matériel différent. Ces 2 études ont été réalisées par des personnes formées au respect d'un protocole scientifique, et ce sur une période restreinte pour une représentativité optimale des résultats sur une période donnée. Enfin est étudiée dans leurs rapports la quantité des différents types de microplastiques, tandis que dans ce rapport est traité uniquement de la concentration en microplastique.

Pour pouvoir combiner les études sur la pollution du Bassin d'Arcachon par les microplastiques, et la répartition des microplastiques sur la Leyre, il faudrait dans un premier temps élaborer un protocole de collecte de données identique pour les deux milieux. Le matériel utilisé serait le même que dans le rapport de C.Lefebvre, et la Leyre serait analysée de la même façon que le Bassin d'Arcachon avec la surface, la colonne d'eau et les sédiments. Ces prélèvements seraient réalisés de l'aval vers l'amont de la Leyre pour éviter de rééchantillonner des eaux déjà analysées en déplacement avec le courant. Il faudrait également réaliser en même temps des prélèvements dans le Bassin d'Arcachon. Les zones de prélèvements pourraient être celles existant dans le rapport de C.Lefebvre, mais il pourrait être également judicieux de quadriller les zones à proximité de la Leyre afin d'étudier les gradients de concentration en microplastiques et leur évolution dans les jours à suivre. Cette étude pourrait se réaliser sur une courte période dans un premier temps pour vérifier sa fiabilité, puis serait

appliquée sur différentes périodes de l'année pour faire un éventuel lien avec le nombre de personnes venant sur le Bassin et ses alentours. Elle pourrait également s'appliquer aux autres cours d'eau se jetant dans le Bassin, ainsi qu'aux sources de ceux-ci.

Même s'ils ont tendance à s'accumuler au niveau du Delta de L'Eyre, il n'empêche que les plastiques peuvent tout de même se retrouver dans le Bassin d'Arcachon. En effet celui-ci est soumis aux marées, et perd 2/3 de son volume à chaque fois que la marée descendante se produit, c'est-à-dire 2 fois par jour (Plus et al. 2009). La Leyre qui se jette dans le Bassin d'Arcachon est donc soumise à cette marée. Lors de la marée descendante, l'eau s'écoulera plus fortement, entraînant brassage et mouvement des sédiments, organismes, et surtout des micro et macroplastiques qui se retrouvent donc dans le Parc naturel, libres de tout mouvement. C'est de cette façon que les polluants plastiques des rivières et des fleuves atteignent l'océan. Des études ont d'ailleurs été menées concernant la répartition des microplastiques sur le parc marin du Bassin d'Arcachon.

Une étude a été réalisée sur la répartition des particules anthropiques sur le Bassin d'Arcachon (Lefebvre 2023). Dans celle-ci différentes stations de prélèvement ont été réparties sur le Parc, dont une proche de l'embouchure de la Leyre. La station de Branne à proximité de la Leyre, a révélé une concentration faible en microplastiques et en particules anthropiques (particules non plastiques mais manipulées par l'Homme) dans les eaux de surface. A l'inverse les particules sont beaucoup plus présentes dans les sédiments et dans le reste de la colonne d'eau. Les conséquences de cette répartition sur l'environnement sont nombreuses : accumulation de substances toxiques ; intoxication de la faune et de la flore, transport d'agents pathogènes... Mais ces conséquences ne s'appliquent pas qu'au Bassin.

En effet une autre étude réalisée à la même période a développé un système de prévisualisation des déplacements des microplastiques sur le bassin d'Arcachon en fonction de l'endroit où ils ont été déversés. L'exemple mis en avant dans ce rapport est justement le déversement de microplastiques en provenance de la Leyre dans le Bassin d'Arcachon (Morin et al. 2022). Les résultats de cette prévision réalisée pour les 15 premiers jours de mars montrent un mouvement important des microplastiques dans tout le Bassin d'Arcachon, avec une répartition sur la côte intérieure et extérieure du Cap Ferret. C'est une preuve supplémentaire de la pollution du Bassin d'Arcachon par les polluants des rivières qui s'y déversent. Et encore tous les paramètres n'ont pas été pris en compte. Il faudrait comptabiliser dans ce cas les activités au sein du Bassin (nautiques, tourisme, pêche...), mais également les pollutions longues distances comme celles atmosphériques qui peuvent jouer un rôle dans la répartition des microplastiques (Magnusson et al. 2017) Il faudrait également prendre en compte les 5 stations d'épuration rejetant leur eau dans le bassin, ainsi que l'usine de papier à proximité (Lefebvre 2023).

Il n'est cependant pas possible de comparer les résultats de ces études avec celle de ce rapport, puisque dans celle de Mme Lefebvre et celle de Mme Morin, est traité de la répartition des polluants dans les couches d'eau et non pas à la surface uniquement. De plus les résultats obtenus sont issus d'échantillons prélevés avec un matériel différent. Ces 2 études ont été réalisées par des personnes formées au respect d'un protocole scientifique, et ce sur une période restreinte pour une représentativité optimale des résultats sur une période donnée. Enfin est étudiée dans leurs rapports la quantité des différents types de microplastiques, tandis que dans ce rapport est traité uniquement de la concentration en microplastique.

Pour pouvoir combiner les études sur la pollution du Bassin d’Arcachon par les microplastiques, et la répartition des microplastiques sur la Leyre, il faudrait dans un premier temps élaborer un protocole de collecte de données identique pour les deux milieux. Le matériel utilisé serait le même que dans le rapport de C.Lefebvre, et la Leyre serait analysée de la même façon que le Bassin d’Arcachon avec la surface, la colonne d’eau et les sédiments. Ces prélèvements seraient dans un premier temps réalisés dans la Leyre de l’aval vers l’amont pour éviter de rééchantillonner des eaux déjà analysées en déplacement avec le courant. Il faudrait également réaliser en même temps des prélèvements dans le Bassin d’Arcachon. Les zones de prélèvements pourraient être ceux existant dans le rapport de C.Lefebvre, mais il pourrait être également judicieux de quadriller les zones à proximité de la Leyre afin d’étudier les gradients de concentration en microplastique et leur évolution dans les jours à suivre. Cette étude potentielle pourrait se réaliser sur une courte période dans un premier temps pour vérifier sa fiabilité, puis serait appliquée sur différentes périodes de l’année pour faire un éventuel lien avec la quantité de personne venant sur le Bassin et ses alentours. Elle pourrait également s’appliquer aux autres cours d’eau se jetant dans le Bassin, ainsi qu’aux sources de ces cours d’eau (lacs dans notre situation).

IV. Les sources d’erreur dans la quantification des microplastiques

Il est important de préciser que, comme dans toute étude, on peut trouver des sources d’erreur, et ce à différents moments de son déroulé. Et comme pour toutes les sources d’erreurs, il est possible d’y apporter des solutions afin d’augmenter la précision des résultats.

Premièrement, il y a les erreurs de calculs avec les proportions. Il est important de vérifier si pour chaque prélèvement, toutes les données ont été vérifiées, et qu’il n’y a pas de valeurs qui pourraient sembler aberrantes. Ce fut le cas lors de l’analyse des données sur la Leyre, une concentration anormalement élevée a été identifiée. Cette concentration a été calculée à partir d’une vitesse de courant très faible, et un volume filtré de 0.134 m³. Dans ce très faible volume d’eau, était présent un seul microplastique, et en calculant la concentration équivalente pour 1m³, le résultat était une concentration de 7,51 microplastiques par m³, ce qui est énorme. Cette donnée a donc été retirée du jeu de donnée car non représentative.

Ensuite, il y a les erreurs liées au matériel utilisé. Il peut y avoir des imprécisions avec les volumes filtrés lors de l’utilisation des filets. Les concentrations en microplastiques sont calculées avec comme base une semi-immersion de l’aire d’entrée du filet. A l’instar du filet Manta équipé de flotteurs, et donc maintenu au même niveau d’immersion en permanence, les filets BASA et Babylegs peuvent subir des variations d’immersion. Pour une concentration calculée à partir d’une demi-aire d’entrée, il faudrait également calculer la concentration si le filet était immergé en permanence, donc avec une aire d’entrée entièrement immergée.

Il faut également calculer la concentration dans une situation où le filet serait immergé le moins possible. Etant donné que le filet ne flotte pas, au moins ¼ de l’aire d’entrée sera immergée, la concentration est calculée à partir de cette valeur. Finalement on obtiendrait pour chaque concentration une marge d’erreur de 75%.

Cette erreur est également valable pour le filet Manta. Même si celui-ci est équipé de flotteurs pour conserver la même immersion, il a été mesuré que quelques centimètres d’immersion peuvent induire une erreur. Dans certaines études, des erreurs de 48% ont été enregistrées (Pasquier et al. 2022; Karlsson et al. 2020). Pour ces deux premières sources d’erreur, il pourrait

être judicieux de réaliser 2 ou 3 prélèvements au même endroit, et ce dans les zones de la rivière ou le courant est assez puissant. Ainsi, les résultats après analyse seraient comparés afin de déterminer si, un des échantillons a des valeurs aberrantes. Dans ce cas, cet échantillon serait supprimé, et ne serait conservé que les 2 autres échantillons. Autrement, si aucun des échantillons n'est aberrant, la moyenne de toutes les données peut être réalisée afin d'avoir une estimation la plus précise de la concentration en MP d'un endroit, ce qui éviterait également les problèmes d'échantillons avec des volumes d'eau filtrés insuffisants.

La structure du matériel peut également jouer un rôle important dans les résultats. Par exemple les Babylegs ont des mailles extensibles, et sont sujets à laisser passer certaines particules si le courant est trop fort par exemple. Pour éviter les pertes, il faut réaliser les prélèvements dans des courants d'une vitesse inférieure à 2m/s. Également pour leur conception, il faut que l'aire d'entrée de la bouteille soit toujours égale à la même valeur de sorte que si deux personnes effectuent un prélèvement avec 2 bouteilles de conception différentes, les résultats soient valides. Il ne faut également pas oublier qu'avec les équipements utilisés, qu'ils soient fabriqués par les bénévoles (Baby legs) ou par des entreprises spécialisées (MANTA) seuls les microplastiques à la surface sont relevés. L'état de la couche d'eau et des sédiments de la rivière n'est donc pas étudié.

Ensuite, il y a les erreurs environnementales. La topographie du cours d'eau peut induire en erreur le calcul de paramètres comme la vitesse du courant, celui-ci pouvant plus fort à certains endroits qu'à d'autres. Il y a également des zones plus profondes que d'autres, avec plus ou moins d'obstacles, et d'aménagements anthropiques à proximité. Il est également important de parler de facteurs indépendants de la rivière qui ont un impact considérable sur son état : la météo. En effet les périodes de chaleur et de pluie influencent le comportement du cours d'eau. Ces deux facteurs en influençant la rivière, peuvent provoquer une évacuation ou une accumulation de déchets microplastiques, ce qui ferait varier les résultats, et ce indépendamment du facteur étudié qui est le facteur humain. Pour remédier à ce problème il serait judicieux de récolter des données dans toutes les conditions possibles, afin de voir quelles sont les tendances de concentration en microplastiques durant certaines périodes de l'année.

Enfin, il y a le facteur humain. La récolte des données est majoritairement réalisée par des bénévoles. Même si toutes les instructions pour la création des Babylegs et pour leur manipulation sont accessibles en ligne, ils ne sont pas forcément accompagnés de professionnels du milieu pour les guider. Les petites imprécisions et les négligences mineurs peuvent entraîner l'obtention de résultats erronés. Il peut également y avoir des erreurs lors du comptage des microplastiques après la digestion au peroxyde d'hydrogène, des fibres et des filaments pouvant être confondus avec des structures végétales non ou partiellement digérées. Pour cela une analyse de l'échantillon par plusieurs personnes permettrait une obtention plus précise de la réelle concentration en microplastiques des échantillons.

Ces solutions ne sont cependant pas toutes réalisables par manque de moyens, temps, bénévoles et matériel. Elles sont cependant essentielles à préciser et à conserver en vue d'une évolution future des protocoles déjà existants.

Conclusion :

Les microplastiques et les macroplastiques sont des composants omniprésents de la pollution plastique qui menacent gravement les écosystèmes aquatiques. Cette étude nous a permis de mettre en lumière les variations de concentration en lien ou non avec le nombre d'habitants le long de la rivière.

Les concentrations en microplastiques augmentent certes de l'amont vers l'aval de la Leyre, mais les variations observées entre les segments 3 et 4, ainsi qu'entre les segments 5 et 6 trop importantes pour en conclure d'une corrélation avec le cumul de population le long de la rivière. Ces augmentations de concentrations sont probablement reliées aux activités industrielles et agricoles de la zone, plus proches ou plus importantes dans ces zones. A l'inverse l'évolution des concentrations en macroplastiques de l'amont vers l'aval de la rivière est plus linéaire, permettant l'observation d'une corrélation graphique et statistique avec le cumul de population.

Cette étude réalisée sur le territoire français n'est probablement pas comparable à une échelle plus importante (européenne ou internationale). En effet des données avec des méthodes de prélèvement similaires sont d'une faible abondance. De plus les situations économiques et industrielles des autres pays pourraient démontrer des résultats totalement différents de ceux de l'étude.

Références bibliographiques :

- ADELIN, AIRD, PIERRE, LAFON, ANTHONY, LE FOULER, MARIA, PEDEMA, CÉCILE, PONTAGNIER, NÉHÉMIE, MESLAGE et CLÉMENT, CLERO, 2021. VALIDATION SCIENTIFIQUE et ANALYSE. . 2021.
- ARINI, Adeline, MULLER, Sandra, COMA, Veronique, GRAU, Etienne, SANDRE, Olivier et BAUDRIMONT, Magalie, 2023. Origin, exposure routes and xenobiotics impart nanoplastics with toxicity on freshwater bivalves. *Environmental science. Nano*. 15 mars 2023. Vol. 10. DOI 10.1039/D3EN00022B.
- ASSOUMANI, Azziz, STRUB, Marie-Pierre, LARDY-FONTAN, Sophie, ALASONATI, Enrica et GALGANI, François, 2020. MICROPLASTIQUES DANS LES EAUX DE SURFACE CONTINENTALES. . 2020.
- BROWNE, Mark Anthony, UNDERWOOD, A., CHAPMAN, M.G., WILLIAMS, Rob, THOMPSON, Richard et VAN FRANEKER, Jan, 2015. Linking effects of anthropogenic debris to ecological impacts. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*. 22 mai 2015. Vol. 282. DOI 10.1098/rspb.2014.2929.
- EVANGELIOU, N., GRYTHE, H., KLIMONT, Z., HEYES, C., ECKHARDT, S., LOPEZ-APARICIO, S. et STOHL, A., 2020. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nature Communications*. 14 juillet 2020. Vol. 11, n° 1, pp. 3381. DOI 10.1038/s41467-020-17201-9.
- FISSON, Cédric, CACHOT, Jérôme, GASPERI, Johnny, HALM-LEMEILLE, M.P., TASSIN, Bruno et TRAMOY, Romain, 2021. *La pollution plastique en estuaire de Seine : imprégnation environnementale, dynamique et impact sur le vivant*.
- HORTON, Alice A., WALTON, Alexander, SPURGEON, David J., LAHIVE, Elma et SVENDSEN, Claus, 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment*. mai 2017. Vol. 586, pp. 127-141. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.
- KARLSSON, Therese M., KÄRRMAN, Anna, ROTANDER, Anna et HASSELLÖV, Martin, 2020. Comparison between manta trawl and in situ pump filtration methods, and guidance for visual identification of microplastics in surface waters. *Environmental Science and Pollution Research*. février 2020. Vol. 27, n° 5, pp. 5559-5571. DOI 10.1007/s11356-019-07274-5.

LEBRETON, Laurent C. M., VAN DER ZWET, Joost, DAMSTEEG, Jan-Willem, SLAT, Boyan, ANDRADY, Anthony et REISSER, Julia, 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*. 7 juin 2017. Vol. 8, n° 1, pp. 15611. DOI 10.1038/ncomms15611.

LEDIEU, L., TRAMOY, R., MABILAIS, D., RICORDEL, S., TASSIN, B. et GASPERI, J., 2023. Dynamique de transfert des macroplastiques en estuaire de Loire : trajectoires et facteurs d'influence: Macroplastics transfer dynamic within the Loire estuary: trajectories and influencing factors. *Techniques Sciences Méthodes*. 20 mars 2023. Vol. 3, pp. 53-62. DOI 10.36904/202303053.

LEFEBVRE, Charlotte, 2023. Distribution spatiale et temporelle des microplastiques et particules anthropiques au sein d'une lagune côtière mésotidale, le Bassin d'Arcachon. Approche multi-compartiments. . 2023.

LIRO, Maciej, ZIELONKA, Anna et VAN EMMERIK, Tim, 2023. Macroplastic fragmentation in rivers. *Environment International*. 1 septembre 2023. Vol. 180, pp. 108186. DOI 10.1016/j.envint.2023.108186.

MAGNUSSON, Kerstin, ELIASSON, Karin, FRÅNE, Anna, HAIKONEN, Kalle, HULTÉN, Johan, OLSHAMMAR, Mikael, STADMARK, Johanna et VOISIN, Anais, 2017. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment. . 2017.

MAUSRA, Baker et FOSTER, Arthur, 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. . 2015.

MORIN, Bénédicte, CACHOT, J, CHASSAIGNE-VISCAINO, L, CLÉRANDEAU, C, COMBES, Y, DASSIÉ, E, DUSACRE, E, LECOMTE, S, JALÓN-ROJAS, I, LEFEBVRE, C, LE, F, RAMPAZZO, G et VILLETTE, S, 2022. Etude de la contamination par les microplastiques de l'écosystème et des produits de la mer dans le Bassin d'Arcachon. Première étude du risque sanitaire Projet ARPLASTIC. . 2022.

PASQUIER, Gabriel, DOYEN, Périne, KAZOUR, Maria, DEHAUT, Alexandre, DIOP, Mamadou, DUFLOS, Guillaume et AMARA, Rachid, 2022. Manta Net: The Golden Method for Sampling Surface Water Microplastics in Aquatic Environments. *Frontiers in Environmental Science*. 1 avril 2022. Vol. 10, pp. 811112. DOI 10.3389/fenvs.2022.811112.

Plastics – the fast Facts 2023 • Plastics Europe, 2023. *Plastics Europe* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/> [Consulté le 18 juin 2024].

PLUS, M., DUMAS, F., STANISIÈRE, J.-Y. et MAURER, D., 2009. Hydrodynamic characterization of the Arcachon Bay, using model-derived descriptors. *Continental Shelf Research*. avril 2009. Vol. 29, n° 8, pp. 1008-1013. DOI 10.1016/j.csr.2008.12.016.

Pollution plastique : une bombe à retardement ?, 2020. *Sénat* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.senat.fr/rap/r20-217/r20-217.html> [Consulté le 18 juin 2024].

Rapport de synthèse – la galupée, 2020. .

Rapport environnemental (2013) du SAGE Leyre, cours d'eau côtiers et milieux associés révisé | Gest'eau, 2013. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.gesteau.fr/document/rapport-environnemental-2013-du-sage-leyre-cours-deau-cotiers-et-milieux-associes-revise> [Consulté le 21 juin 2024].

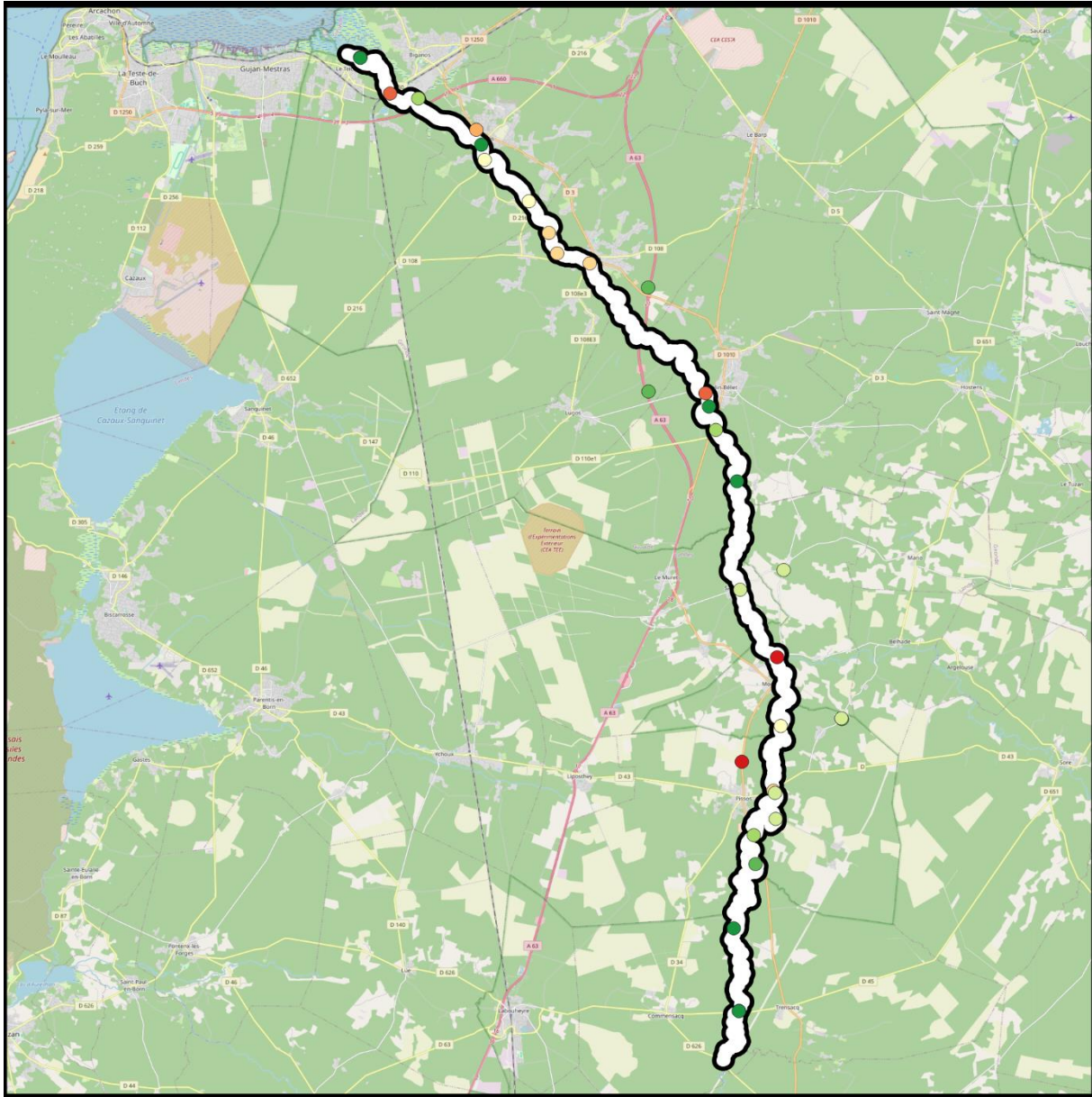
TAPIE, N et BUDZINSKI, H, 2018. Quantification de la présence dans les eaux Bilan de 2010 à 2016. . 2018.

TRAMOY, R., GASPERI, J., COLASSE, L., SILVESTRE, M., DUBOIS, P., NOÛS, C. et TASSIN, B., 2020. Transfer dynamics of macroplastics in estuaries – New insights from the Seine estuary: Part 2. Short-term dynamics based on GPS-trackers. *Marine Pollution Bulletin*. novembre 2020. Vol. 160, pp. 111566. DOI 10.1016/j.marpolbul.2020.111566.

ANNEXES



Annexe 1 : Distinction des deux tamis



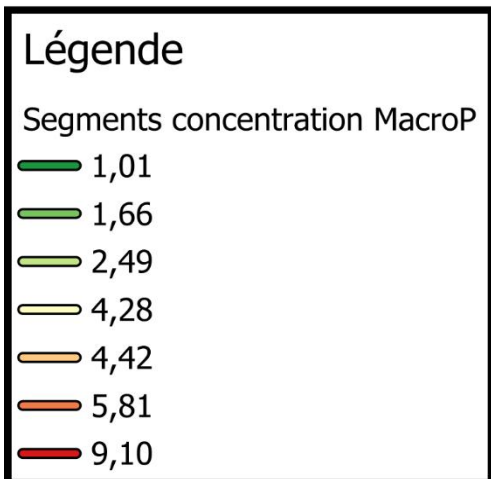
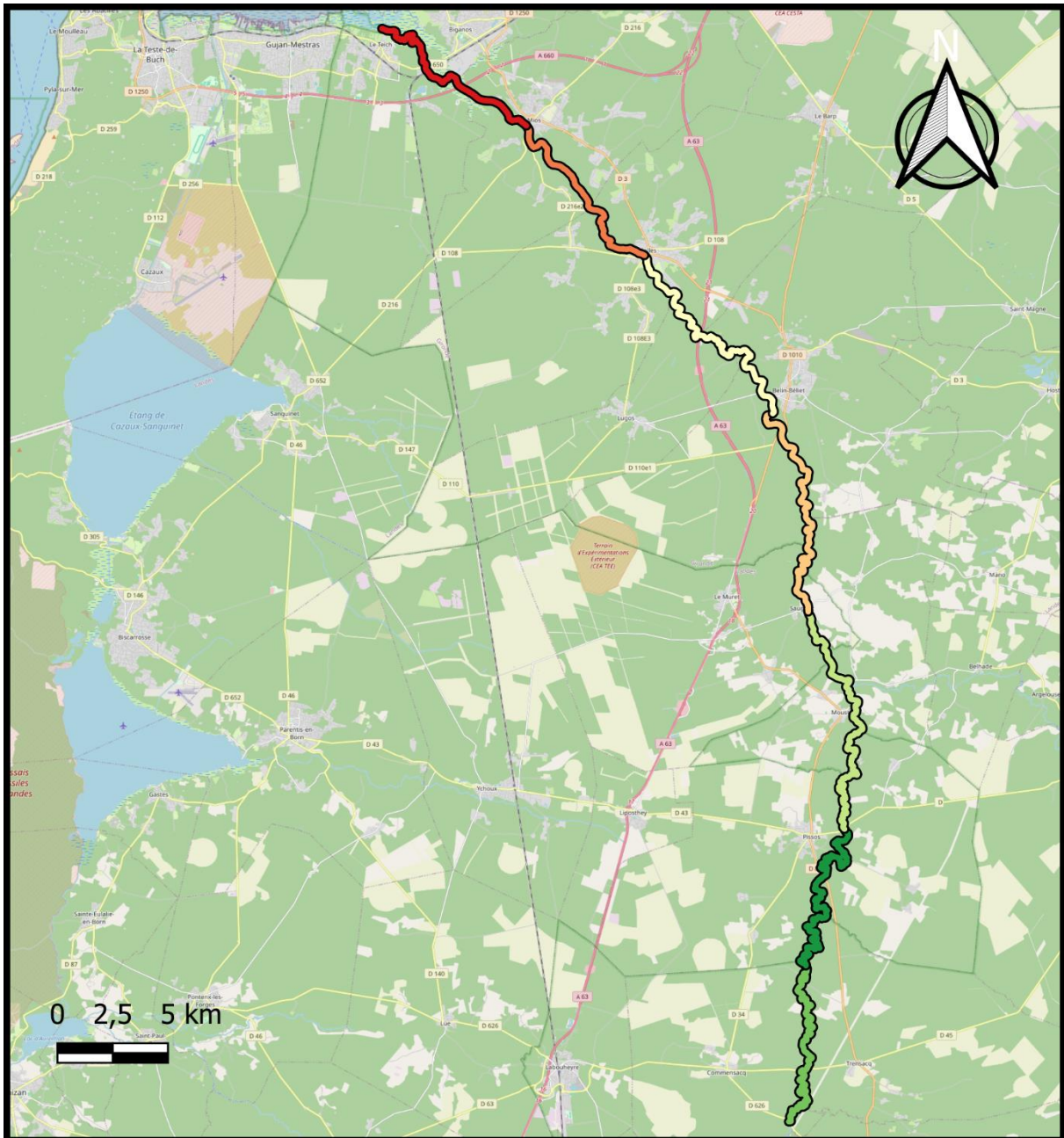
Concentrations en MP

- 0 - 0,016
- 0,016 - 0,056
- 0,056 - 0,094
- 0,094 - 0,15
- 0,15 - 0,274
- 0,274 - 1,01
- 1,01 - 1,695
- 1,695 - 2,346
- 2,346 - 2,54

▬ Segments de la Leyre

Carte des concentrations en microplastiques / m3

Sources: Openstreetmap, La Pagaie Sauvage, Hippolyte Sanchez



Concentration en macroplastiques des différents segments de la Leyre (g/m linéaire)

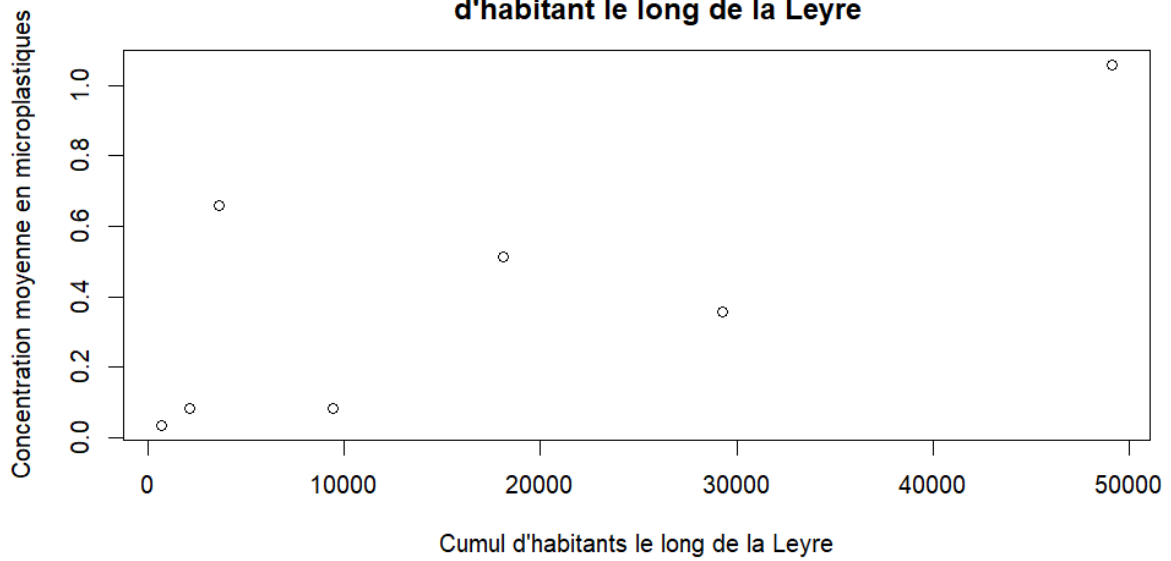


Données récoltées à l'aide de l'application Plastic Origin de Surfrider

Sources: Openstreetmap, TerreM'Eyre, Hippolyte Sanchez

Annexe 3 : Carte des concentrations en macroplastiques par segment

Evolution de la concentration de l'eau en microplastique en fonction du cumul d'habitant le long de la Leyre

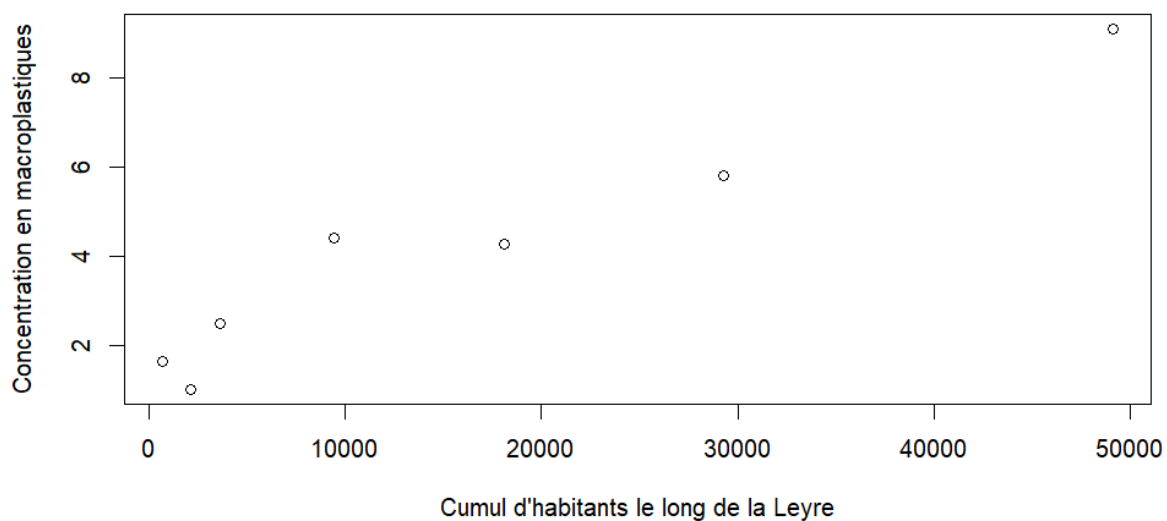


Annexe 4 : Nuage de points microplastiques et cumul de population

```
Pearson's product-moment correlation
data: rank(Cumul_BV$`Concentration moyenne en microplastiques (mp/m3)`) and rank(Cumul_BV$`Cumul nombre d'habitant`)
t = 2.5355, df = 5, p-value = 0.05218
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.007026802  0.960547210
sample estimates:
 cor
0.75
```

Annexe 5 : Résultat test statistique RStudio Microplastiques et cumul de population

Evolution de la concentration de l'eau en macroplastique en fonction du cumul d'habitant le long de la Leyre



Annexe 6 : Nuage de points macroplastiques et cumul de population

```
Pearson's product-moment correlation
data: rank(Cumul_BV$`Proportion de déchets au mètre linéaire (g)`) and rank(Cumul_BV$`Cumul nombre d'habitant`)
t = 5.5943, df = 5, p-value = 0.002519
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.5836208 0.9896198
sample estimates:
      cor
0.9285714
```

Annexe 7 : Résultat test statistique RStudio macroplastiques et cumul de population

