



DÉPASSONS L'HORIZON

UFR SCIENCES ET TECHNIQUES

L2 PHYSIQUE-CHIMIE RENFORCÉE

RAPPORT DU PROJET PERSONNEL DE RECHERCHE

Étude de la dynamique des plastiques piégés dans les posidonies en bord de plage



Auteur : Nicolas BLANCHER
Année 2023-2024

Encadrante : Dr Véronique Lenoble
Maîtresse de Conférences à l'Université
de Toulon

Table des matières

1 Remerciements	2
2 Introduction	3
3 Recherche et analyse expérimentale	4
3.1 Principe général de la démarche pratique	4
3.2 Caractéristiques des lieux de prélèvement	4
3.3 Protocole de prélèvement, de séparation et de quantification des matières plastiques	5
3.4 Méthode analytique des différents échantillons en laboratoire	7
4 Élaboration des résultats et tentatives d'interprétations	9
4.1 Mise en parallèle des relevés en surface	9
4.2 Mise en parallèle des prélèvements en profondeur	10
4.3 Discussion et comparaisons des différents résultats	11
5 Conclusion	12
6 Bibliographie	13
7 Résumé	14

1 Remerciements

Je tenais avant tout à adresser mes plus sincères remerciements à l'ensemble de l'équipe de recherche du laboratoire MIO (Institut Méditerranéen d'Océanologie) pour leur accueil, ainsi que leur amabilité durant chacun de mes séjours au laboratoire dans le cadre de ce projet.

Aussi, je souhaitais remercier les étudiants, en stage de fin de troisième année de Licence Physique-Chimie, pour m'avoir guidé dans la démarche, les prélèvements et l'analyse de mes échantillons.

Je désirais également témoigner ma reconnaissance envers l'étudiante en deuxième année de Master Chimie et Sciences des Matériaux qui m'a reçu et a pris de son temps dans le but de m'expliquer le fonctionnement de certaines techniques spécifiques de spectroscopie expérimentale.

Enfin, je voulais exprimer toute ma gratitude à ma tutrice et encadrante, Madame Véronique Lenoble, pour son attention, sa bienveillance, ses explications et ses précieux conseils tout au long de ce projet personnel de recherche.

Étant un étudiant de nature soucieuse et réservée, j'ai été sensible à ses qualités de compréhension, d'écoute et à sa gentillesse, au cours des différentes étapes qui ont composé cette étude. Elle m'a permis de me sentir rapidement à l'aise, de par son enthousiasme immanent, et j'ai pu ainsi vraiment apprécier cette immersion dans le milieu professionnel de la recherche scientifique.

Son soutien, ses nombreuses disponibilités et surtout sa fascination pour ce monde de la recherche scientifique m'ont donné l'occasion de réaliser la démarche la plus rigoureuse et aboutie possible au cours de ce travail d'étude. J'en ressors par conséquent très satisfait et enrichi.

2 Introduction

Nous avons tous tendance dans notre vie quotidienne à utiliser les matières plastiques. Elles sont pratiques et elles facilitent certaines de nos activités journalières. Elles sont aussi produites en masse dans le monde entier. En effet, il est important de souligner que, depuis 1950, l'homme a fabriqué environ 8 milliards de tonnes de plastiques, dont 6 milliards deviennent des déchets. Lorsque des déchets plastiques volumineux se dégradent, de minuscules particules s'en dégagent. On les appelle « microplastiques » et on considère qu'une de leurs dimensions est inférieure à 5 mm.

Ces microplastiques sont présents dans de nombreux environnements tels que les sols, les océans et l'air et peuvent être transportés par les précipitations, ainsi que par les aérosols.

D'ici 2060, à l'échelle mondiale, on estime que le rejet dans l'environnement des déchets plastiques devrait doubler. Les chercheurs scientifiques restent très préoccupés par les risques sanitaires et environnementaux que pourraient causer les microplastiques, comme le déséquilibre des écosystèmes.

Au cours de cette étude, nous déciderons de nous intéresser plus particulièrement à la dynamique des plastiques qui sont piégés dans les bancs de posidonies au bord des plages. Ainsi, pour traiter ce sujet, nous élaborerons une démarche expérimentale au cours de laquelle nous réaliserons des prélèvements directement sur les plages. Cette étape sera suivie par une phase de séparation et de quantification. Enfin, une analyse par spectroscopie infrarouge nous permettra d'en savoir davantage sur la nature des plastiques trouvés et ramassés au sein des différentes zones étudiées.

Nous serons alors amenés à nous demander :
Quelle est la teneur en plastiques au sein des bancs de posidonies situés dans des plages locales ? Et est-ce que cette dernière peut être amenée à varier en fonction de divers facteurs extérieurs ?

3 Recherche et analyse expérimentale

3.1 Principe général de la démarche pratique

Afin de pouvoir réaliser une étude de cas rigoureuse sur la dynamique de ces matières plastiques, nous établirons un procédé expérimental simple. Dans un premier temps, nous nous rendrons sur deux plages différentes localisées dans le département du Var, afin de relever à l'oeil nu des échantillons pour une surface de posidonies préalablement définie.

Par la suite, après ces quelques heures de recherche, nous tenterons de nettoyer du mieux possible l'ensemble des fragments plastiques ramassés, dans le but de les trier, de les compter et de les peser.

Pour terminer, l'utilisation d'un spectromètre infrarouge particulier contribuera à affiner nos mesures, nos calculs et à effectuer des comparaisons entre les différents sites de prélèvement.

3.2 Caractéristiques des lieux de prélèvement

Concernant les lieux de prélèvement, nous avons choisi de les réaliser sur deux plages assez différentes de l'aire varoise : la plage de la Madrague (43.1886° N, 5.7107° E) située à Saint-Cyr-sur-Mer et celle du Pin de Galle (43.0613° N, 6.0026° E) localisée au niveau du Pradet.

Ces deux sites se sont avérés très intéressants pour notre étude, car ils présentent peu de caractéristiques communes, notamment pour ce qui est de l'entretien et de la fréquentation.

Ainsi, il est important de prendre en compte que la plage de la Madrague est nettoyée quotidiennement et qu'elle est très proche du milieu urbain. Il s'agit également d'un lieu très touristique.

En revanche, le Pin de Galle est une plage relativement peu fréquentée et, de ce fait, elle n'est quasiment pas nettoyée. Il faut aussi noter qu'en termes de superficie, la plage du Pin de Galle reste beaucoup plus petite que celle de la Madrague. Par conséquent, compte tenu de ces divergences, nous pouvons envisager des résultats distincts au sujet des prélèvements entre ces deux plages. En effet, le nombre de plastiques peut être amené à varier en fonction de ces nombreux facteurs extérieurs.

3.3 Protocole de prélèvement, de séparation et de quantification des matières plastiques

Nous allons à présent détailler l'ensemble des protocoles mis en place dans le cadre de nos manipulations expérimentales.

Premièrement, pour ce qui est de la phase de prélèvement, nous nous sommes rendus directement sur chacune des deux plages avec un matériel précis. La méthode effectuée a été exactement la même pour les deux sites (Madrague et Pin de Galle).

De ce fait, nous avons commencé par mesurer la superficie totale du banc de posidonies : celle de la Madrague s'élevait à $160\ m^2$, alors que celle du Pin de Galle atteignait seulement les $72.36\ m^2$. Cependant, pour que les résultats restent comparables, nous avons décidé de relever des échantillons à analyser dans des proportions équivalentes d'une plage à l'autre.

Ainsi, concernant la plage de la Madrague, nous nous sommes focalisés sur une aire d'environ $4\ m^2$, ce qui représente donc un pourcentage de surface analysée de 2.5 % ; tandis que pour la plage du Pin de Galle, nous avons considéré une aire plus petite ($1.365\ m^2$), afin d'obtenir au final un pourcentage de surface analysée plus ou moins semblable (environ 1.9 %).

Le ramassage des matières plastiques s'est déroulé de la manière suivante : à l'intérieur du banc de posidonies, nous avons d'abord délimité, à l'aide d'un appareil de mesure, une aire précise correspondant à la zone de prélèvement. De cette petite superficie de posidonies, nous avons, dans un premier temps, extrait en surface tous les fragments visibles à l'oeil nu qui s'apparentaient à du plastique. Pour les prélever minutieusement et éviter une éventuelle contamination en métaux, nous avons d'ailleurs utilisé une pince à épiler en téflon à chaque fois. Nous les avons ensuite insérés dans un sachet transparent refermable intitulé "Surface".

Dans un deuxième temps, une fois le prélèvement en surface terminé, nous avons creusé un trou d'une profondeur de 5 cm sur l'ensemble de l'aire déterminée. Nous avons alors de nouveau collecté, à l'aide de la pince en téflon, les différents morceaux de plastique détectés à l'oeil nu dans cette zone et nous les avons introduits dans un nouveau sachet refermable nommé "Profondeur".

Nous avons ensuite réitéré exactement les mêmes manipulations sur le banc de posidonies de la seconde plage.

La phase de prélèvement finie, nous sommes passés à l'étape de séparation des fragments plastiques. Ces derniers ont été retirés soigneusement

des sachets, avec la pince en téflon, et ils ont été "nettoyés", c'est-à-dire que tous les résidus de sable et de posidonies ont été enlevés, afin de réaliser par la suite une analyse plus précise.

Les quatre sachets relatifs aux bancs de posidonies des deux plages ("Surface 1" et "Profondeur 1" pour la Madrague, ainsi que "Surface 2" et "Profondeur 2" pour le Pin de Galle) ont donc été triés et chacun d'entre eux a été redivisé en trois nouveaux paquets en fonction des couleurs prédominantes répétitives ("Blanc/Transparent", "Bleu/Vert" et "Autres"). Au cours de ce tri, les morceaux de plastiques ont par conséquent tous été comptés par zone et par couleur. Leurs masses respectives ont également été mesurées à l'aide d'une balance de précision.

La détermination de ces grandeurs physiques nous a permis d'établir plus tard des valeurs de densité de surface (en nombre et en masse) et de masse moyenne par plastique ramassé ; ce qui s'est avéré primordial pour affiner nos comparaisons entre les différents lieux de prélèvement.



Figure 1 : Photographie d'échantillons triés en fonction de leurs couleurs



Figure 2 : Recensement des différents fragments plastiques prélevés

3.4 Méthode analytique des différents échantillons en laboratoire

Après avoir achevé l'inventaire des divers fragments plastiques et les avoir triés suivant leurs couleurs spécifiques, nous avons pu amorcer la phase d'analyse par spectroscopie infrarouge. Ce procédé nous a permis notamment d'atteindre deux objectifs clés. Premièrement, il a pu nous confirmer dans la quasi-totalité des cas que l'échantillon testé était bien du plastique (98 % des fragments analysés). Deuxièmement, une fois cette hypothèse validée, il nous a également indiqué la nature exacte de cette matière plastique (Polypropylène (PP), Polyéthylène (PE), Polystyrène (PS), Polychlorure de vinyle (PVC)...).

Néanmoins, pour obtenir des résultats exploitables et de bonne qualité, il a fallu avant tout respecter un protocole rigoureux. Nous avons dû utiliser un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier ATR (Attenuated Total Reflectance) et réaliser systématiquement différentes étapes pour obtenir au final le spectre de notre échantillon.

À chaque mesure, nous avons débuté par un nettoyage en douceur du détecteur à l'aide de papier absorbant. Ensuite, il était essentiel d'effectuer une analyse du "background" dans le but de faire le "blanc" et ainsi de ne pas fausser les interprétations des spectres de nos échantillons. Après l'exécution des 25 scans (mesure du background), nous avons enfin eu l'opportunité de pouvoir insérer un fragment sous le détecteur, puis de le régler de façon à ce qu'il y ait un contact entre les deux. Cette dernière manipulation étant réalisée, il ne restait plus qu'à démarrer la mesure et à attendre quelques minutes pour que le spectre infrarouge (IR) de notre échantillon analysé apparaisse sur l'écran de l'ordinateur.

Une fois tous les spectres IR récoltés, nous avons eu recours à un logiciel nommé "Spectragraph" et à une base de données sur les microplastiques, afin de déterminer de la manière la plus précise possible la nature de nos différents échantillons expérimentaux. Près de 160 échantillons ont été ainsi identifiés entre les deux plages. Pour que l'on puisse valider la correspondance entre les spectres de référence proposés et ceux de nos fragments analysés, nous avons seulement considéré les pourcentages supérieurs à 85%, ceux en dessous de ce taux étant souvent peu fidèles au spectre de départ.

Voici ci-dessous une sélection des spectres obtenus les plus courants.

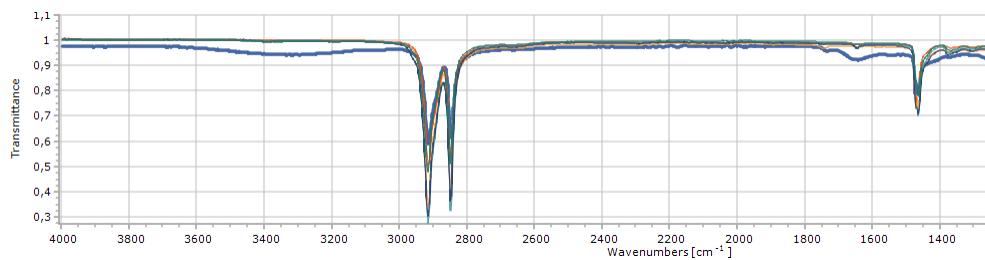


Figure 3 : Spectre infrarouge caractéristique du polyéthylène (PE)

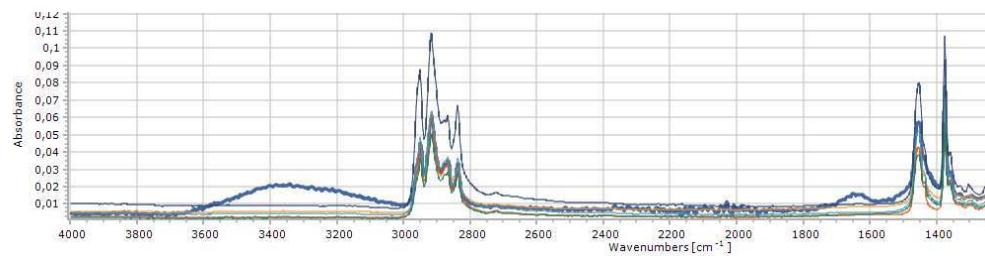


Figure 4 : Spectre infrarouge caractéristique du polypropylène (PP)

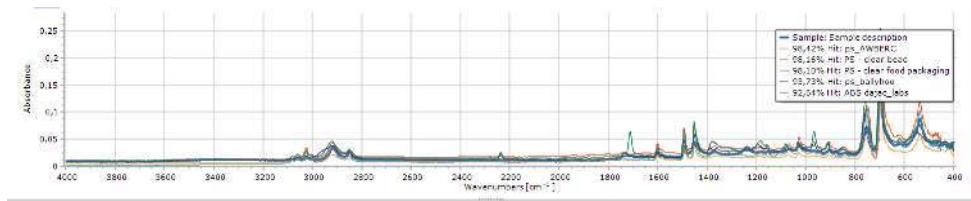


Figure 5 : Spectre infrarouge caractéristique du polystyrène (PS)



Figure 6 : Photographie du détecteur du spectromètre FT-IR

4 Élaboration des résultats et tentatives d'interprétations

4.1 Mise en parallèle des relevés en surface

Nous avons pu rassembler les résultats obtenus à partir des prélèvements en surface sur les bancs de posidonies des deux plages. Nous avons considéré trois grandeurs principales pour mettre en évidence les différences qui pouvaient exister entre ces deux lieux : la densité surfacique de microplastiques en nombre notée " $\mu\text{P/S}$ ", la densité surfacique de microplastiques en masse notée " m/S " et la masse moyenne d'un microplastique notée " $\text{m}_{\text{moyenne}}$ ". Elles seront définies par les relations suivantes :

$$\mu\text{P/S} = \frac{\text{nombre de microplastiques}}{\text{surface}} ; \quad \text{m/S} = \frac{\text{masse de microplastiques}}{\text{surface}} ;$$

$\text{m}_{\text{moyenne}} = \frac{\text{masse totale de microplastiques}}{\text{nombre total de microplastiques}}$. Nous avons également réalisé des diagrammes type "camembert", afin de mettre en exergue la répartition des couleurs en fonction de la plage (Madrague ou Pin de Galle) et de la zone précise de recherche (surface ou profondeur). Nous avons fait de même concernant la nature des microplastiques.

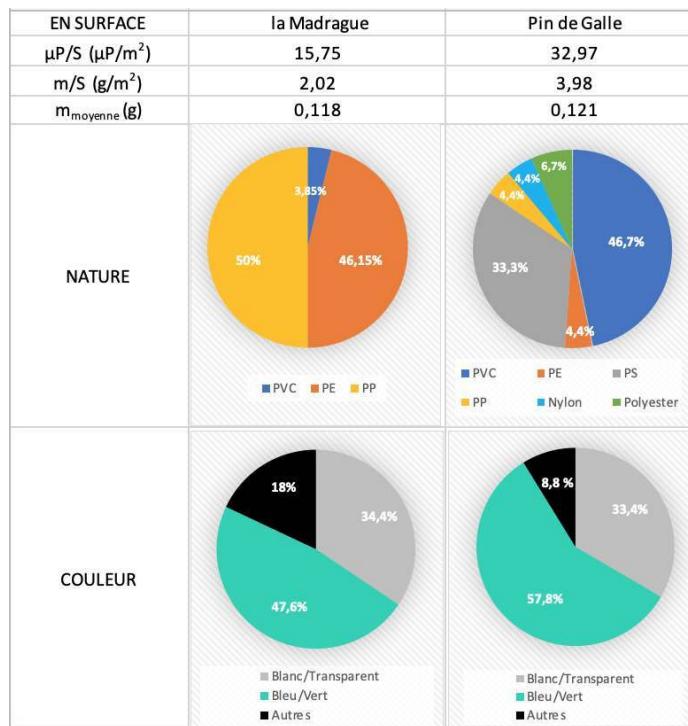


Figure 7 : Tableau regroupant les données principales récoltées sur les prélèvements en surface

4.2 Mise en parallèle des prélèvements en profondeur

Dans le cadre de l'analyse des fragments obtenus sur une profondeur de 5 cm, nous avons décidé d'opter pour la même démarche. Nous avons donc à nouveau déterminé les trois grandeurs principales : la densité surfacique de microplastiques en nombre ($\mu\text{P}/\text{m}^2$), la densité surfacique de microplastiques en masse (m/m^2) et la masse moyenne d'un microplastique situé en profondeur ($\text{m}_{\text{moyenne}}$). Des diagrammes supplémentaires ont également été réalisés dans le but de mettre en évidence les différentes proportions concernant les couleurs et la nature des microplastiques (μP) prélevés sur les deux plages.

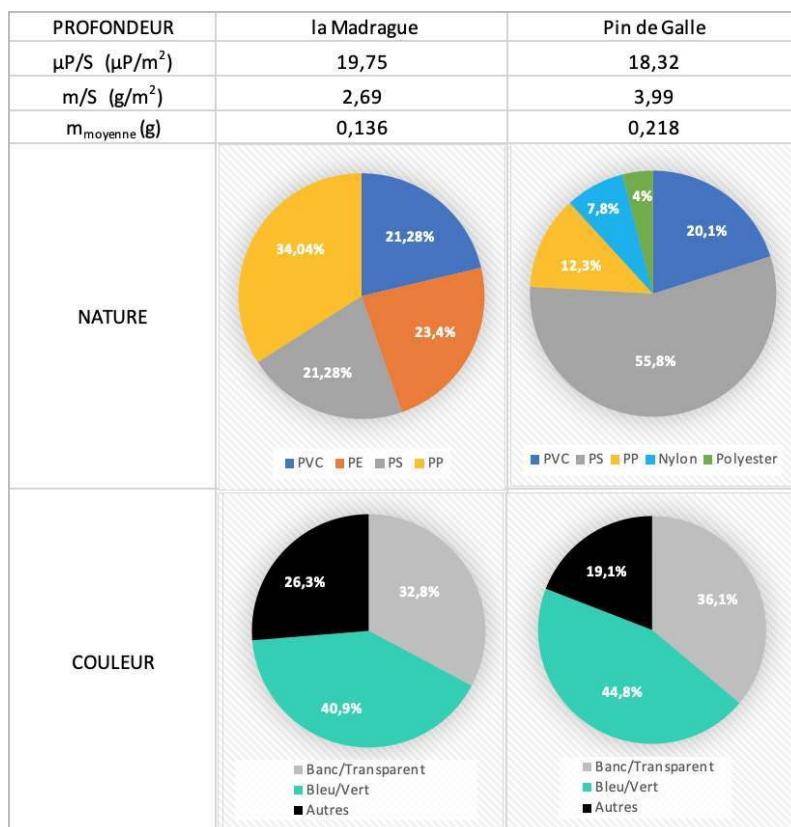


Figure 8 : Tableau regroupant les données principales récoltées sur les prélèvements en profondeur

4.3 Discussion et comparaisons des différents résultats

En premier lieu, à propos des relevés en surface, nous pouvons remarquer rapidement une première différence fondamentale entre les deux plages : la densité surfacique en nombre de μ P est 2 fois plus importante au Pin de Galle qu'à la Madrague. Ce résultat s'avère plutôt cohérent, car la plage de la Madrague est un lieu entretenu et nettoyé quotidiennement en surface, contrairement à celle du Pin de Galle. Nous pouvons donc être amenés à penser que les taux s'équilibreraient si le traitement était identique d'une plage à l'autre.

Ensuite, concernant la densité surfacique de μ P en masse, nous pouvons constater que celle-ci demeure 2 fois plus élevée du côté du site du Pin de Galle par rapport à celui de la Madrague, ce qui reste en adéquation avec le constat précédent.

En revanche, nous pouvons observer que les masses moyennes d'un μ P en surface sont quasiment identiques sur les deux plages, ce qui montre que chaque μ P possède individuellement la même masse quel que soit le site de prélèvement.

Nous pouvons maintenant aborder l'analyse des diagrammes en camembert. Premièrement, pour ce qui est de la nature des μ P, nous pouvons noter qu'il y en a une plus grande variété au Pin de Galle : les analyses à l'infrarouge ont mis en évidence la présence de polypropylène (PP), polyéthylène (PE), polychlorure de vinyle (PVC), polystyrène (PS), polyuréthane et nylon, alors que seuls les trois premiers sont présents en surface à la Madrague. De plus, les taux demeurent très différents : si le PS et le PVC restent majoritaires au Pin de Galle, ce sont le PP et le PE qui prédominent très largement à la Madrague (plus de 96% pour les deux réunis). Nous pouvons encore justifier ce constat : la plage de la Madrague est un lieu très touristique, il y a donc une concentration considérable de monde chaque jour et la plupart des personnes présentes prennent l'habitude de pique-niquer directement sur la plage. Or, le PP et le PE représentent les deux principales matières plastiques utilisées dans les emballages alimentaires et notamment dans la confection de pailles ou de bouteilles. Nous pouvons donc en déduire que ces proportions importantes de PP et de PE en surface à la Madrague résultent de la pollution humaine qui se répète quotidiennement au cours d'activités simples telles que le repas.

Enfin, au sujet des couleurs, nous distinguons essentiellement des μ P blancs, bleus et verts sur les deux plages.

Nous pouvons à présent passer à l'étude des prélèvements en profondeur.

Nous remarquons en premier lieu que le nombre de μP par m^2 est maintenant équivalent sur les deux plages. À ce propos, nous pouvons voir que la teneur en μP a légèrement augmenté par rapport à la surface (4 μP en plus par m^2). En revanche, pour le Pin de Galle, le taux de μP par m^2 a presque été divisé par 2 par rapport à la surface. Nous pouvons donc en déduire que, dans le cas d'une plage non entretenue, il y a manifestement beaucoup plus de matières plastiques en surface qu'en profondeur.

Cependant, lorsque nous regardons l'évolution de la masse des μP relevés par m^2 , nous nous apercevons que celle-ci est 1,5 fois plus grande au Pin de Galle par rapport à la Madrague. Le constat est identique pour la masse moyenne. Nous en déduisons par conséquent que les μP relevés au Pin de Galle sont globalement plus lourds. En outre, nous pouvons également observer que la masse de μP par m^2 est exactement la même pour le Pin de Galle, que ce soit en surface ou en profondeur. Nous pouvons donc dire qu'en l'absence d'activités humaines ce taux a tendance à s'équilibrer.

Au sujet de la nature des μP , nous pouvons noter que la Madrague s'est davantage diversifiée en profondeur : le PP et le PE restent toujours majoritaires, mais la quantité de PVC a nettement augmenté. Nous pouvons remarquer aussi l'apparition de PS, un plastique qui n'était absolument pas présent en surface sur cette plage. Au Pin de Galle, nous constatons la disparition du PE en profondeur et la prédominance du PS qui est encore plus importante qu'en surface.

Pour terminer, au niveau des couleurs, il n'y a pas de réel changement par rapport à la surface : les μP blancs, bleus et verts prévalent toujours.

5 Conclusion

En conclusion, dans le cadre de ce projet expérimental de recherche, nous avons pu mettre en évidence la présence généralisée de microplastiques (μP) dans les bancs de posidonies au sein de deux plages varoises : la Madrague et le Pin de Galle.

Par ailleurs, nous avons également pu constater que les différents taux calculés (nombre et/ou masse de μP par m^2), ainsi que la prédominance de certaines natures de plastique, pouvaient être amenés à évoluer en fonction de facteurs extérieurs importants, tels que le tourisme.

De nos jours, il s'avère indispensable de prendre des mesures afin de réduire la pollution plastique et limiter sa diffusion pour une meilleure protection des organismes vivants. Après leur passage dans les bancs de posidonies, les μP sont également capables de se propager à travers d'autres milieux et

deviennent donc aussi nocifs pour ces derniers.

Il s'agit par conséquent d'un enjeu environnemental capital face auquel nous nous devons de réagir en prenant conscience par exemple chaque jour de la petite quantité de pollution dont nous pouvons être responsables dans nos actes quotidiens.

6 Bibliographie

[1] OECD (2022), Global Plastics Outlook : Policy Scenarios to 2060.

[2] Science of the Total Environment 829, 2022, 154337, Atmospheric microplastics in the Northwestern Pacific Ocean : Distribution, source, and deposition

[3] Anses, 2020. Les microplastiques, un risque pour l'environnement et la santé. <https://www.anses.fr/fr/content/les-microplastiques-un-risque-pour-l-environnement-et-la-sante>

[4] Gustavo Axel Elizalde Velázquez, Leobardo Manuel Gómez-Oliván, 2021. Microplastics in aquatic environments : A review on occurrence, distribution, toxic effects, and implications for human health. 3.2. Toxic effects of MPs

[5] Andrady A.L., 2011 Microplastics in the marine environment, Marine Pollution Bulletin 62, 1596-1605

[6] GESAMP. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment : a global assessment, 2015

[7] Horton, Alice A., et Simon J. Dixon. 2018. « Microplastics : An Introduction to Environmental Transport Processes ». WIREs Water 5 (2) : e1268. <https://doi.org/10.1002/wat2.1268>

[8] Thompson, R. C., 2015 : Microplastics in the Marine Environment : Sources, Consequences and Solutions. Marine Anthropogenic Litter, M. Bergmann, L. Gutow, and M. Klages, Eds., Springer International Publishing

[9] National Oceanic and Atmospheric Administration Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment : Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments, Technical memorandum, Juillet 2015

[10] Mazoyer Camille, Modélisation des flux du transport de polluants en rade de Toulon, 2019

7 Résumé

Au cours de cette étude sur la dynamique des plastiques piégés dans les posidonies en bord de plage, nous avons réalisé un protocole expérimental rigoureux reposant sur 5 étapes clés : le prélèvement, la séparation, la quantification, l'analyse par spectroscopie infrarouge et enfin la phase de discussion/comparaison entre les différents résultats. Nous avons pu mettre en évidence l'impact de l'activité humaine sur le nombre et la nature des microplastiques prélevés. Ainsi, une plage touristique comme la Madrague sera plus riche en matières plastiques provenant d'emballages alimentaires (polypropylène et polyéthylène) qu'une plage peu fréquentée telle que le Pin de Galle. Si elle est entretenue quotidiennement, le nombre de plastiques présents en surface aura tendance à bien diminuer. Il est donc fondamental d'agir à notre niveau pour tenter de limiter ce phénomène de pollution plastique qui se généralise à tous les milieux de vie.

During this study on the dynamics of plastics trapped in Posidonia along the beach, we carried out a rigorous experimental protocol based on 5 key stages : sampling, separation, quantification, analysis by infrared spectroscopy and finally the discussion/comparison phase between the different results. We were able to highlight the impact of human activity on the number and nature of microplastics collected. Thus, a tourist beach such as La Madrague will be richer in plastics from food packaging (polypropylene and polyethylene) than a little-frequented beach such as Le Pin de Galle. If the beach is maintained on a daily basis, the number of plastics present on the surface will tend to decrease. It is therefore essential that we take action at our own level to try to limit this phenomenon of plastic pollution, which is spreading to all living environments.