RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie de l'Environnement

Intitulé

Abondance et distribution des micro-plastiques dans les sédiments des plages de la baie d'Alger et la baie de Boumerdès

Présenté par

MELILI SOUMIA

Encadré par

Dr Belhouchet Nassima	Maitre de recherche A	Promotrice
Pr Omar Bouras	Professeur	Co-promoteur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers ALLAH, le Tout-Puissant, qui m'a accordé la santé et la volonté nécessaires pour entamer et mener à bien ce mémoire.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont eu la bienveillance et la patience de répondre à ma curiosité et de m'aider dans mon travail, que ce soit par leurs précieux conseils, réponses ou recommandations.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Monsieur Bouras**, mon professeur et encadrant, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique et son soutien constant ont grandement contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Je tiens également à remercier particulièrement **Mme BELHOUCHET.N** pour son soutien pratique, moral et ses engagements constants.

Je remercie chaleureusement les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Je remercie également **le directeur de la ferme marine** pour nous avoir autorisés à utiliser les équipements nécessaires à la réalisation de ce travail. J'adresse aussi tous mes remerciements à **l'équipe du laboratoire** pour leur accueil, leur assistance technique et leur disponibilité tout au long de nos expérimentations.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants du département de Génie des Procédés pour leur générosité et la grande patience dont ils ont fait preuve durant mes cinq années d'études, malgré leurs lourdes charges académiques et professionnelles.

Enfin, j'adresse ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude pour leur présence, leur dévouement et l'aide inestimable qu'elles ont apportée tout au long de ce parcours. Un petit bout de chemin certes, mais un grand enrichissement.

Dédicace

Je dédie ce travail à ma chère famille, source inépuisable de soutien, d'amour et d'encouragement.

À mes parents, pour leurs sacrifices et leur confiance en moi.

À mon frère et ma sœur, pour leur présence rassurante.

À toutes les personnes qui ont cru en moi et m’ont accompagnée dans ce parcours.

ملخص

في إطار تقييم توزيع وفرة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في رواسب شواطئ، تم اختيار مقطع عرضي بطول 100 متر يتكون من خمس محطات في كل شاطئ

تم جمع العينات وتحديد الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في عينات الرواسب التي تم تقسيمها إلى جزئين F1) من 250 ميكرومتر إلى 1 مم و F2 من 1 مم إلى 5 مم(، وذلك باتباع البروتوكول القياسي لجمع وتحليل الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في المياه البحرية السطحية والرواسب الشاطئية، والذي تم وضعه واعتماده من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) في عام 2023.

أظهرت النتائج وجود وفرة عالية من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في رواسب الشاطئين. ففي شاطئ شنوة، بلغت الوفرة 865 جسيمًا بلاستيكيًا دقيقًا لكل كيلوغرام(MP/kg) ، أي ما يعادل 4800 جسيم بلاستيكي دقيق لكل متر مربع .(MP/m²) أما في شاطئ كولونيل عباس، فقد بلغت الوفرة MP/kg528 ، أي MP/m².2100

الكلمات المفتاحية: بلاستيك، جزيئات بلاستيكية دقيقة، تلوث، رواسب، بوليمرات، الجزائر.

Abstract

As part of the assessment of the distribution and abundance of microplastic particles in the sediments of the beaches of Corso and Reghaia, a 100-meter long transect, composed of five stations, was selected for each beach.

The sampling and identification of microplastics in sediment samples, subdivided into two fractions (F1 from 250 µm to 1 mm and F2 from 1 mm to 5 mm), were carried out following the standard protocol for sampling and analyzing microplastics in surface marine waters and beach sediments, established and validated by the IAEA in 2023.

The results revealed high concentrations of microplastics in the sediments of both beaches. Specifically, the Corso beach showed an abundance of 629,080 microplastics per kilogram (MP/kg), while the Reghaia beach exhibited an abundance of 606,510 MP/kg.

Keywords : Plastic, Microplastics, Pollution, Sediments, Polymers, Algeria.

Résumé

Dans le cadre de l'évaluation de la distribution et de l'abondance des microplastiques dans les sédiments des plages de Corso et de Reghaia, un transect de 100 mètres de long, comprenant cinq stations, a été sélectionné pour chaque plage

Le prélèvement et l'identification des microplastiques dans les échantillons de sédiments ont été réalisés selon un protocole standardisé, qui distingue deux fractions (F1 de 250 µm à 1 mm et F2 de 1 mm à 5 mm). Ce protocole a été mis en place et validé par l'AIEA en 2023 pour l'échantillonnage et l'analyse des microplastiques dans les eaux marines de surface et les sédiments des plages.

Les résultats ont révélé une forte concentration de microplastiques dans les sédiments des deux plages. Ainsi, la plage de Corso présente une abondance de 629,080 microplastiques par kilogramme (MP/kg), tandis que la plage de Reghaia affiche une abondance de 606,510528 MP/kg.

Mots-clés : Plastique, Microplastiques, Pollution, Sédiments, Polymères, Algérie.

Liste des abréviations

MPs: Microplastiques

STEP: Station d'épuration des eaux usées

PE-HD: Polyéthylène haute densité

PE-BD: Polyéthylène basse densité

PP: Polypropylène

PS: Polystyrène

PET: Polythérephtalate d'éthylène

PA: Polyamide

PVC: Polychlorure de vinyle

PCB: Polychlorobiphényle

HAP: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

DDT: Dichlorodiphényltrichloroéthane

POP: Polluants Organiques Persistants

AIEA: Agence Internationale de l'Energie Atomique

FTIR: Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier

MO: Matière Organique

RG : Reghaia

COR : Corso

Liste des figures

Figure I. 1 : Processus intervenant dans la dégradation du plastique (Accumulation: The Material Politics of Plastic; Gabrys, et al ., 2013)..... 8

Figure I. 2 : Micro plastiques primaires (granulés industriels) collectés près d'une zone industrielle avril 2024..... 12

Figure I. 3 : Photo prise par Marcela Perez en 2023, illustrant les microplastiques secondaires. 13

Figure II. 1 : Site du prélèvement des sédiments sur (a) la plage Corso (GoogleEarth ; 20-03-2025 à 11 :00) 21

Figure II. 2 : Délimitation de la zone de collecte des échantillons de sable (transect de 100m) et des points d'échantillonnages (R1 à R5) sur la plage (adapté d'OSPAR et de Burgess et al, 2014). 24

Figure II. 3 : Procédure appliquée pour le prélèvement de sédiment de plage de Reghaia et Corso 26

Figure II. 4 : Les différentes étapes appliquées pour l'extraction des MPs. 29

Figure II.5 : Microscope 42

Figure II. 6 : Tamiseuse automatique de marque Retsch modèle AS 200 et série de tamis utilisés..... 31

Figure II. 7 : les différentes étapes de la granulométrie. 33

Figure II.8 : Détermination du taux de la matière organique par perte de feu 35

Figure III . 1 : Représentation graphique de la granulométrie des échantillons étudiés. 37

Figure III . 2 : Représentation graphique du taux de la matière organique dans les deux stations (Reghaia et Corso). 39

Figure III . 3 : Abondance des MPs dans les deux plages 41

Figure III . 4 : : Répartition des micro-plastiques par type pour les deux plages. 43

Figure III . 5 : Répartition des micro-plastiques par couleur pour les deux plages. 44

Figure III . 6: Distribution des micro-plastiques par taille dans les stations de CORSO 47

Figure III . 7 : Distribution des micro-plastiques par taille dans les stations de REGHAIA 48

Figure III . 8 : Abondance des MPs dans les deux plages étudiées. 50

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Les différents types de polymères et leurs utilisations (Lambert et al., 2014) 13

Tableau II. 1 : Régime pluviométrique de Corso (Rebhi., 2017)..... 22

Tableau II. 2 : diamètres des grains selon la norme AFNOR (NF X31-107 ou XP P94-500)..... 31

Tableau II. 3 : Classification des grains de sables. 34

Tableau III. 1 : Variation du pHpzc des sédiments analysés.....39

Tableau III . 2 : classification des MPs par couleur..... 45

Tableau III . 3 : comparaison des deux plages..... 49

Tableau III . 4 : Abondance des micro-plastiques (MPs) par station et par plage (CORSO et REGHAIA)..... 49

Tableau III . 5 : présentation de quelques photos de particules microplastiques identifié dans notre étude..... 51

Table des matières

Remerciements

Dédicace

ملخص

Abstract

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction générale 1

I.Chapitre I :Généralité 4

I.1 La pollution marine 4

I.2 La pollution plastique 5

I.2.1 Définition 6

I.2.2 Fragmentation et dégradation du plastique en microplastiques : 6

I.3 Les microplastiques (MPs) 8

I.3.1 Sources des microplastiques 8

I.3.2 Mécanismes de transport des MPs 11

I.3.3 Origine des microplastiques 12

I.3.4 Les types de polymères plastiques 13

I.3.5 Les propriétés physico-chimiques des microplastiques 14

I.3.6 Devenir des MPs dans l'environnement 15

I.3.7 Les MPs comme vecteur de contamination 16

I.3.8 Impact des MPs 16

II. Chapitre II : Matériels et méthodes 20

II.1 Zone d'étude 19

II.1.2 Situation géographique des plages 20

II.2 Méthodes de prélèvement des sédiments de plage 24

II.2.1 Prélèvement des échantillons 24

II.2.2 Préparation des échantillons pour l'analyse des microplastiques 26

II.3 Expression des résultats 30

II.3.1 Calcul de l'abondance des micro-plastiques 30

II.3.2 Granulométrie des sédiments 30

II.3.3 Matière organique 34

II.3.4 pH pzc des sédiments 35

III. Chapitre III : Résultats et discussions 37

III.1 Granulométrie 37

III.2 Variation du taux de la matière organique (MO) 38

III.3 Le pH pzc des sédiments étudiés 39

III.4 Evaluation des MPs dans les sédiments de plage 40

III.4.1 Abondance des MPs dans les deux plages 40

III.5 Classification des MPs par type 42

III.6 Classification des MPs par Couleur 43

III.7 Classification par taille 46

III.7.1 CORSO : 46

III.7.2 REGHAIA : 47

III.7.3 Comparaison entre les deux stations : 48

III.8 Abondance des micro-plastiques dans les sédiments des deux plages 49

Conclusion Générale et perspectives 58

Bibliographie 74

Annexes 73

Introduction générale

Introduction générale

La mer Méditerranée est aujourd'hui soumise à une pression environnementale croissante, conséquence directe des activités humaines intensives telles que l'urbanisation côtière, l'industrialisation, le tourisme de masse et la mauvaise gestion des déchets. Parmi les multiples formes de pollution qui affectent cet espace marin semi-fermé, la pollution plastique représente une menace majeure. Cette pollution se manifeste notamment par la présence de microplastiques, particules de plastique inférieures à 5 mm, qui résultent de la dégradation de déchets plastiques ou sont directement introduites dans l'environnement sous forme de microbilles, granulés industriels, ou fibres synthétiques.

Les microplastiques, en raison de leur petite taille, leur légèreté et leur persistance, sont capables de se disperser facilement dans tous les compartiments environnementaux : eaux de surface, sédiments, organismes vivants, et même l'air. Leur impact est multiple : ils perturbent les écosystèmes marins, sont ingérés par la faune, agissent comme vecteurs de polluants chimiques et posent potentiellement des risques sanitaires pour l'homme.

En Algérie, les recherches sur la pollution microplastique sont encore rares et fragmentées, ce qui empêche une compréhension globale du phénomène à l'échelle nationale. De plus, l'absence de protocoles normalisés rend les comparaisons entre sites difficiles. Cette lacune scientifique limite la mise en place de stratégies de gestion environnementale efficaces.

C'est dans ce contexte qu'un projet de recherche appliquée est actuellement mené par le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), afin d'évaluer la pollution microplastique au niveau du littoral algérien. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la coopération avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), via le projet régional RAF 1010, centré sur la gestion durable des déchets polymères.

L'objectif principal est d'évaluer la contamination en microplastiques dans différentes matrices marines (plages, sédiments, colonne d'eau, organismes) et de contribuer à la création d'une base de données fiable et standardisée.

La méthodologie utilisée s'appuie sur des techniques validées internationalement, garantissant la qualité et la reproductibilité des résultats.

Ce mémoire s’articule autour de trois grands axes :

Une revue bibliographique approfondie sur la pollution microplastique et ses enjeux environnementaux et sanitaires,

Une présentation détaillée de la zone d’étude, du matériel utilisé et des méthodes d’analyse adoptées,

Et enfin, une synthèse des résultats, suivie de perspectives pour la recherche future et la gestion de cette pollution sur le littoral algérien.

Cette étude ambitionne ainsi de combler un vide scientifique local, tout en participant aux efforts régionaux et internationaux visant à limiter la dispersion des microplastiques dans les écosystèmes marins et à préserver durablement la biodiversité côtière.

Chapitre I :
Généralité

I. Chapitre I : Généralité

I.1 La pollution marine

Selon la **Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM)** adoptée en 1982, la pollution marine désigne « l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, susceptible de provoquer des effets nuisibles tels que des dommages aux organismes marins, des risques pour la santé humaine, des perturbations des usages légitimes de la mer, une altération de la qualité de l'eau de mer ou une dégradation de l'environnement marin. »

Aujourd'hui, la pollution marine constitue un défi environnemental mondial majeur, aggravé par l'augmentation des activités anthropiques. On distingue plusieurs formes principales de cette pollution :

- **La pollution chimique**, causée par le rejet de substances toxiques d'origine naturelle ou synthétique. Cela inclut les métaux lourds (comme le mercure ou le plomb), les résidus pharmaceutiques, les hydrocarbures, les engrais et pesticides agricoles, qui contribuent à l'eutrophisation et à la perturbation hormonale chez les espèces marines.
- **La pollution physique**, qui englobe :
    - La pollution thermique, provoquée par les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou industrielles, altérant les écosystèmes sensibles ;
    - La pollution sonore, liée aux navires, aux sonars militaires ou à l'exploration pétrolière, affectant notamment les cétacés ;
    - La pollution radioactive, bien que moins fréquente, reste préoccupante dans certaines zones exposées à des rejets accidentels ou historiques.
- **La pollution biologique**, résultant de la prolifération de micro-organismes pathogènes ou d'espèces envahissantes introduites par les eaux de ballast ou les activités humaines. Ces agents peuvent déséquilibrer les chaînes alimentaires et affecter la biodiversité locale.
- **La pollution plastique**, devenue l'un des symboles de la crise écologique des océans. Chaque année, des millions de tonnes de plastiques finissent dans les mers, formant des gyres de déchets comme le "continent plastique" du Pacifique. Les microplastiques, en

particulier, sont ingérés par la faune marine et peuvent remonter toute la chaîne alimentaire jusqu'à l'humain [1] [2].

La lutte contre la pollution marine nécessite une coopération internationale renforcée, des réglementations strictes et une transition vers une économie circulaire respectueuse des écosystèmes marins.

I.2 La pollution plastique

Les produits à base de plastique sont omniprésents dans notre quotidien, utilisés dans des secteurs aussi variés que l'alimentation, la santé, la construction ou encore l'électronique. Leur popularité s'explique par leur légèreté, leur résistance, leur durabilité et surtout leur faible coût de production. Toutefois, ces mêmes qualités sont à l'origine d'un problème environnemental majeur : la persistance du plastique dans l'environnement, en raison de sa très lente biodégradation.

Depuis les années 1950, la production mondiale de plastique a explosé, atteignant plus de 430 millions de tonnes par an, dont seulement 9 % sont recyclés de manière efficace [3]. La mauvaise gestion des déchets plastiques, combinée à des infrastructures de traitement insuffisantes, entraîne une accumulation massive de ces déchets dans la nature. Transportés par le vent, les eaux pluviales ou les systèmes de drainage urbains, les plastiques se retrouvent facilement dans les fleuves, les rivières et finissent inévitablement dans les océans.

Une fois dans le milieu marin, ces plastiques se fragmentent en micro plastiques et nano plastiques, qui sont ingérés par une large variété d'espèces marines, perturbant leur santé, leur reproduction, et pouvant même atteindre les chaînes alimentaires humaines. Par ailleurs, les déchets plastiques affectent directement des secteurs économiques essentiels tels que la pêche, le tourisme côtier et le transport maritime [2] [5].

Face à cette crise, des initiatives internationales comme le traité mondial sur la pollution plastique, actuellement en négociation sous l'égide des Nations unies, visent à encadrer la production, l'utilisation et la fin de vie du plastique à l'échelle globale.

I.2.1 Définition

Le plastique est un matériau polymère de synthèse, principalement dérivé de ressources fossiles telles que le pétrole et le gaz naturel. Il est obtenu par des procédés de polymérisation ou de polycondensation, qui transforment des monomères (comme l'éthylène ou le propylène) en longues chaînes moléculaires dotées de propriétés mécaniques variées.

Sous forme de granulés ou résines plastiques appelés aussi pellets ou nurdles, mesurant généralement entre 0,1 et 5 mm, le plastique est acheminé vers les industries de transformation. Ces granulés représentent la matière première utilisée dans la fabrication d'une vaste gamme de produits. Ils sont ensuite chauffés, fondus et moulés selon les spécificités du produit fini, que ce soit pour des emballages, des pièces automobiles, des dispositifs médicaux ou des objets du quotidien [1] [7].

Ces granulés, bien qu'invisibles pour le grand public, posent également un risque environnemental majeur : en cas de déversement accidentel lors du transport ou de la production, ils peuvent atteindre les milieux aquatiques et devenir une source importante de pollution plastique primaire.

I.2.2 Fragmentation et dégradation du plastique en microplastiques :

Les plastiques, largement utilisés pour leur résistance et leur durabilité, sont aussi tristement célèbres pour leur persistance dans l'environnement. En effet, leur dégradation naturelle est extrêmement lente, ce qui leur permet de rester des décennies, voire des siècles, dans les milieux terrestres et marins sans se biodégrader complètement [2] . Le processus de dégradation du plastique se manifeste par des altérations progressives de ses propriétés physiques et chimiques, telles que la perte de résistance mécanique, le changement de couleur, l'érosion de surface, ou encore la perte de transparence. Ces transformations mènent à la fragmentation du matériau, produisant des particules de plus en plus petites, appelées microplastiques (inférieurs à 5 mm) et même nano-plastiques (inférieurs à 100 nm) [3] .

Plusieurs mécanismes environnementaux sont responsables de cette dégradation, notamment :

- **La photo-oxydation** : provoquée par les rayons ultraviolets (UV-A et UV-B) du soleil, elle déstabilise la structure des polymères en surface. Ce phénomène est particulièrement actif pour les plastiques échoués sur les plages, tandis qu'il est ralenti dans l'eau de mer où l'exposition au rayonnement est plus limitée [4]
- **L'hydrolyse** : ce processus chimique se produit lorsque les chaînes de polymères réagissent avec les molécules d'eau, modifiant leur structure et favorisant leur affaiblissement [11]
- **La dégradation thermo-oxydative** : elle est causée par l'exposition prolongée à des températures modérées combinée à l'oxygène. Ce processus est lent mais entraîne une fragilisation progressive du matériau [4].
- **La dégradation mécanique** : elle résulte de l'action physique de l'environnement, comme le **mouvement des vagues**, le **frottement contre les roches et le sable**, ou encore la pression du vent. Ces forces fragmentent le plastique en particules de plus en plus fines [11]

L'ensemble de ces processus ne conduit pas à une véritable biodégradation, mais plutôt à une dispersion des plastiques sous forme de micro-débris, qui se mélangent à l'environnement marin et deviennent presque impossibles à collecter.

Ces différents processus de dégradation agissent en brisant progressivement les liaisons chimiques entre les chaînes moléculaires des polymères plastiques. Cette rupture moléculaire entraîne une perte des propriétés physiques et chimiques du matériau, notamment une diminution de sa résistance mécanique, une altération de sa couleur et une fragilisation générale de sa structure.

Au fil du temps, ces altérations conduisent à la formation de fissures, à leur propagation, puis à une fragmentation progressive du plastique en particules de plus en plus petites. Ces fragments atteignent des tailles micrométriques (microplastiques) puis nanométriques (nano-plastiques), difficiles à détecter mais très persistants dans l'environnement [5] [6] .

Pour que le plastique subisse une dégradation complète, il est nécessaire que la biodégradation intervienne. Ce processus biologique fait intervenir des micro-organismes, tels que des bactéries, des champignons, des algues, ainsi que d'autres organismes vivants capables de décomposer les plastiques en éléments plus simples. Cependant, la biodégradation est un

phénomène qui reste limité à certains types de plastiques spécifiques et est fortement influencée par des facteurs environnementaux comme la température, l'humidité, et la disponibilité d'oxygène [2] .

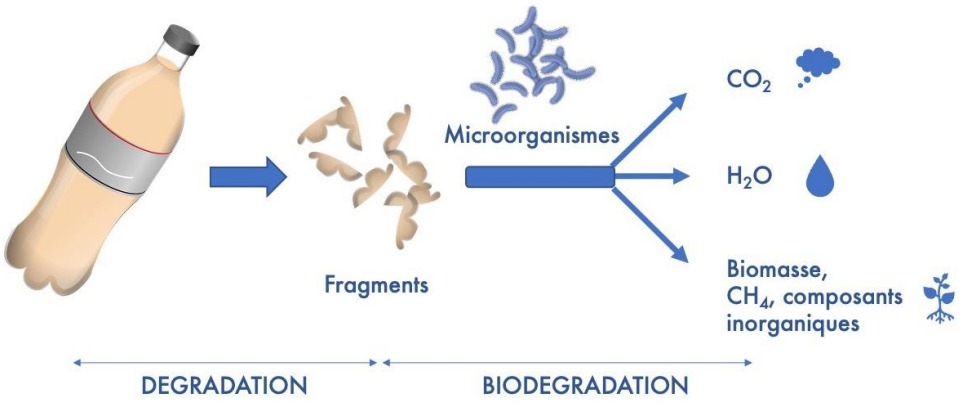


Figure I. 1 : Processus intervenant dans la dégradation du plastique (Accumulation: The Material Politics of Plastic; [14]

I.3 Les microplastiques (MPs)

Les microplastiques (MPs) désignent des particules de plastique de taille inférieure ou égale à 5 mm, Historiquement, cette définition se concentrait uniquement sur la taille, mais cela ne suffit pas à évaluer correctement les risques pour l'environnement et la santé humaine. Une approche plus complète devrait prendre en compte des facteurs comme la forme, la composition chimique, et la dégradation des particules [7] . Les microplastiques peuvent être des particules solides, des fibres ou des films de plastique, et sont insolubles dans l'eau [8] . Leur faible dégradabilité, leur capacité à se déplacer facilement dans l'environnement et leur accumulation, ainsi que leur toxicité, en font une menace sérieuse pour la nature et la santé humaine [11] .

I.3.1 Sources des microplastiques

Environ 80 % de la pollution plastique marine provient de sources terrestres, principalement des zones côtières où la gestion des déchets plastiques est insuffisante [12] . Ces déchets, souvent issus des villes côtières manquant d'infrastructures adéquates, sont transportés par les rivières et les océans, contribuant à la pollution mondiale.

I.3.1.1 Les sources terrestres des microplastiques

a) Les granulés industriels

Les granulés plastiques, utilisés comme matière première pour fabriquer des objets en plastique, sont souvent perdus lors de la fabrication, du transport, du recyclage ou du nettoyage dans les usines. Ces petites particules peuvent être accidentellement relâchées dans l'environnement pendant ces processus [13] , contribuant ainsi à la pollution terrestre et marine [14] .

b) Les articles d'hygiène et de soin

De nombreux produits cosmétiques et d'hygiène contiennent des microbilles plastiques, utilisées pour leurs effets exfoliants, améliorer la viscosité ou donner un effet brillant dans des produits comme les vernis à ongles, rouges à lèvres et fonds de teint [15]. Ces microbilles peuvent constituer jusqu'à 10% du poids du produit et se retrouver dans les eaux usées après l'utilisation des produits. Les stations d'épuration ne peuvent souvent pas éliminer ces particules, ce qui permet aux MPs de pénétrer dans l'environnement [16] [14] .

c) Les décharges et déchets abandonnés

Les décharges et dépôts sauvages, notamment près des cours d’eau ou sur les plages, sont une source majeure de pollution plastique. Le tourisme et d'autres activités humaines génèrent des déchets plastiques tels que des emballages alimentaires, bouteilles, et produits de soin. Malheureusement, une mauvaise gestion de ces déchets entraîne une accumulation importante de microplastiques secondaires [12] [15] .

d) Le transport routier

Les véhicules, en particulier par l'abrasion des pneus, libèrent des particules de caoutchouc dans l'environnement. Cette poussière, issue des pneus et des marquages routiers, contient des polymères et autres plastiques qui se transforment en microplastiques. Ces particules peuvent se retrouver dans l'air et le sol, contribuant à la pollution terrestre et atmosphérique [17] [2].

e) Les stations d'épuration

Les stations d'épuration des eaux usées (domestiques et industrielles) représentent une source majeure de microplastiques (MPs) dans l'environnement. Bien que certaines technologies modernes, comme les bioréacteurs à membranes, puissent éliminer jusqu'à 99,9 % des MPs, de grandes quantités persistent dans les eaux rejetées et les boues d'épuration, souvent utilisées en agriculture [18] [25] . Des solutions innovantes, telles que les membranes nano fibreuses et l'électrocoagulation, montrent une efficacité prometteuse [19] . Cependant, les stations d'épuration continuent de relâcher d'importantes quantités de MPs dans les milieux aquatiques [18] .

I.3.1.2 Les sources marines

a) Le trafic maritime

Le trafic maritime est une source majeure de microplastiques (MPs) dans les océans, notamment à travers l'entretien des navires, qui utilise des peintures antifouling à base de polyuréthane, époxy, vinyles et laques. Ces produits, lors de l'usure des coques, libèrent des particules de microplastiques dans l'eau [20] [21] . De plus, les navires rejettent des déchets plastiques en mer, avec des quantités massives de matériaux jetés directement dans l'océan, malgré les régulations existantes [4] . Par exemple, des granulés plastiques ont été retrouvés sur les côtes de la Galice et de la France après la chute d'un conteneur maritime. Pour lutter contre cette pollution, l'Organisation Maritime Internationale a mis en place une stratégie visant à éliminer les rejets de plastiques d'ici 2025, en renforçant la surveillance et la coopération internationale.

b) La pêche et l'aquaculture

La pêche et l'aquaculture sont des sources importantes de pollution plastique dans les océans. Les pêcheurs perdent souvent des filets, des cordages et des casiers [19] , qui restent dans l'eau et continuent de nuire à la faune marine. Ces déchets, appelés "déchets fantômes", représentent une grande partie de la pollution plastique marine [29]. De plus, dans l'aquaculture, des objets comme les poches ostréicoles et les coupelles plastiques peuvent se dégrader en microplastiques, polluant ainsi l'environnement [22] [31].

I.3.2 Mécanismes de transport des MPs

I.3.2.1 Rejet direct

Les déchets plastiques peuvent être rejetés directement dans l'environnement marin. Cela peut être fait volontairement ou à la suite de pratiques inadéquates de gestion des déchets. Ce rejet contribue à la pollution plastique des océans [2].

I.3.2.2 Les cours d'eau

Les cours d'eau, notamment les fleuves et rivières à fort débit, peuvent transporter de grandes quantités de microplastiques vers le littoral. Le phénomène de ruissellement et de cascade transporte les particules plastiques en profondeur, facilitant leur dispersion dans les environnements marins [2] [12] .

I.3.2.3 Les courants marins

Les courants marins, influencés par l'hydrodynamisme et la houle, contrôlent la suspension et la sédimentation des particules de microplastiques. Les courants de marée exercent un transport important, surtout dans les baies semi-fermées, et la dérive littorale favorise le dépôt de microplastiques sur les plages [15] [23] .

I.3.2.4 Le vent

Une partie des microplastiques légers, comme les films plastiques et les poussières, est transportée par le vent, notamment à partir des décharges sauvages, vers les cours d'eau et le milieu marin. Ce phénomène peut même entraîner des particules plastiques dans des zones éloignées des activités humaines [2] [12] .

I.3.2.5 Les organismes vivants

Les microorganismes marins peuvent jouer un rôle clé dans le transport des microplastiques. En formant des biofilms sur les particules plastiques, ils augmentent la densité de ces dernières, ce qui facilite leur sédimentation et leur transport vertical du haut vers le fond des milieux aquatiques [23] .

I.3.3 Origine des microplastiques

I.3.3.1 Les microplastiques primaires

Les microplastiques primaires sont produits directement sous forme de petites particules, utilisées comme matières premières dans la fabrication de produits en plastique ou dans des cosmétiques. Par exemple, les microbilles dans les produits de soin comme les gommages, les dentifrices et les gels douche, ainsi que les granulés utilisés dans la fabrication de plastiques [24] [25] .

Figure I. 2 : Micro plastiques primaires (granulés industriels) collectés près d'une zone industrielle avril 2024

I.3.3.2 Les microplastiques secondaires

Les microplastiques résultent de la fragmentation de matériaux plastiques de plus grande taille, tels que les tailles synthétiques, les bouteilles en plastique, les pneus et les emballages. Cette fragmentation est provoquée par l'action combinée de processus biologiques, physiques et chimiques [12] [24] [26] [25] .

Figure I. 3 : Photo prise par Marcela Perez en 2023, illustrant les microplastiques secondaires.

Les polymères plastiques sont des matériaux d'origine organique qui varient en fonction de leur processus de polymérisation, de leurs propriétés et de leurs applications. Ces polymères sont utilisés dans une multitude de secteurs, allant des emballages aux composants industriels. Le tableau ci-dessous présente quelques-uns des polymères les plus couramment utilisés, illustrant leur diversité en termes de caractéristiques et de domaines d'utilisation.

Tableau I. 1 : Les différents types de polymères et leurs utilisations.

Type de polymère	Utilisations
Polyéthylène (PE)	Basse densité: bouteilles, jouets, sacs plastiques, sacs poubelle, revêtements, emballages, tubes pour le transport du gaz ou de l'eau Haute densité: jouets, articles de ménage et de cuisine, isolants électriques, sacs plastiques, emballages alimentaires
Polypropylène (PP)	Récipients alimentaires type Tupperware, industrie automobile
Polychlorure de vinyle (PVC)	Bâtiment, transport, emballages, électronique et domaine médical
Polytéréphtalate d'éthylène (PET)	Bouteilles, barquettes pour plats cuisinés allant au four
Polystyrène (PS)	Emballages alimentaires, emballages de repas à emporter, gobelets de distributeurs automatiques, couverts en plastique, boites de CD

Polyuréthane (PUR)	Rouleaux d'impression, pneus, semelles de chaussures, pare-chocs, matelas, sièges auto, usages biomédicaux
Polycarbonate (PC)	Bouteilles, récipients, appareils électriques, usages médicaux
Polyméthylpentène (PMP)	Matériel médical, seringues, abat-jour, radars, emballages alimentaires allant au micro-ondes
Polytétrafluoroéthylène (PTFE)	Revêtements antiadhésifs, joints, usages électriques et médicaux, matériel de laboratoire, pièces de pompes
Polysulfure de phénylène (PPS)	Utilisations dans l'électronique, la cuisine et l'automobile, matériel de laboratoire stérillisable
Polyisoprène (NR)	Gants, pneus, bottes, élastiques, gommes, tuyaux, usages médicaux
Polybutadiène (BR)	Pneus, balles de golf, intérieur des tuyaux
Acrylonitrile butadiène styrène (ABS)	Instruments de musique, bordures de cordon, usages électriques et médicaux, casques, canoës, appareils de cuisine, jouets
Styrène butadiène (SBR)	Pneus, chaussures, bâtiment, enduction du papier
Polyhydroxyalcanoate (PHA)	Appareils médicaux

I.3.4 Les propriétés physico-chimiques des microplastiques

Les propriétés physico-chimiques des microplastiques, telles que la densité, la taille, la forme, la composition chimique et la polarité de surface, influencent fortement leur comportement dans l'environnement marin. Ces caractéristiques déterminent leur capacité à flotter ou à couler, leur potentiel d'adsorption de polluants, ainsi que leur persistance et leur biodégradabilité dans différents habitats marins [27] [28] . Par exemple, les polymères à faible densité comme le polyéthylène flottent en surface, tandis que ceux à plus forte densité peuvent se déposer dans les sédiments.

I.3.4.1 Les propriétés physiques

Les propriétés physico-chimiques des microplastiques influencent leur comportement dans l'océan. Par exemple, la couleur a un impact : les microplastiques foncés retiennent plus de

polluants que les clairs, ce qui pousse à rechercher des pigments plus respectueux de l'environnement [39] [40]

La densité est également importante : les plastiques légers comme le polyéthylène flottent à la surface, alors que les plastiques plus denses comme le PVC coulent vers le fond marin [41] [40] Cette densité peut changer avec le temps, à cause de la salinité, des bactéries ou des algues qui s'accrochent aux particules [27] [42]

Enfin, les plastiques très légers peuvent parcourir de grandes distances rapidement, tandis que ceux qui coulent lentement peuvent être transportés par les courants marins, ou rester proches de leur point de rejet s'ils coulent vite [27] [29] [44]

I.3.4.2 Les propriétés chimiques

Certaines propriétés internes des microplastiques influencent leur comportement dans l'environnement marin.

La structure de la chaîne principale du polymère joue un rôle essentiel : si les liaisons entre les atomes de carbone (C–C) sont libres, le plastique est plus souple ; en revanche, la présence de liaisons doubles (C=C) réduit cette souplesse [30] [46]

La cristallinité influence des propriétés comme la densité, la perméabilité ou l'absorption d'eau. Lors de la dégradation, les microplastiques deviennent plus cristallins, car la partie amorphe du polymère se dégrade plus vite [28] [31] .

La sorption est la capacité des microplastiques à attirer et retenir des polluants, notamment les substances hydrophobes. Ces polluants s'accrochent plus facilement aux microplastiques qu'aux sédiments, et s'en détachent plus lentement [32] [33] . Cette capacité dépend du type de plastique et de polluant, et est plus élevée chez les microplastiques ayant une grande surface ou une porosité importante [34] .

I.3.5 Devenir des MPs dans l'environnement

Les plastiques sont des matériaux extrêmement persistants dans l'environnement, pouvant durer de plusieurs centaines à des milliers d'années [15]. À l'exception de ceux qui ont été incinérés, la majorité des plastiques produits depuis leur invention existent encore sous une

forme ou une autre [35]. Une fois dans le milieu marin, les microplastiques (MPs) peuvent subir différents processus : ils se fragmentent en particules encore plus petites, peuvent flotter à la surface de l'eau où ils interagissent avec des contaminants présents dans la microcouche superficielle, se couvrir de biofilms microbiens, être transportés par les courants marins ou finir par se déposer dans les sédiments [36] [37] . De plus, ils peuvent être ingérés par les organismes marins, ce qui favorise leur transfert dans la chaîne alimentaire.

I.3.6 Les MPs comme vecteur de contamination

Les microplastiques (MPs) peuvent transporter divers contaminants organiques, inorganiques et biologiques dans l'environnement marin [26] . Parmi ces polluants, on retrouve notamment les PCB, les HAP, le DDT, les POP, ainsi que des métaux traces [15] . Ces substances s'attachent aux microplastiques en raison de leur nature hydrophobe ou s'accumulent dans les fissures à leur surface, ce qui favorise une concentration physique de ces polluants [26] [54] . De cette manière, les microplastiques agissent comme des vecteurs de substances toxiques, facilitant leur dispersion dans l'écosystème et leur ingestion par les organismes vivants, ce qui favorise leur transfert dans la chaîne alimentaire [26].

I.3.7 Impact des MPs

I.3.7.1 Impact des MPs sur le sédiment

L'impact des débris plastiques sur les sédiments marins reste encore peu documenté, bien que certaines études aient mis en évidence leurs effets potentiels [38] . Lorsqu'un certain seuil de concentration est dépassé, les particules de polymères synthétiques peuvent altérer la structure des sédiments ainsi que leurs propriétés physiques. L'intégration de fragments plastiques dans la matrice sédimentaire modifie les interactions entre les grains, ce qui affecte la résistance, la rigidité et la perméabilité des sédiments. En effet, en présence de plastique, le sable devient plus déformable et plus perméable [56] . De plus, le plastique peut influencer la température des sédiments en absorbant davantage les rayonnements infrarouges et en limitant la dissipation de chaleur, entraînant ainsi une élévation des températures journalières [38].

I.3.7.2 Impact des MPs sur les organismes aquatiques

Les organismes aquatiques, tels que les mammifères marins, ne parviennent souvent pas à distinguer les microplastiques (MPs) de leurs proies, ce qui conduit à leur ingestion accidentelle

et à l'accumulation de ces particules dans la chaîne alimentaire [39] . Les impacts des MPs sur le biote peuvent être classés en effets physiques et chimiques. Sur le plan physique, les espèces marines peuvent subir des blessures dues à l'enchevêtrement ou à l'ingestion de MPs, provoquant parfois l'étouffement ou des lésions du système digestif [40] [38] . Les effets chimiques, quant à eux, incluent des altérations comportementales, un ralentissement du métabolisme, ainsi que des troubles de croissance et de reproduction [59] . Plusieurs études ont mis en évidence des réponses biologiques spécifiques : par exemple, des copépodes ayant ingéré du polystyrène présentent une réduction de l'apport énergétique liée à une diminution de leur alimentation [41] . De même, des moules exposées aux MPs ont montré une baisse des taux de filtration et de respiration, accompagnée d'une hausse de la mortalité [42] . Chez les poissons, la présence de MPs dans le tube digestif est associée à des comportements inhabituels, et une exposition prolongée pourrait altérer leur nutrition et freiner leur croissance [43] [38] .

I.3.7.3 Impact des MPs sur la santé humaine

L'être humain peut être exposé aux microplastiques (MPs) par plusieurs voies : l'inhalation, l'ingestion d'eau contaminée ou encore par la consommation d'aliments, notamment les produits de la mer [26] [44] . Les particules les plus fines peuvent être transportées par le vent et atteignent les voies respiratoires, jusqu'aux poumons. D'autres peuvent être ingérées via l'eau potable ou les aliments, comme l'ont démontré [45] , qui ont signalé la présence de MPs dans l'eau minérale en bouteille, résultant d'une contamination survenue avant ou après l'embouteillage, en particulier lorsque les bouteilles sont fabriquées à partir de plastiques de mauvaise qualité.

La présence de MPs dans le corps humain a été confirmée par plusieurs études : ils ont été détectés dans le placenta [65] [66] suggérant une exposition potentielle du fœtus et du nouveau-né dès les premières phases de la vie [46] [47]. Des analyses ont également mis en évidence la présence de MPs dans l'intestin [47] , le foie et les tissus hépatiques [48], ainsi que dans les poumons et les voies respiratoires [70] . Plus récemment, des recherches ont démontré que les MPs peuvent franchir les barrières biologiques et être détectés dans les tissus veineux et le sang humain [49] [50].

Les effets des MPs sur la santé humaine sont préoccupants. Ils incluent le stress oxydatif, des réactions inflammatoires, des altérations génétiques, des perturbations endocriniennes, ainsi que des risques potentiels de neurotoxicité, de maladies chroniques et même de cancer [26] .

Chapitre II :

Matériels et méthodes

II. Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1.1 Zone d'étude

Le choix des plages

Les plages ciblées dans notre étude ont été choisies en raison de leur importance touristique et économique. Les plages étudiées sont respectivement la plage de Corso situé à Boumerdes et la plage de Reghaia situé à Alger

II.1.2 Situation géographique des plages

II.1.2.1 Plage Corso

Corso est considéré comme une zone touristique pour ses plages et infrastructures estivales, mais aussi une région à prédominance agricole avec plus de 1700 Ha de terre cultivable, dont le maraichage, la céréaliculture, l'arboriculture et l'oléiculture dans les régions montagneuses [51].

a) Description de Oued Corso

Longeant la vallée de Corso **(Figure II-1)**, dont il a pris le nom, l'oued prend naissance de Djebel Bouzegza au prolongement ouest de la dorsale Kabyle et puise son eau du sous bassin versant de Cap-Matifou, dont la superficie est de 92,75 km2 [52] **.**

La longueur de l'oued est estimée à 15 km par calcul de sa trajectoire sur Google Earth. S'écoulant du Sud au Nord, il suit grossièrement l'axe du sillon synclinal de la vallée jusqu'à l'embouchure vers la mer Méditerranée.

Figure II. 1 : Site du prélèvement des sédiments sur (a) la plage Corso (GoogleEarth ; 20-03-2025 à 11 :00)

b) Synthèse climatique de la région de Corso

b.1 Précipitations mensuelles moyennes

La zone d'étude enregistre une hauteur annuelle moyenne de 791,7 mm et une répartition mensuelle assez régulière en fonction des années. Le mois le plus arrose étant le mois de novembre avec une moyenne de 122,4 mm tandis que le mois le moins arrose est le mois de juillet avec une pluviométrie qui est de l'ordre de 1,8 mm

b.2 Régime pluviométrique

Le régime pluviométrique sert à caractériser la répartition saisonnière des pluies en un lieu donne. Le régime pluviométrique de notre zone d'étude est déterminé à partir du tableau

Tableau II. 1 : Régime pluviométrique de Corso [52]

Saisons	Automne (A)	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)
Moyenne Saisonnière (mm)	82,6	107,23	67,27	6,83

Le tableau nous renseigne sur la prédominance des pluies dans la zone d'étude qui respectivement : d'hiver et d'automne avec respectivement **107,23** mm et **82,6** mm. Le régime pluviométrique de type **H.A.P.E,** ce qui veut dire que les précipitations, par ordre d'importance, ont lieu en Hiver (**107,23 mm**), en Automne (**82,6 mm**), au Printemps (**67,27 mm**), et enfin en Été (**10,8 mm**).

II.1.2.2 Plage de Reghaia

La plage de Reghaïa, située à environ 38 km à l'est d'Alger, s'étend sur une longueur d'environ 1300 mètres et une largeur moyenne de 35 mètres, ce qui en fait l'une des plus vastes plages sableuses de la wilaya [75] Elle est bordée par plusieurs communes comme Rouïba (5.9km), Aïn Taya (8.2km), Boudouaou (4.9km), Ouled Hedadj (1.5 Km), et H'raoua(4.8km) dont les populations varient entre 35 000 et 60 000 habitants (Direction du Tourisme de la Wilaya d'Alger). L'économie locale est principalement industrielle, notamment dans la zone de Rouïba-Reghaïa, ainsi qu'agricole dans la plaine de la Mitidja, avec un tourisme balnéaire modéré durant l'été [53]. La baignade est autorisée, et la plage peut accueillir jusqu'à 11 300 estivants [77] Cependant, la plage subit des pressions environnementales liées à la pollution marine, notamment les rejets d'eaux usées, les déchets plastiques et les effluents industriels, qui affectent la qualité de l'eau et le littoral [53] .

a) Description de Oued Réghaia

L'Oued Reghaïa est un cours d'eau situé à l'est d'Alger, prenant sa source dans les hauteurs de Bouzegza Keddara et se jetant dans le lac de Reghaïa, près de la mer Méditerranée. Il traverse plusieurs communes, dont Ouled Moussa et Reghaïa, et joue un rôle important dans l'écosystème local. Cependant, il est fortement pollué par les rejets industriels, les eaux usées domestiques et les produits agricoles. Cette pollution affecte à la fois l'oued et le lac de Reghaïa,

une zone humide protégée qui abrite une grande biodiversité. Le bassin est aussi exposé aux risques d'inondation à cause de l'urbanisation croissante.

b) Sources de pollution à Reghaia

La plage et le lac de Reghaïa sont soumis à diverses sources de pollution d'origine anthropique affectant significativement leur qualité écologique. Les effluents industriels non traités issus de la zone industrielle Reghaïa-Rouiba contiennent des métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, ainsi que des contaminants organochlorés comme le DDT et le lindane, dégradant ainsi les sédiments et la qualité des eaux [54]. Par ailleurs, les eaux usées domestiques non traitées et le ruissellement agricole chargé en nutriments, notamment en nitrates et phosphates, contribuent à l'eutrophisation et à la pollution microbiologique du milieu [54] . De plus, la gestion inadéquate des déchets solides, en particulier les déchets plastiques, combinée à la présence de décharges sauvages, entraîne une accumulation de macrodéchets affectant la biodiversité et la qualité physico-chimique de la zone côtière [54] [55] . Ces pressions anthropiques conjuguées compromettent la pérennité écologique de ce site Ramsar, nécessitant des mesures intégrées de gestion environnementale.

II.2 Méthodes de prélèvement des sédiments de plage

Cette étude est basée sur le protocole RAF1010 (RAF/1010 -EVT2302210) établis et validé par les experts de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) au Caire, Egypte, 6-10 août - 2023

Lors de la rencontre scientifique sur « Identification et comptage des microplastiques dans des matrices sélectionnées ».

II.2.1 Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons de sédiment des deux plages a été effectué le 12 février 2025, en suivant les étapes mentionnées dans le protocole (Fig II. *2*.)

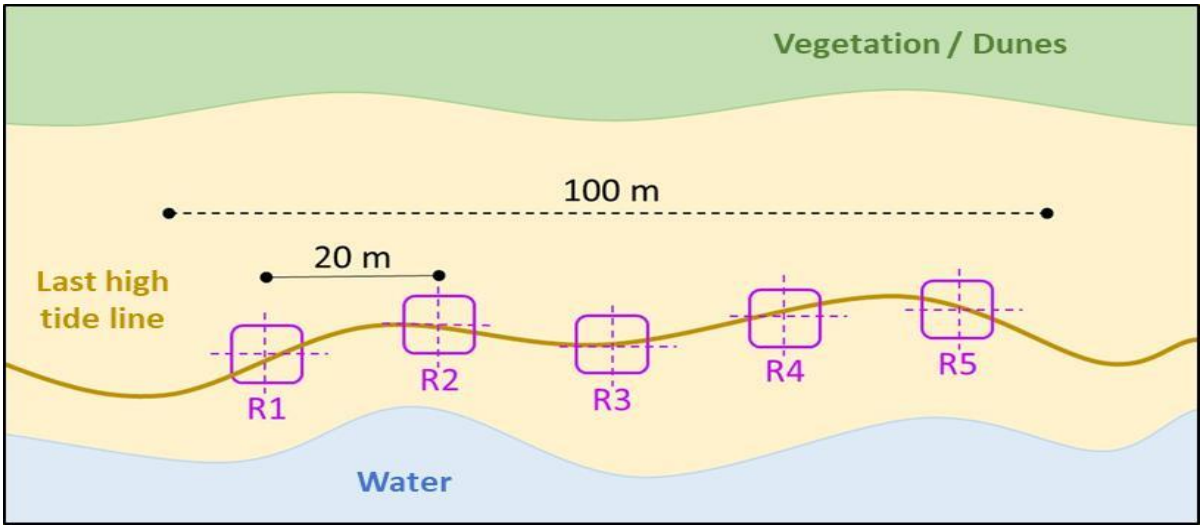


Figure II. 2 : Délimitation de la zone de collecte des échantillons de sable (transect de 100m) et des points d'échantillonnages (R1 à R5) sur la plage (adapté d'OSPAR et de Burgess et al, 2014).

a) Équipement et matériel pour le travail sur le terrain

Ci-dessous la liste du matériel nécessaire pour le prélèvement des sédiments :

- Crayon et carnet de bord (données de terrain)
- GPS pour le géo-référencement des points d'échantillonnage (GPS72H-GARMIN, coordonnées en degrés décimaux) décimales) ;
- Appareil photo

- Ruban mètre pour mesurer les distances d'au moins 20 m de long
- Un cadre carré métallique de 50 x 50 cm divisé en 4 sections de 25 x 25 cm. (Le cadre peut être en bois, en métal ou en corde de coton, et des piquets en métal ou en bois).
- Des piquets en métal ou en bois peuvent également être utilisés pour délimiter la zone d'échantillonnage ;
- Un seau ou une pelle en métal adapté à la collecte de sable en surface
- Récipients en métal ou en verre avec couvercle d'une capacité d'au moins 1 L
- Ruban adhésif en papier pour l'étiquetage des échantillons ;
- Marqueurs à encre indélébile ;
- Feuilles d'aluminium.

b) Échantillonnage – collecte d'échantillons de sable :

Pour faire le prélèvement nous avons appliqué la procédure suivante :

- **Délimiter la zone de prélèvement** en traçant un transect de 100 m de long parallèle au rivage et situé au-dessus de la ligne de marée haute correspondant au cycle de marée quotidien.
- **Placer un quadrant** de 50 x 50 cm (divisé en quatre sections de 25 x 25 cm) à l'endroit prédéterminé.
- **Chaque quadrant est divisé en 4 sections** la section dans laquelle l'échantillon sera prélevé doit être désignée de manière aléatoire avant l'échantillonnage, afin d'éviter tout biais. Ainsi, un générateur de nombres aléatoires peut être utilisé pour choisir une des 4 sections.
- **Dans la section choisie**, prélever le premier centimètre de sable à l'aide d'une cuillère en métal ou d'une pelle métallique. La profondeur est déterminée par la hauteur du quadrant, soit 1 cm.
- Prélever l'échantillon en s'agenouillant devant la zone de prélèvement et en faisant face au vent pour minimiser la contamination.
- **Conserver chaque échantillon** dans un récipient métallique propre muni d'un couvercle.
- Le protéger de la lumière et le conserver .
- **Codage des échantillons** chaque échantillon est étiqueté avec un code.

- **Pour chaque site d'étude**, un total de 5 échantillons sera prélevé, servant de réplicats (R1 à R5).

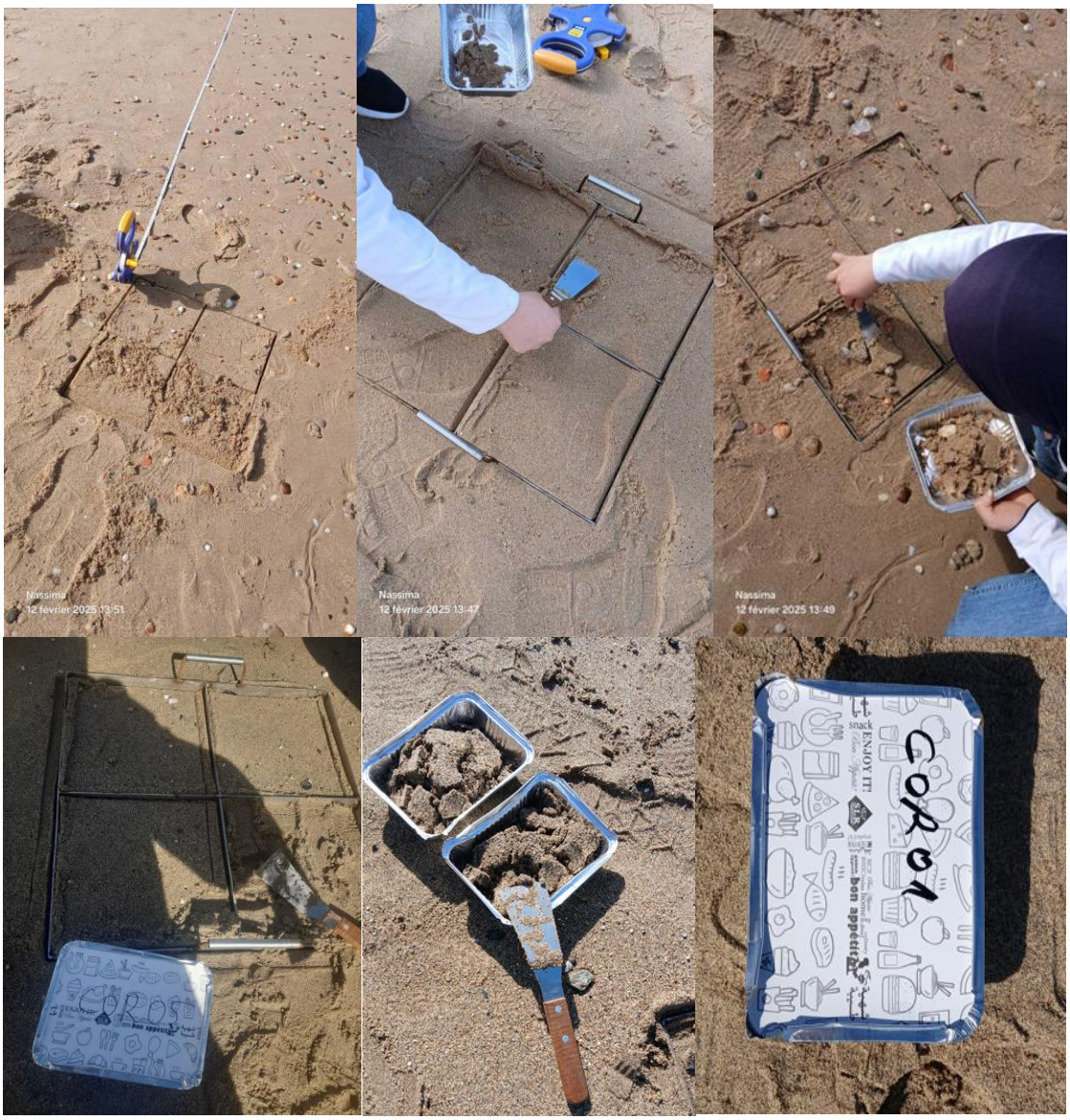


Figure II. 1 : Procédure appliquée pour le prélèvement de sédiment de plage de Reghaia et Corso

II.2.2 Préparation des échantillons pour l'analyse des microplastiques

II.2.2.1 Le séchage des sédiments

Une fois le prélèvement est fait, les échantillons seront transportés au laboratoire physicochimique du CNRDPA. Tous d'abord les échantillons sont séchés dans une étuve, à température qui ne dépasse pas les 45°C jusqu'à obtention d'un poids constant Pour éviter toute

contamination par des particules présentes dans l'environnement du laboratoire, recouvrir chaque échantillon avec du papier d'aluminium perforé, permettant ainsi l'évaporation de l'eau tout en le protégeant. Une fois les échantillons complètement secs et leur poids stabilisé, noter le poids sec de chacun.

II.2.2.2 Fractionnement des échantillons

Afin d'obtenir deux fractions distinctes de chaque échantillon, un tamisage doit être réalisé pour l'ensemble des échantillons à l'aide de tamis de 250 µm, 1 mm et 5 mm. Une fois réalisé ; chaque fraction est pesée et étiquetée et stockée séparément pour le traitement ultérieur.

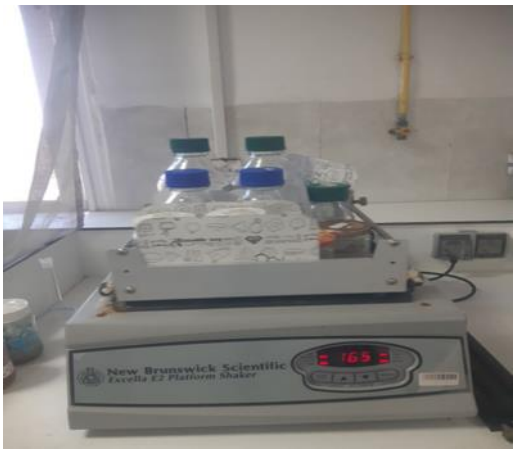
II.2.2.3 La séparation par densité

Dans cette étape on doit d'abord préparer une solution de NaCl (1,2 g/cm³) pour pouvoir séparer les MPs des sédiments. L'avantage de l'utilisation du NaCl c'est que l'extraction des microplastiques de faible densité est bonne, et ce sel est à coût faible et non toxique [29]. Le seul Inconvénient c'est la Limite l'extraction aux plastiques de faible densité [15].

Les étapes suivantes sont appliquées séparément pour chacune des fractions de taille obtenues par tamisage :

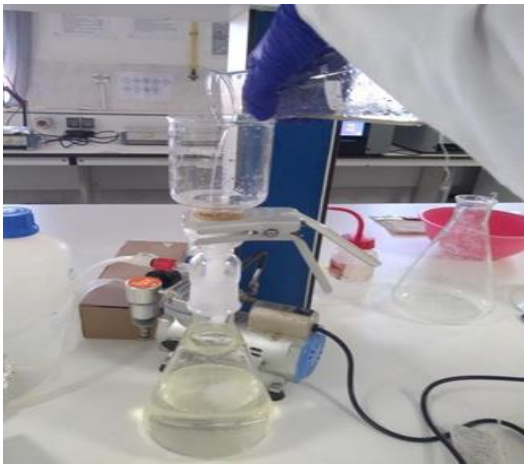
- Dans un bocal en verre Mettre en agitation chaque fraction avec la solution saturée en NaCl (1,2 g/cm³) et s'assurer que la solution contient environ cinq fois le volume de l'échantillon.
- Après l'agitation, Laisser reposer et décanter quelques minutes à 2 heures, les micro-plastiques flottent, les particules lourdes coulent. Les particules visibles à l'œil seront collectées à l'aide d'une pincette, les autres seront récupérés par filtration (figure b).
- Si le liquide semble être chargé en matière organique, on ajoute un volume suffisant de H_2O_2 (30-35%).
- Après la digestion, les échantillons sont soumis à une filtration sous vide à l'aide d'une rampe de filtration équipée de filtres en fibre de verre (porosité 1,2 µm), permettant la rétention efficace des particules de micro-plastiques (Figure d).
- Retirer le papier filtre une fois sec, puis le stocker dans une boîte de Pétri propre et fermée (figure e).

- Les filtres obtenus sont ensuite placés dans des contenants en aluminium et séchés dans une étuve à 40 °C pendant plusieurs heures. Une fois le séchage complété, les filtres observation microscopique (figure h).



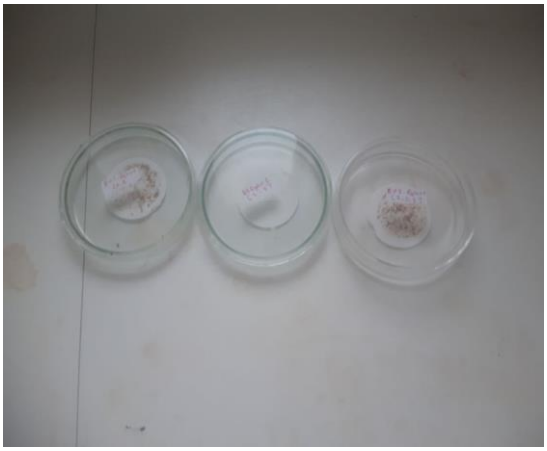
a) agitation

b) décantation



c) filtration sous vide

c) Filtration vide à vide



d) conservation dans des boite Pétri

e) séchage

Figure II. 2 : Les différentes étapes appliquées pour l'extraction des MPs.

II.2.2.4 Identification des particules MPs

L'analyse des filtres est réalisée à l'aide d'un microscope optique équipé d'une caméra intégrée connectée à un ordinateur, permettant la capture d'images (Figure II. 5). L'observation consiste à balayer l'ensemble de la surface du filtre afin de repérer et identifier les particules suspectes. La classification des particules en tant que micro-plastiques repose sur plusieurs critères visuels, notamment la forme, la taille, la couleur et la texture.

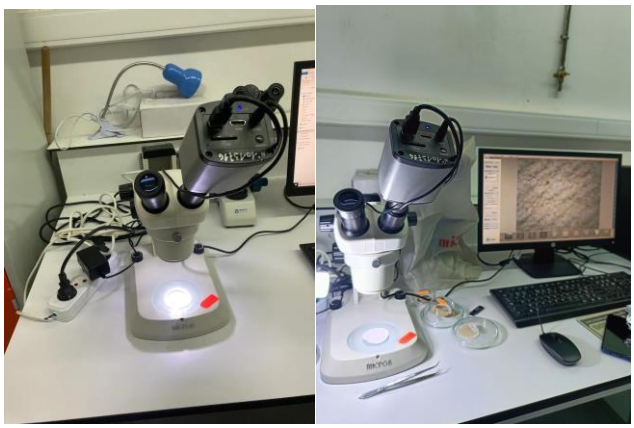


Figure II. 5 : Microscope

II.3 Expression des résultats

II.3.1 Calcul de l'abondance des micro-plastiques

La détermination de l'abondance des MP par m^2 et kg de sable sec à l'aide des équations suivantes :

$$Abondance\ des\ MPs\ \left(\frac{MP}{m^2}\right) = MPs\ total\ sur\ le\ filtre/surface\ de\ l'echantillonnage\ (0.0625m^2)$$

$$Abandance\ des\ MPs\ (MPs/Kg) = MPs\ total\ sur\ le\ filtre/la\ masse\ de\ l'échantillons(Kg)$$

II.3.2 Granulométrie des sédiments

II.3.2.1 Principe de la méthode

On appelle granulat un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, de provenance naturelle ou artificielle. Les granulats sont appelés fillers, sablons, sables, gravillons, graves ou ballast suivant leurs dimensions.

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 125 mm.

On appelle :

• REFUS sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.

• TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

Figure II. 6 : Tamiseuse automatique de marque Retsch modèle AS 200 et série de tamis utilisés

Tableau II. 2 : diamètres des grains selon la norme AFNOR (NF X31-107 ou XP P94-500)

Qualification des classes de taille	Définition granulométrique des classes de taille
Cailloutis, galets	< 2cm
Gravies	2 mm < X < 2 cm
Sables grossiers	500 µm < X < 2 mm
Sables moyens	200 < X < 500 µm
Sables fins	50 < X < 200 µm
Silts et argiles (ou pélites)	< 50 µm

II.3.2.2 Appareillage de la granulométrie

L'appareillage nécessaire pour la granulométrie est le suivant :

- Un ensemble de tamis emboîtables à mailles d'ouvertures carrées conforme à la norme NF ISO 565 dont les montures de (en mm) : 1.4 - 1.25 - 1 - 0.8 – 0,63 – 0,5 - 0,4 – 0,315 – 0,25 – 0,2 – 0,18 – 0,16 – 0,14 – 0,1 – 0,08 – 0,063.
- Toutes les montures des tamis d'une même colonne ont le même diamètre imposé par la dimension de la plus grande maille des tamis utilisés.
- Couvercles et fonds de tamis de même diamètre que les tamis ;
- Récipients en matériau non altérable, brosse, pinceau, ... ;
- Balances dont les portées maximale et minimale sont compatibles avec les masses à peser et telles que les pesées sont effectuées avec une incertitude de 1/1 000 de la valeur mesurée ;
- Étuve : une enceinte thermique ou une étuve de dessiccation à température réglable à 50 o c et à 105 o c, de classe d'exactitude C comme défini dans l'annexe A de la norme X 15-016 pour la température uniquement.

Procédure suivi pour mesurer la granulométrie des sédiments échantillonnés :

a) Séchage des sédiments

Les échantillons mis dans des boites en aluminium, sont placés à l'étuve pendant 24 heures ajustées à une température de 65°C.

b) Tamisage à sec

Après séchage, 100 g de sédiments ont été prélevés de chaque boite de pétri.

c) Pesage des refus

Commencer par dresser la colonne des tamis. Les ouvertures des tamis doivent être croissantes de bas en haut. Les tamis à prendre en compte sont (en mm) :

1.4 - 1.25 - 1 - 0.8 – 0.630 – 0.500- 0.400 – 0.315 – 0.250 – 0.200 – 0.180 – 0.160 – 0.140 – 0.100 – 0.080 – 0.063.

- Placer la colonne des tamis sur le vibreur.
- Procéder à l'agitation pendant 10 min.
- Procéder à la pesée cumulée des refus des tamis en commençant par le tamis supérieur.
- Peser chaque refus.

Figure II. 7 : les différentes étapes de la granulométrie.

Remarque

La fraction pélitique n'a pas été éliminée dans notre cas d'étude, pour but de l'analyser et quantifier les microplastiques qu'elle contient les indices de classement des grains.

Tableau II. 3 : Classification des grains de sables.

Diamètre du grain	Classification
< 110 µm	Sable très fin
110-150 µm	Sable fin
150-200 µm	Sable moyen
200-500 µm	Sable grossier
> 500 µm	Sable très grossier

II.3.3 Matière organique

L'analyse de la teneur en matière organique suit le principe de la perte au feu à 450 °C dans un four à moufles. Un échantillon de 1 g est utilisé et disposé dans un creuset numéroté et pré-taré. Les masses des creusets et du sédiment sec (environ 1g) sont mesurées sur une balance avec. Les échantillons sont ensuite placés dans un four à moufles 450 °C pendant 5 h permettant une crémation effective sur 4h compte tenue de la montée lente en température du four. Des cendres minérales sont ainsi obtenues et sont également pesées sur la même balance après refroidissement dans un dessiccateur à température ambiante. La formule suivante permet de déterminer la teneur en matières organiques :

La perte au feu est une méthode simple et peu coûteuse mais elle n'est pas très précise vis-à-vis d'une mesure de carbone ou d'azote organique particulaire. Elle peut aussi être biaisée lorsque le sédiment renferme une proportion significative d'argile dont l'eau constitutive des feuillets est évaporée à 450 °C. Elle permet cependant d'avoir une estimation en première approximation des teneurs en matières organiques des sédiments.

Mode opératoire :

- Les échantillons de sédiments séchés sont pesés à l'aide d'une balance de précision dans des creusets adaptés, permettant d'obtenir la masse initiale notée P1.
- Ils sont ensuite placés dans un four à moufle à 500 °C pendant 6 heures, afin de brûler la matière organique.
- Après refroidissement, une seconde pesée est effectuée pour déterminer la masse résiduelle du sédiment calciné, notée P2.

- La quantité de matière organique est estimée par la différence de masse entre les deux pesées selon la formule suivante : M.O (g) = P1 – P2 / P1.

(A) (B) (C)

Figure II. 8 : Détermination du taux de la matière organique par perte de feu

II.3.4 PH pzc des sédiments

Dans le cadre de l'évaluation des microplastiques dans les sédiments de plage, le pH_pzc (point de charge zéro) est un paramètre clé pour comprendre les interactions entre les microplastiques et les particules sédimentaires. Le pH_pzc correspond au pH pour lequel la surface des particules minérales des sédiments porte une charge nette nulle. En dessous de ce pH, la surface est chargée positivement, et au-dessus, elle est chargée négativement. Cette variation de charge influence fortement l'adsorption et la fixation des microplastiques sur les sédiments, ainsi que leur mobilité dans l'environnement côtier.

Chapitre III :

Résultats et discussions

III. Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Granulométrie

La figure (fig.III.1) présente les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés sur les plages. Il apparaît que la fraction granulométrique la plus représentée dans les deux plages se situe majoritairement dans l'intervalle [0,4–1 mm].

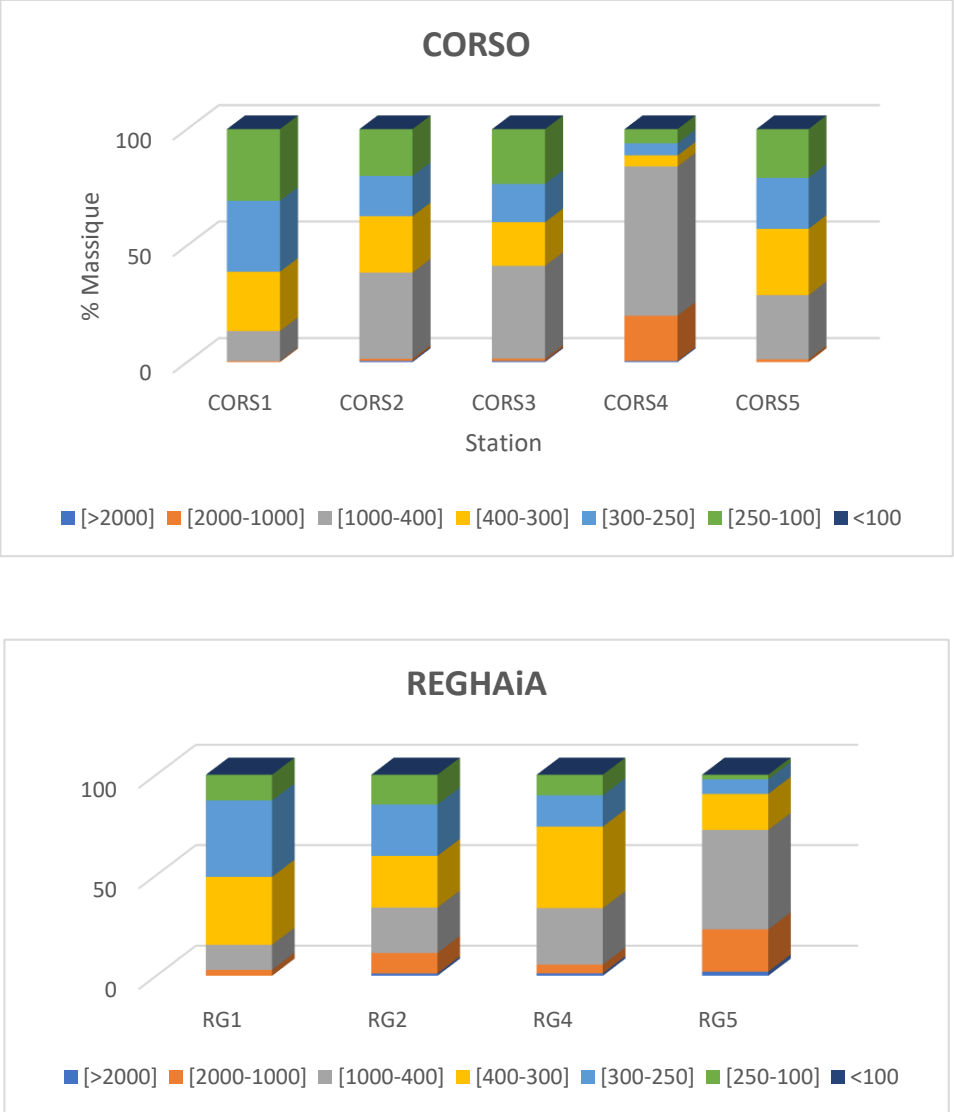


Figure III . 1 : Représentation graphique de la granulométrie des échantillons étudiés.

- Les résultats obtenus montrent Sur les deux sites, la fraction [1000-400] µm (en gris) est majoritaire dans la plupart des stations, particulièrement marquée à CORS4 et RG4, où elle représente plus de la moitié du sédiment total.

- Les fractions [400-300] µm (jaune) et [250-100] µm (vert clair) sont également bien représentées, indiquant une dominance des sables moyens à fins dans ces sédiments.

- À CORSO, la distribution est relativement homogène entre les stations, avec une légère augmentation de la fraction grossière [2000-1000] µm (orange) à CORS4.

- À REGHAIA, la variabilité est plus marquée : RG1 et RG2 présentent une proportion importante de la fraction la plus grossière (>2000 µm, bleu foncé), alors que RG4 et RG5 sont dominées par les fractions intermédiaires et fines.

- À CORSO, la distribution est relativement homogène entre les stations, avec une légère augmentation de la fraction grossière [2000-1000] µm (orange) à CORS4.

- À REGHAIA, la variabilité est plus marquée : RG1 et RG2 présentent une proportion importante de la fraction la plus grossière (>2000 µm, bleu foncé), alors que RG4 et RG5 sont dominées par les fractions intermédiaires et fines.

En conclure que dans les deux sédiments de plage (CORSO et REGHAIA), nous constatons que la fraction fine (< 0,07 mm) est très faible par rapport aux autres fractions granulométriques plus grossières. Cela indique que les sédiments de plages sont principalement constitués de sables moyens à grossiers, reflétant un environnement à forte énergie hydrodynamique, typique des zones littorales soumises à l'action des vagues et des courants. La faible présence de fines suggère également une capacité limitée de rétention de matières organiques et une bonne aération des sédiments.

III.2 Variation du taux de la matière organique (MO)

Les résultats obtenus montrés sur la figure **III.*2*** montrent une variation faible du taux de la matière organique dans les échantillons de Reghaia. Les valeurs de l'ensemble des échantillons de Réghaia varie entre (0,33%) et (0,48%) qui ne dépasse pas en moyenne les 0.5%.

Pour Corso, la variation de la MO est plus importante. Le taux de la matière organique est supérieur à celui de Reghaia, avec un %MO moyen de 0.64%.

Cette différence peut également avoir une influence sur la rétention des microplastiques dans le sédiment : une teneur plus élevée en MO pourrait piéger plus facilement les particules plastiques fines et légères, en raison des propriétés adsorbant de la matière organique.

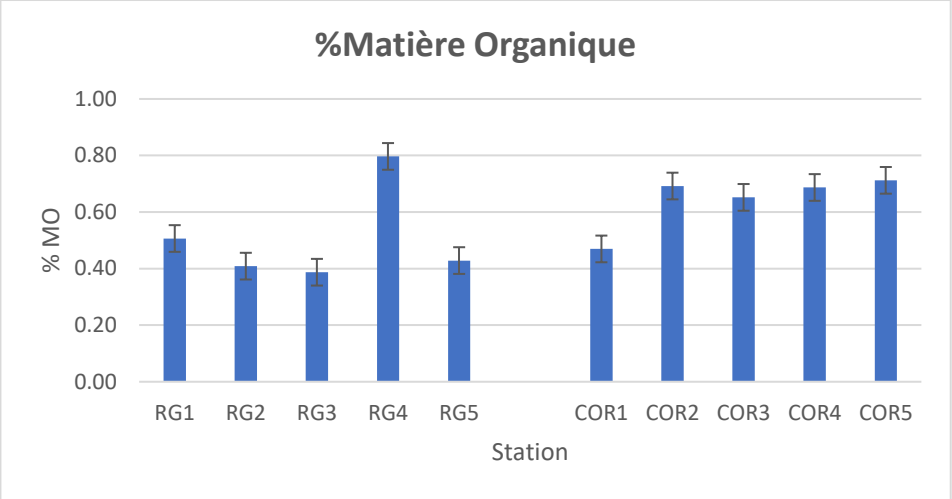


Figure III . 2 : Représentation graphique du taux de la matière organique dans les deux stations (Reghaia et Corso).

III.3 Le pH pzc des sédiments étudiés

Le tableau suivant présente les valeurs du pHpzc des matériaux analysés. Pour la plage de Reghaia, les valeurs de la pzc varient de 6 à 6,3 avec une moyenne de 6,1

Pour la plage de CORSO, les valeurs varient entre 5,7 et 6,1 avec une moyenne de 5,94

Tableau III. 1 : Variation du pHpzc des sédiments analysés

Station	**Rg1**	**Rg2**	**Rg4**	**Rg5**	**Corso1**	**Corso2**	**Corso3**	**Corso4**	**Corso5**
pHpzc	6,3	6,1	6	6	6,1	6	6	5,9	5,7
Moyenne	6,1				5,94				
Ecart-type	2,73				2,42				

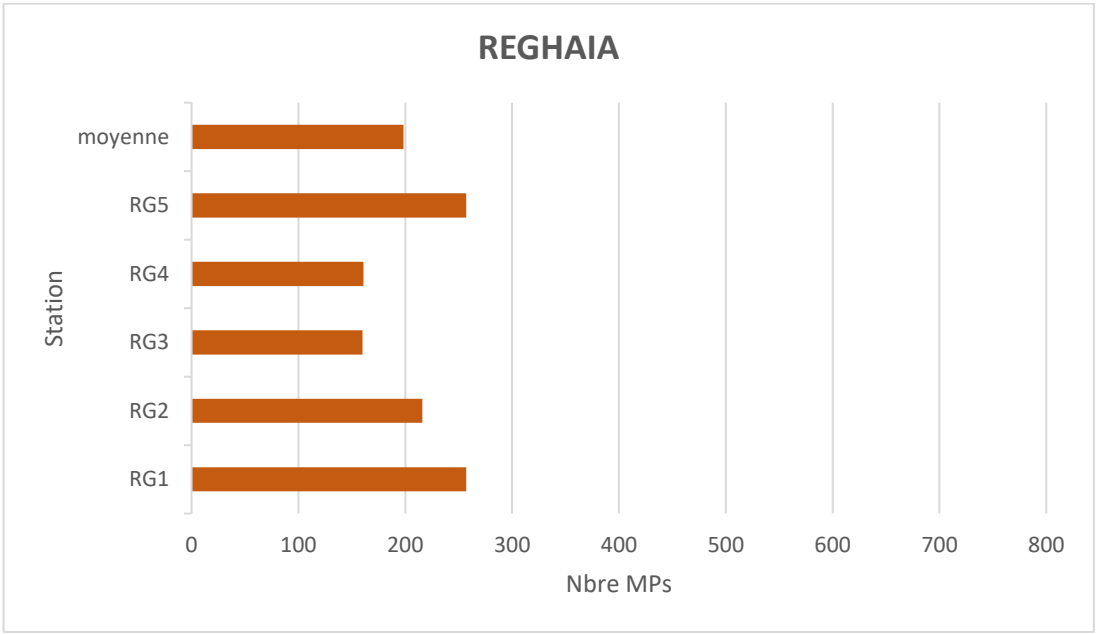
Les valeurs de pH_{PZC} obtenues indiquent une légère acidité des sédiments des deux plages, avec des différences notables entre les stations.

- La plage de Reghaia présente une pH_{PZC} légèrement plus élevée (moyenne de 6,1) que celle de Corso (moyenne de 5,94), suggérant une plus faible affinité pour les charges négatives à pH environnemental.
- Ces résultats peuvent influencer l'adsorption des microplastiques ou d'autres contaminants selon leur charge.
- La variation entre les stations peut être liée à la nature des sédiments, leur composition organique ou minéralogique, et les sources de pollution locales.

III.4 Evaluation des MPs dans les sédiments de plage

III.4.1 Abondance des MPs dans les deux plages

Dans le cadre de cette étude, une évaluation quantitative des micro-plastiques a été réalisée en établissant la moyenne des concentrations issues de cinq prélèvements distincts par site. Les résultats consolidés sont illustrés dans la figure **III.*3***.



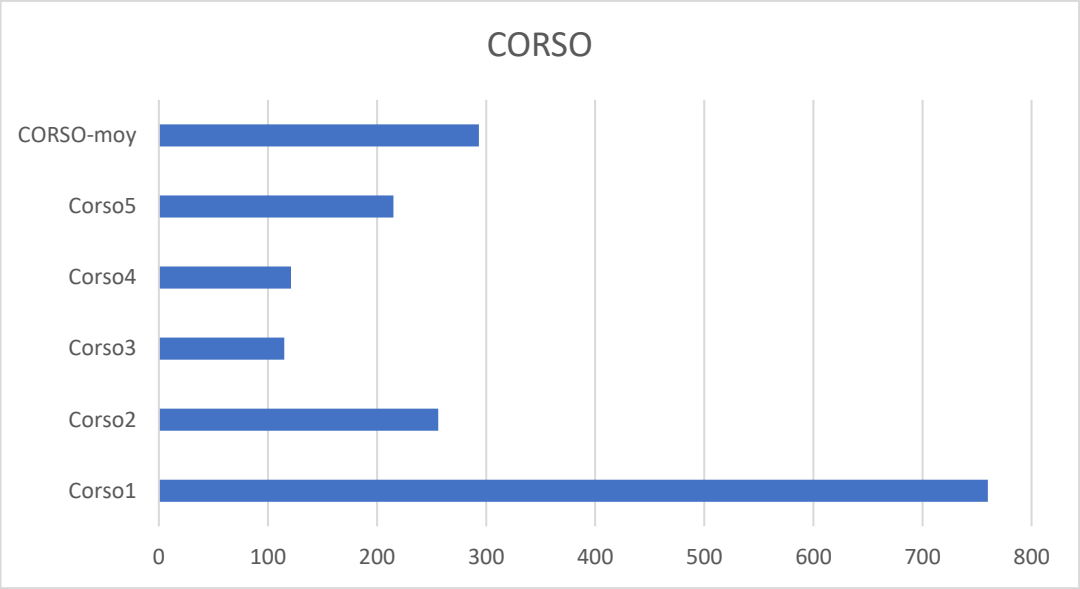


Figure III.3 : Abondance des MPs dans les deux plages

Les résultats obtenus montrent que les concentrations des MPs varient comme suit :

III.4.1.1 La plage de CORSO

La concentration des micro-plastiques enregistrés dans cette plage varient de 120 à 270 particules/kg avec une moyenne de 290 particules/kg

Les valeurs maximales enregistrées sont dans la station CORS1. Cette station se positionne à quelques mètres de l'embouchure de l'oued qui est, à première vue, très pollué. Cet oued est caractérisé par une couleur noir et odeur très forte ce qui signifie que les eaux rejeté dans la plage sont très chargées en polluants de différente nature, notamment les MPs.

En plus, la plage est entourée de plusieurs installation socioéconomiques, notamment, un complexe touristique, une clinique, une station de dessalement, etc.

Toutes ces activités contribuent de manière significative à la pollution du site. En effet, nous avons constaté la présence de plusieurs points d'égout de rejets domestiques et de déversements industriels, qui aggravent la contamination locale.

Un autre point important à signaler, la plage est caractérisée par la présence de quantité énorme de macro-déchets sur la plage, tels que des sacs plastiques, des emballages alimentaires, des bouteilles et divers objets en plastique, qui constituent une source potentielle de micro-plastiques par fragmentation.

Nous remarquons qu'à fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'embouchure les concentrations des MPs diminue, pour re-augmenter dans la station CORS5.

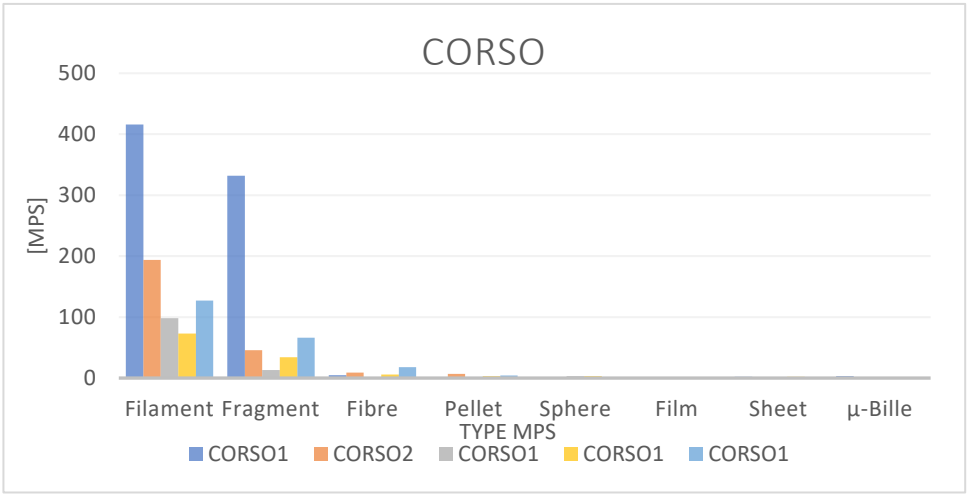
III.4.1.2 La plage de Reghaia

Les MPs dans cette plage varient de **50** à **180** particules/kg Avec une moyenne de **110** particules/kg en inspectons la plage nous avons constaté que la plage est plus propre que celle de Corso. En effet, la plage semble moins impactée que la plage de CORSO. Présence minimale de macrodéchets, et absence d'installations industriels ou économique déversant les déchets en mer. Aussi, l'absence de sources ponctuelles de pollution, telles que des points de rejet d'eaux usées ou des activités industrielles à proximité, limite l'apport de microplastiques dans cette zone. De plus, les conditions hydrodynamiques locales, avec un bon renouvellement des eaux et une faible accumulation de déchets, contribuent à maintenir des concentrations plus faibles de microplastiques dans les sédiments. Enfin, la gestion locale des déchets et la sensibilisation des usagers de la plage semblent jouer un rôle positif dans la préservation de cet environnement côtier.

III.5 Classification des MPs par type

Pour l'étude de la pollution par les microplastiques, nous avons classé les MPs par : type de plastique, par couleur et par taille. Les résultats obtenus sont montrés sur la figure III . 4

Le graphe ci-dessus (figure III **.** 4) montre que le type de microplastique le plus dominant est le **filament**, avec une concentration maximale d'environ **420 particules/kg** pour Corso (station CORS1) et **170 particules/kg** pour Rghaia (station RG1). Cette prédominance des filaments dans les deux plages suggère une origine majoritairement liée aux activités humaines telles que le lavage des textiles synthétiques, la pêche ou d'autres sources de fibres plastiques. Les fragments constituent le deuxième type le plus abondant, mais restent nettement inférieurs aux filaments dans toutes les stations étudiées.



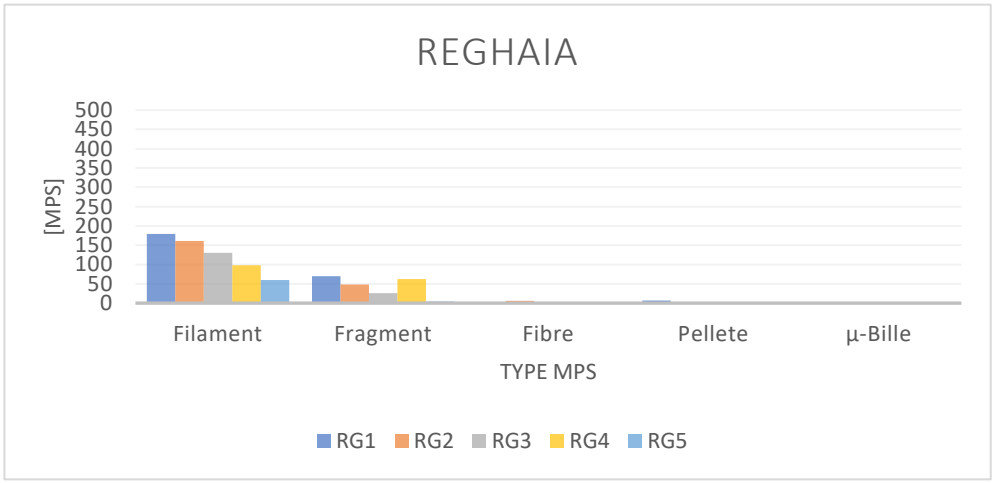
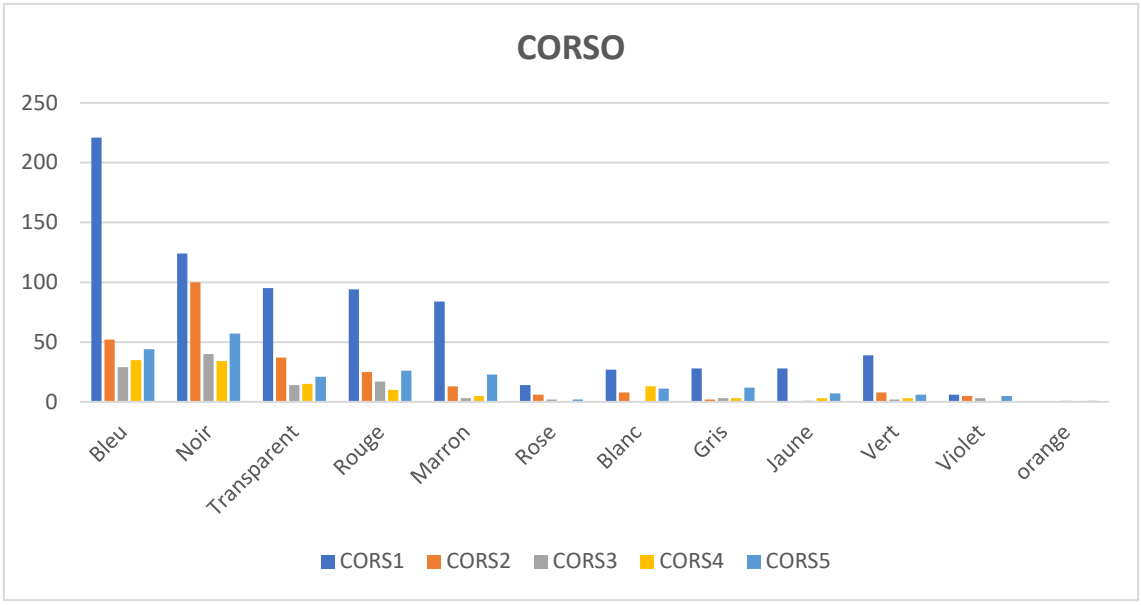


Figure III .4 : Répartition des micro-plastiques par type pour les deux plages.

III.6 Classification des MPs par Couleur

Les résultats obtenus pour cette partie sont montrés sur la (figure III .*5*).



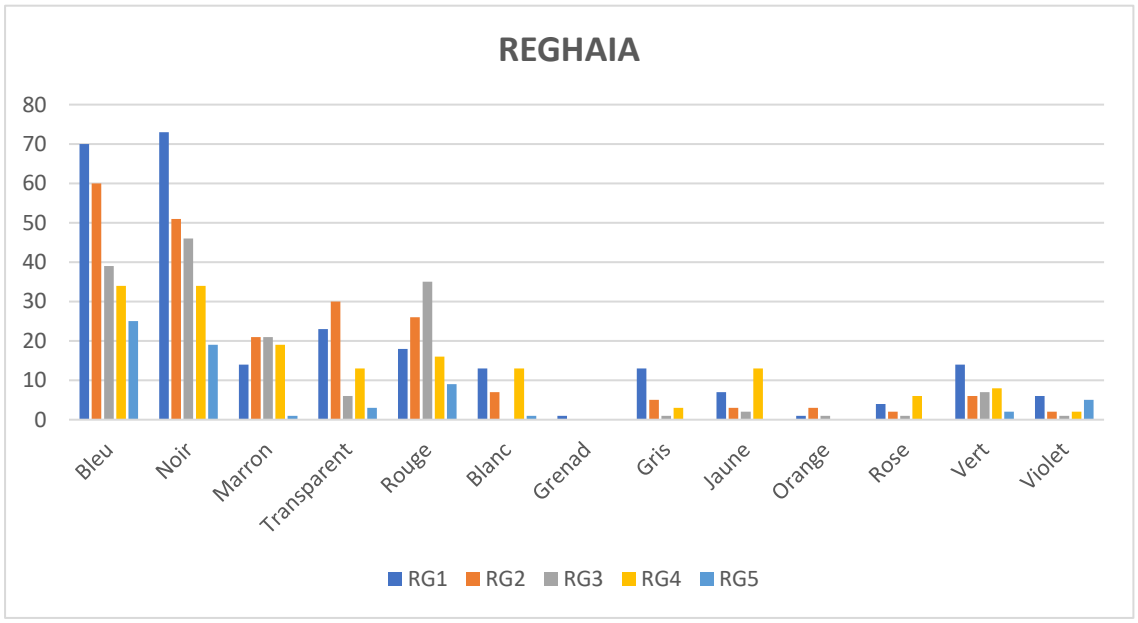


Figure III .5 : Répartition des micro-plastiques par couleur pour les deux plages.

Pour la plage de Reghaia, les couleurs dominantes des MPs sont le bleu et le noir, avec des fréquences particulièrement élevées dans les stations RG1, RG2 et RG3. Cela suggère une possible origine liée à des activités maritimes (filets, cordages, plastiques industriels).

Les couleurs transparent, marron et rouge sont également bien représentées, indiquant une diversité de sources de pollution plastique, possiblement domestiques ou issues de déchets dégradés.

Les couleurs moins fréquentes telles qu'orange, rose, violet, vert et jaune sont présentes en faible proportion**,** traduisant soit une dégradation avancée des MPs soit une origine plus occasionnelle.

En ce qui concerne la plage de Corso, les MPs de couleur bleue sont très prédominants, notamment à la station CORS1. Cette forte dominance peut être associée à l'abondance de déchets plastiques marins ou d'emballages en plastique coloré utilisés dans les activités côtières.

Le noir et le transparent arrivent ensuite, ce qui peut indiquer une influence combinée de rejets urbains et de fragments de pneus ou plastiques opaques.

On note également la présence significative de rouge, marron et blanc, ce qui traduit une grande hétérogénéité des sources polluantes à Corso.

Tableau III . 2 : classification des MPs par couleur.

Couleur	Tendance à Reghaia	Tendance à Corso	Interprétation
Bleu	Très fréquent (surtout RG1&RG2)	Dominant (très élevé à Corso1)	Matériaux marins : filets, cordages, emballages.
Noir	Elevé (RG1 à RG3)	Fréquent (surtout COR1 & COR2)	Fragments de pneus, plastiques, opaques.
Marron	Présent, surtout RG2 et RG3	Modéré	Plastiques dégradés, déchets urbains.
Transparent	Modéré (RG2 et RG3)	Très fréquent (notamment COR2, COR3)	Sacs plastique, films d'emballages.
Rouge	Présent (RG3 dominant)	Présent (tendance stable)	Fragments d'objets, plastiques colorés.
Blanc	Peu à modéré	Présent à modéré	Emballages, plastiques alimentaires.
Gris	Faible fréquence	Présent dans certaines stations	Débris d'objets plastiques.

Jaune	Faible à RG5	Présent (surtout COR1& COR3)	Provenance domestiques ou emballages.
Orange	Très faible	Très faible	Moins courant, usage limité.
Rose	Rare	Rare	Sources occasionnelles ou cosmétiques
Vert	Faible à RG1	Présent à COR1	Matériaux agricoles, plastiques d'emballages
Violet	Rare	Rare	Colorants spécifiques, usage restreint

III.7 Classification par taille

III.7.1 CORSO :

Les résultats obtenus pour cette partie sont présentés sur la figure III.*6*

- La station CORS1 présente la plus forte concentration de microplastiques, surtout dans les tailles (0,3–1 mm) et < 0,3 mm.
- Les stations CORS2 à CORS5 montrent des niveaux de pollution beaucoup plus faibles.
- Les microplastiques de petite taille (< 1 mm) sont dominants dans toutes les stations, indiquant une fragmentation avancée.
- La pollution élevée à CORS1 suggère la présence d'une source locale importante (ex. : rejets urbains ou industriels).
- Les autres stations semblent moins impactées par les activités humaines, avec une répartition plus équilibrée des tailles.

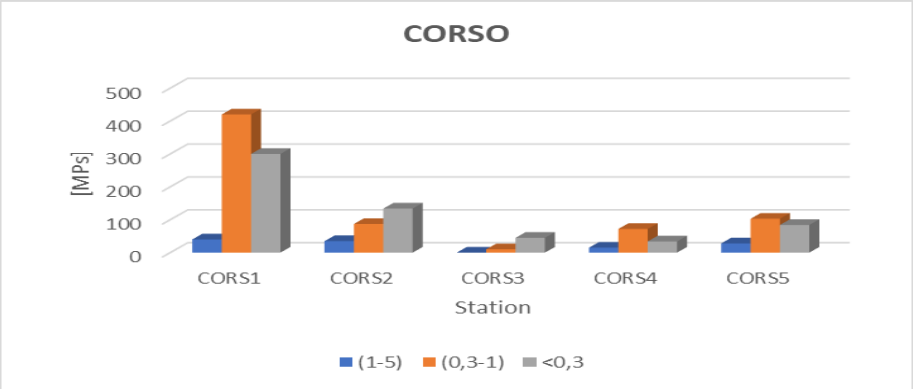


Figure III .6 : Distribution des micro-plastiques par taille dans les stations de CORSO

III.7.2 REGHAIA :

Les résultats obtenus pour cette partie sont présentés sur la figure III . *7*.

- Les microplastiques de très petite taille (< 0,3 mm) sont dominants dans toutes les stations, en particulier à RG2 (~145 MPs), RG1 (~135 MPs) et RG4 (~115 MPs).
- Les fractions (0,3–1mm) sont surtout marquées à RG1 (~105 MPs), mais restent modérés dans les autres stations.
- Les particules de plus grande taille (1–5 mm) sont présentes en moindre quantité dans l'ensemble des stations, avec des valeurs proches (~30 MPs) à RG1, RG2 et RG3.
- RG5 présente les plus faibles concentrations globales, toutes tailles confondues.
- Ces résultats montrent une fragmentation avancée des plastiques dans cette zone, avec une nette accumulation de petites particules.
- La station RG1, située probablement en amont ou proche d'une source de pollution, est la plus impactée.
- La présence importante des particules < 0,3 mm dans tout le réseau suggère une diffusion généralisée et persistante des MPs dans le système**.**

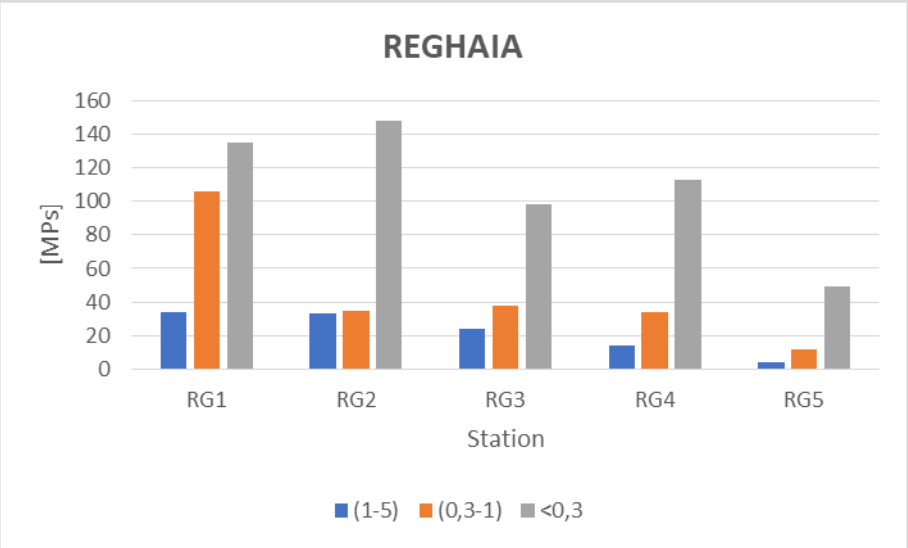


Figure III . 7 : Distribution des micro-plastiques par taille dans les stations de REGHAIA

III.7.3 Comparaison entre les deux stations :

Pour mieux évaluer nos résultats, nous avons adressé ce tableau pour pouvoir mieux comprendre la variation des MPs dans ces deux sites.

Tableau III . 3 : Comparaison des deux plages.

Critère	CORSO	REGHAIA
Station la plus polluée	Corso1 (forte dominance 0.3-1 mm et < 0.3 mm)	Reghaia1 (forte dominance <0.3 mm)
Taille dominante des MPs	< 1 mm (surtout 0.3-1 mm à Corso1)	< 0.3 mm dans toutes les stations
Répartition des tailles	Variable selon les stations	Régulièrement dominée par < 0.3
Stations des moins touchées	Corso3 et Corso4	Rg5
Fragmentation observée	Marquée à Corso1, modérée ailleurs	Fragmentation généralisée sur tout le site
Origine probable des MPs	Source ponctuelle locale (Corso1)	Pollution diffuse avec source plus marquée à Rg1

III.8 Abondance des micro-plastiques dans les sédiments des deux plages

Le tableau suivant présente les valeurs moyennes des particules MPs extraite dans les deux plages étudiées :

Tableau III . 4 : Abondance des micro-plastiques (MPs) par station et par plage (CORSO et REGHAIA)

Station	CORS1	CORS2	CORS3	CORS4	CORS5	Moyenne	SD
MPs/g	1,246	0,478	0,401	0,253	0,511	0,629	0,387
MPs/Kg	1246,167	477,665	400,976	252,747	511,143	629,080	386,688
Station	**RG1**	**RG2**	**RG3**	**RG4**	**RG5**	**Moyenne**	**SD**
MPs/g	0,935	0,617	0,525	0,646	0,274	0,607	0,238
MPs/Kg	934,545	617,143	524,590	645,808	274,262	606,510	237,751

Nous constatons que la concentration moyenne des MPs est similaire dans les deux plages : Plage CORSOmoy (0,629 MPs/g) vs Plage REGHAIAmoy (0,607 MPs/g).

Avec une variabilité plus importante à la Plage CORSO (SD = 0,387) que la Plage REGHAIA (SD = 0,238), ce qui suggère une distribution plus hétérogène des MPs. En termes de concentration (MPs/Kg), Plage CORSO présente également une moyenne légèrement plus élevée (629, 080 vs 606,510).

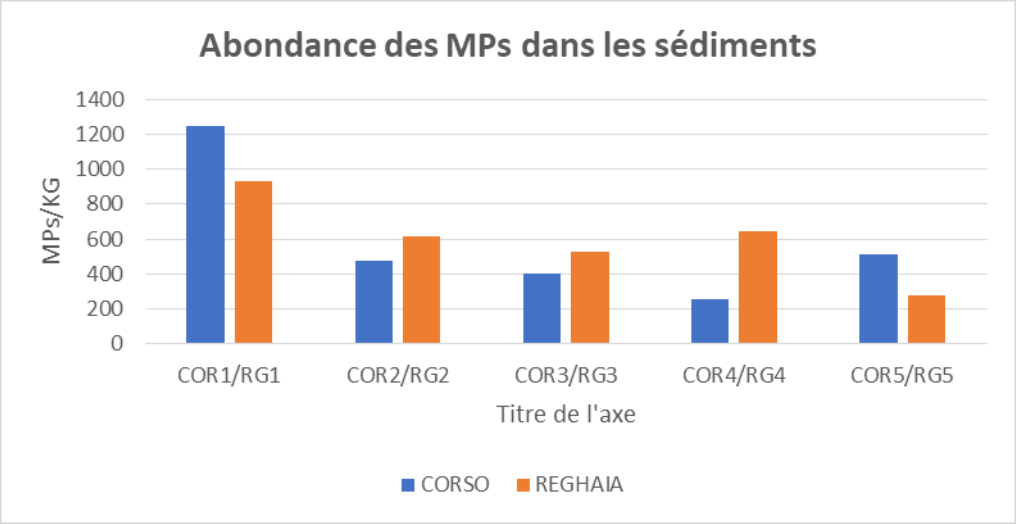


Figure III . 8 : Abondance des MPs dans les deux plages étudiées.

Ce graphique montre l'abondance des microplastiques (MPs/Kg) dans deux plages (Corso et Reghaia) pour cinq paires de stations (COR/RG).

Nous remarquons que :

- CORS1/RG1 a la plus forte abondance, surtout en CORSO.
- Plage de Reghaia montre une abondance plus élevée que Plage de Corso dans 3 paires : RG2, RG3 et RG4.

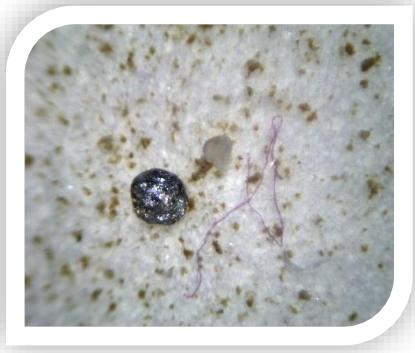
À l'inverse, COR1 et COR5 ont une abondance plus élevée que RG1 et RG5.

Conclusion :

Les niveaux de microplastiques varient selon les stations, avec parfois une prédominance en Plage de Corso, parfois en Plage de Reghaia, ce qui peut indiquer des différences locales de pollution.

Tableau III . 5 : présentation de quelques photos de particules microplastiques identifié dans notre étude.

Photo	Type	Couleur	Taille
	filament	Marron	(1-5)
	Filament	Noir	(0.2-1)

	Filament Pellet	Violet Noir	(0.2-1)
	Filament	Noir Transparent	(1-5)
	Fragment	Transparent	(0.2-1)

	Fragment	Rose	(1-5)
	Pellet	Jaune	<0.2
	Fragment	Blanc	<0.2

	Fragment	Jaune	(1-5)
	Filament	Transparent Noir	(1-5) 0.2-1)
	Filament	Jaune	(0.2-1)

	Filament	Rouge	(1-5)
	Filament	Marron	(0.2-1)
	Fragment	Blanc	(1-5)

	Filament	Violet	(0.2-1)
	Filament	Bleu	(1-5)
	Filament	Bleu	<0.2

Conclusion Générale

et perspectives

Conclusion Générale et perspectives

L'étude réalisée a permis de mettre en évidence la présence de microplastiques (MPs) dans les sédiments de plage, confirmant leur rôle préoccupant en tant que polluants émergents dans les écosystèmes marins. À travers un protocole rigoureux incluant le prélèvement, le séchage, le tamisage, la séparation par densité, la filtration et l'observation microscopique, différentes formes, couleurs et tailles de MPs ont été identifiées, reflétant la diversité de leurs sources et leur persistance dans l'environnement.

Pour la granulométrie les sédiments étudiés contiennent un pourcentage de fraction fine très faible, et ce pour les deux plages. La composition principale des deux plages est dominée par des sables moyens à grossiers, indiquant un environnement à forte hydrodynamique, peu favorable à l'accumulation des particules fines. Cette granulométrie influence également la répartition et la rétention des microplastiques.

La variation de la matière organique (%MO) montre que les stations Corso présentent une teneur globalement plus élevée en matière organique que les stations Reghaia, sauf pour RG4 qui présente une anomalie positive avec la plus haute valeur (0,80 %). Cela pourrait indiquer des différences dans les apports en matière organique ou dans les conditions environnementales entre les deux types de stations.

Le pHpzc des sédiments a été mesuré, les résultats montrent que le pHpzc de la plage de Corso est en moyenne de 5,94, indiquant une surface légèrement acide, ce qui favorise l'adsorption des cations métalliques, ce qui peut influencer la rétention ou la mobilité des polluants dans l'environnement côtier.

L'abondance moyenne en MPs des plages semble être similaire, avec une légère différence en faveur de la plage de Corso, qui présente une concentration moyenne un peu plus élevée que celle de Reghaïa. Cette variation pourrait s'expliquer par des facteurs environnementaux ou anthropiques spécifiques à chaque site, tels que la fréquentation touristique, les rejets domestiques ou industriels, ou encore les courants marins. Bien que la différence soit modeste, elle souligne l'importance de surveiller régulièrement ces zones côtières pour mieux comprendre l'origine des microplastiques et mettre en place des mesures de prévention adaptées.

Conclusion Générale et perspectives

Les concentrations en microplastiques ont montré des différences significatives entre les sites étudiés, tant en termes d'abondance que de caractéristiques des MPs, suggérant l'influence des activités humaines locales et des dynamiques hydrodynamiques. L'analyse statistique a renforcé la pertinence des comparaisons et mis en lumière des tendances notables entre les zones d'étude.

Cette recherche contribue à la base de données encore insuffisante sur la pollution microplastique en zones côtières, notamment en Algérie, et met en avant la nécessité d'études continues et élargies.

Perspectives

- Mettre en place un suivi saisonnier pour évaluer l'évolution de la contamination.
- Étudier l'impact des MPs sur la faune benthique et les espèces filtrantes locales.
- Renforcer la sensibilisation du public et des décideurs, et appuyer l'élaboration de mesures de gestion des déchets plastiques.

Bibliographie

Bibliographie

IV. Bibliographie

[1] «Machu, É., Brochier, T., Capet, X., Ndoya, S., Ibrahima, I.S.B., Descroix, L., 2023. Pollutions dans un monde liquide, in: Planification Spatiale Marine En Atlantique Tropical. IRD Éditions, Montpellier.https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_».

[2] «World Wildlife Fund (WWF). (2024). Les microplastiques : une menace grandissante pour la faune marine et la santé humaine. Rapport disponible sur https://www.wwf.fr/actualites/les-microplastiques-une-menace-grandissante».

[3] «Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). (2023). Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060. Nairobi: PNUE. https://www.unep.org/resources/report/global-plastics-outlook-policy-scenarios-2060».

[4] «Boucher, J., Friot, D., 2020. Microplastiques primaires dans les océans. IUCN, International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.fr».

[5] «Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE). (2022). Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OCDE Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/de747aef-en».

[6] «[38] Leslie, H.A., Velzen, M.J.M. van, Brandsma, S.H., Vethaak, A.D., Garcia-Vallejo, J.J., Lamoree, M.H., 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International 163, 107199. https://doi.org/10.1016/».

Bibliographie

[7] «United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Global Plastic Pollution: A Guide to Understanding Plastic Pellets and Their Impact. Nairobi: UNEP. Disponible sur : https://www.unep.org/resources/report/global-plastic-pollution-guide-plastic-pellets».

[8] «Galgani, F., Bruzaud, S., Duflos, G., Fabre, P., Gastaldi, E., Ghiglione, J., Grimaud, R., George, M., Huvet, A., Lagarde, F., Paul-Pont, I., Ter Halle, A., 2020. Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques. Bioprocédés et bioprodu».

[9] «Shah, A.A., Hasan, F., Hameed, A., Ahmed, S., 2008. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. Biotechnology Advances 246–265.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975008000141?via%3Dihub».

[10] «Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62, 1596–1605. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030».

[11] «• Le Juge, C., 2022. Caractérisation de nanoplastiques et microplastiques dans des matrices environnementales par des méthodes thermiques et séparatives. Université de Pau et des».

[12] «Cheng, M., Huang, D., & Tao, J. (2020). Microplastics and nanoplastics in the environment. Science of The Total Environment, 758, 143744. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143744».

[13] «Basilico, N., et al. (2020). Occurrence, devenir et effets des micro/nanoplastiques dans les sols : synthèse bibliographique. Rapport INERIS. Disponible en ligne :».

[14] «Gabrys, J., Hawkins, G., & Michael, M. (Eds.). (2013). Accumulation: The Material Politics of Plastic. Routledge.».

Bibliographie

[15] «Kwon, B., Lee, S., Rah, H., Paek, J., Kim, K., 2019. Categorization and definition of microplastics in the water environment. J. Korean Soc. Water Wastewater 33, 429–436.https://doi.org/10.11001/jksww.2019.33.6.429».

[16] «Verschoor, A. (2015). Physical and chemical properties of microplastics in aquatic environments. In : UNEP (2016), Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi : United Nations En».

[17] «Wang, C., Zhao, J., Xing, B., 2021. Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. Journal of Hazardous Materials 407, 124357.https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124357».

[18] «Oudina, M., Agrane, H., 2018. Contribution a l'evaluation de la pollution microplastiques dans la cote Jijlienne. Université Mohamed Seddik Benyahia, http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/24604/1/Caracterisation_des_dechets_plastiques.pdf».

[19] «Essel, R., Engel, L., Carus, M., & Ahrens, R. H. (2015). Sources of microplastic in the marine environment: A review of existing literature. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 95(11), 875-887.».

[20] «Lefebvre, C., 2022. Distribution spatiale et temporelle des microplastiques et particules anthropiques au sein d'une lagune côtière mésotidale, le Bassin d'Arcachon. Approche multi-compartiments. L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX, France.».

[21] «Kedzierski, M., 2017. Pollutions du milieu littoral par les microplastiques: Méthodes d'évaluation. L'Université Bretagne Loire, Bretagne.».

[22] «Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., & Hartmann, N. B. (2015). Microplastics – Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Environmental Project No. 1793. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energ».

[23] «Sundt, P., Schulz, M., & Eriksen, M. (2014). Sources of microplastic – Pollution in the marine environment. Report No. 2014/16, Norwegian Environment Agency.».

[24] «Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011).Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. Environmental Science & Technology, 45(21), 9175–9179. https://doi.org/10.1021/es2».

[25] «Kouidri, R., Bensaid, H., 2022. Niveau de contamination des matrices environnementaux par les microplastiques : Review de la litérrature. UNIVERSITÉ KASDI MERBAH, OUARGLA.».

[26] «Kazour, M., 2019. La biosurveillance active et passive pour l'étude des microplastiques dans deux environnements aquatiques pollués : l'estuaire de la Seine et le littoral libanais.Université du Littoral Côte d'Opale.».

[27] «Magnusson, K., Eliaeson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Olshammar, M., Stadmark, J., Hultén, J., 2016. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment.».

[28] «OECD, 2009. Emission Scenario Documents on Coating Industry (Paints, Laquers and Varnishes). Ser. Emiss. Scenar. Doc. 22, 1–201.».

[29] «MSC, 2023 Marine Stewardship Council (MSC). (2023). Déchets fantômes : impacts des engins de pêche abandonnés sur les écosystèmes marins. Rapport disponible sur : https://www.msc.org/fr».

[30] «Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin 62, 2588–2597.https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025».

Bibliographie

[31] « Science Direct. (2017). Microplastics in aquaculture: sources, impacts and mitigation strategies. Article scientifique publié sur ScienceDirect. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.012 .,(».

[32] «Isobe, A., Kubo, K., Tamura, Y., Nakashima, E., Fujii, N., others, 2014. Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. Marine pollution bulletin 89, 324–330.https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.041».

[33] «Rogers, K.L., Carreres-Calabuig, J.A., Gorokhova, E., Posth, N.R., 2020. Micro-by-micro interactions: How microorganisms influence the fate of marine microplastics. Limnology and Oceanography Letters 5, 18–36. https://doi.org/10.1002/lol2.10136».

[34] «Schäfer, A., 2015. Les microplastiques dans l'environnement Fiche d'information.».

[35] «Sunday, N.F., 2021. Microplastics: Holistic overview of source, identification, interaction, health and environmental implications and strategies of abatement. Acta Chemica Malaysia 5, 18–23. https://doi.org/10.2478/acmy-2021-0004».

[36] «Rafa, N., Ahmed, B., Zohora, F., Bakya, J., Ahmed, S., Ahmed, S.F., Mofijur, M., Chowdhury, A.A., Almomani, F., 2024. Microplastics as carriers of toxic pollutants: Source, transport, and toxicological effects. Environmental Pollution 343, 123190. https:/».

[37] «Chubarenko, I., Bagaev, A., Zobkov, M., Esiukova, E., 2016. On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment. Marine Pollution Bulletin 108, 105–112.https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.048».

[38] «Pandey, B., Pathak, J., Singh, P., Kumar, R., Kumar, A., Kaushik, S., Thakur, T.K., 2022. Microplastics in the Ecosystem: An Overview on Detection, Removal, Toxicity Assessment, and Control Release. Water 15, 51. https://doi.org/10.3390/w15010051».

[39] «Fisner, M., Smith, J., & Turner, A. (2017). Influence of microplastic color on pollutant adsorption in marine environments. Marine Pollution Bulletin, 119(1), 123-130. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.045 ; Antunes et al., 2013 Antunes, J. C.,».

[40] «Ma, Y., Gong, Y., & Wang, L. (2020). Effects of microplastic properties on the adsorption of organic contaminants in marine waters. Science of The Total Environment, 715, 136963. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136963.».

[41] «Li et al., 2018 Li, J., Liu, H., & Chen, J. P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. Water Research, 137, 362-374. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056».

[42] «Morét-Ferguson et al., 2010 Morét-Ferguson, S., Law, K. L., Proskurowski, G., Murphy, E., Peacock, E. E., & Reddy, C. M. (2010). The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. Marine Pollution Bulletin, 60(10), 1873».

[43] «Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. Environmental science & technology 46, 3060–3075. https://doi.org/10.1021/es2031505».

[44] «Chubarenko, I., Bagaev, A., Zobkov, M., & Esiukova, E. (2016). On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment. Marine Pollution Bulletin, 108(1-2), 105-112. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.048 ; Hidal».

[45] «Buyck, M., 2018. Gestion des déchets plastiques et détection de micro-déchets plastiques en station d'épuration en Wallonie. Université de Liège, Belgique. Calanus helgolandicus. Environ. Sci. Technol. 49, 1130–1137. https://doi.org/10.1021/es504525u».

[46] «Carrega et al. Buyck, M., 2018. Gestion des déchets plastiques et détection de micro-déchets plastiques en station d'épuration en Wallonie. Université de Liège, Belgique. , 2012 in Buyck, 2018».

[47] «Cheng, M., Huang, D., & Tao, J. (2020). Microplastics and nanoplastics in the environment. Science of The Total Environment, 758, 143744. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143744».

[48] «Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Tassin, B., 2015. Premières investigations sur la contamination en microplastiques d'une zone urbaine. Techniques Sciences Méthodes 12, 25–39.».

[49] «Teuten, E.L., Rowland, S.J., Galloway, T.S., Thompson, R.C., 2007. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. Environmental science & technology 41, 7759–7764.https://doi.org/10.1021/es071737s».

[50] «Amelia, T.S.M., Khalik, W.M.A.W.M., Ong, M.C., Shao, Y.T., Pan, H.-J., Bhubalan, K., 2021. Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. Prog Earth Planet Sci 8, 12. https://doi.org/10.1186/s».

[51] «Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E., Svendsen, C., 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. Science of The Total En».

[52] «Alimi, O.S., Farner Budarz, J., Hernandez, L.M., Tufenkji, N., 2018. Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. Environmental science & technology 52, 1704–1724. https://doi.org/10.».

[53] «Leslie, H., 2014. Review of microplastics in cosmetics. IVM Institute for Environmental Studies 476, 1–33.».

[54] «Liu, X., Zhang, Y., & Chen, J. (2022). Adsorption mechanisms of hydrophobic pollutants on microplastics: A review of environmental interactions and implications. Environmental Science & Technology, 56(14), 9876–9889. https://doi.org/10.1021/acs.est.2c0123».

[55] «Lavers, J.L., Rivers-Auty, J., Bond, A.L., 2021. Plastic debris increases circadian temperature extremes in beach sediments. Journal of Hazardous Materials 416, 126140.https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126140».

[56] «Routier et al., 2023 Routier, E., Guenther, M., Terzariol, M., 2023. The Impact of Microplastics on the Physical».

[57] «Carbery, M., O'Connor, W., Palanisami, T., 2018. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. Environment International 115, 400–409. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007».

[58] «Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D., Johnston, P., 2006. Plastic Debris in the World's Oceans. Greenpeace, Amsterdam.».

[59] «Pandey, B., Pathak, J., Singh, P., Kumar, R., Kumar, A., Kaushik, S., Thakur, T.K., 2022. Microplastics in the Ecosystem: An Overview on Detection, Removal, Toxicity Assessment, and Control Release. Water 15, 51. https://doi.org/10.3390/w15010051».

[60] «Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Galloway, T.S., 2015. The Impact of».

[61] «Rist, S.E., Assidqi, K., Zamani, N.P., Appel, D., Perschke, M., Huhn, M., Lenz, M., 2016. Suspended micro-sized PVC particles impair the performance and decrease survival in the Asian green mussel Perna viridis. Marine Pollution Bulletin 111, 213–220.http».

[62] «Yin, L., Chen, B., Xia, B., Shi, X., Qu, K., 2018. Polystyrene microplastics alter the behavior, energy reserve and nutritional composition of marine jacopever (Sebastes schlegelii).».

[63] «McLachlan, L., 2019. LES MICROPLASTIQUES DANS LES DENREES ALIMENTAIRES ET L'ENVIRONNEMENT. Université de Liège, Belgique».

[64] «Zuccarello, P., Ferrante, M., Cristaldi, A., Copat, C., Grasso, A., Sangregorio, D., Fiore, M., Conti, G.O., 2019. Exposure to microplastics (<10 μm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study. Water Research 157».

[65] «Liu, M., Jefferson, R., & Ortega, M. (2025).Detection of microplastics in human placentas and association with preterm birth: Evidence from a metropolitan cohort.The Lancet Planetary Health, 9(1), e22–e29. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00212-3».

[66] «Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., et al. (2024).Plastic particles in human placenta: An emerging exposure concern. Environmental Pollution, 337, 121534. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121534,».

[67] «Braun, T., Ehrlich, L., Henrich, W., Koeppel, S., Lomako, I., Schwabl, P., Liebmann, B.,2021. Detection of Microplastic in Human Placenta and Meconium in a Clinical Setting. Pharmaceutics 13. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13070921».

[68] «Djouina, M., 2023. Impact toxicologique de contaminants alime2021ntaires au niveau intestinal et hépatique. Université de Lille, France.».

[69] «Horvatits, T., Tamminga, M., Liu, B., Sebode, M., Carambia, A., Fischer, L., Püschel, K., Huber, S., Fischer, E.K., 2022. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. EBioMedicine 82, 104147.https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104147».

[70] «Jenner et al., 2022 Effets de la pollution atmosphérique sur l'appareil respiratoire humain : mécanismes physiopathologiques et impacts sanitaires. Revue Médicale Francophone, 12(3), 145-160. Disponible sur : https://www.em-consulte.com/article/1546156/e».

[71] «Leslie, H.A., Velzen, M.J.M. van, Brandsma, S.H., Vethaak, A.D., Garcia-Vallejo, J.J., Lamoree, M.H., 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International 163, 107199. https://doi.org/10.1016/j.env».

[72] «Rotchell, J.M., Jenner, L.C., Chapman, E., Bennett, R.T., Bolanle, I.O., Loubani, M., Sadofsky, L., Palmer, T.M., 2023. Detection of microplastics in human saphenous vein».

[73] «Rabhi Rachid. 2017. Etude du rejet du lixiviat traité du centre d'enfouissement technique de Corso sur l'Oued Corso. Mémoire de master II. Université Saad Dahleb Blida1.».

[74] «Bouadjela M. 1993. Étude hydrogéologique de la vallée de Corso (W. de Boumerdès). Mémoire d'ingénieur d'État en hydrogéologie U.S.T.H.B. 154 P.».

[75] «EGCTU (2021). Étude géographique et environnementale de la plage de Reghaïa : caractéristiques physiques et enjeux de gestion [Rapport technique]. Établissement de Gestion et de Conservation des Terres Urbaines, Alger, Algérie.).».

[76] «RAC-SPA. (2020). *Diagnostic environnemental de la zone industrielle et côtière de Réghaïa*. Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production. [https://www.rac-spa.org/sites/default/files/doc_medmpanet/final_docs_algeria/12_bilan_d».

[77] «Office des Parcs et des Loisirs de la Wilaya d'Alger (OPLA). (2021). Gestion et exploitation des plages autorisées à la baignade : capacité d'accueil et mesures de contrôle [Rapport interne]. Wilaya d'Alger, Ministère du Tourisme et de l'Artisanat, Algéri».

[78] «Algerie360. (2023). Pollution plastique et gestion des déchets en région d'Alger. [https://www.algerie360.com] (https://www.algerie360.com)».

[80] «CNRDPA (s.d.). Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture. http://www.cnrdpa.dz».

Annexes

Annexes

- **Matériels utilisés**

Figure A : Matériel utilisé sur terrain (a) quadra (b) ruban 50m (c) contenus métalliques (e) ruban mètre (f) étiquettes

Figure B : Appareillage utilisés pour l'analyse (a) étuve (b) four a moufles (c) balance (d) agitateur magnétique

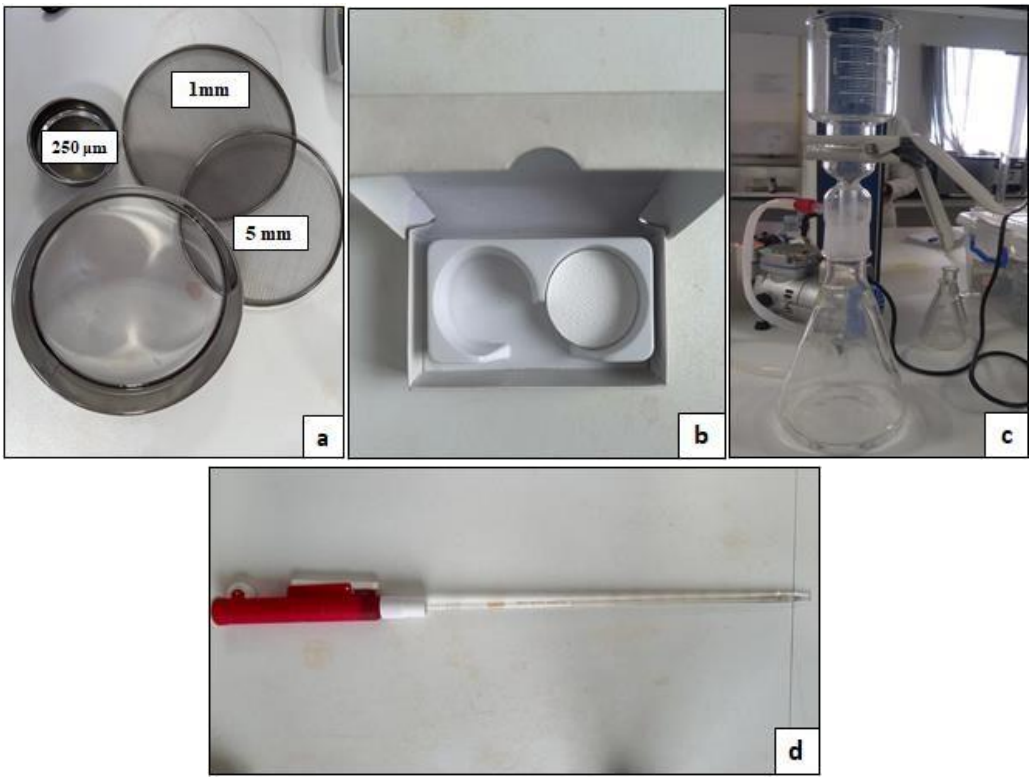


Figure C : Matériels utilisé pour l'analyse (a) tamis (b) filtres de microfibres de verre (c) système de filtration sous vide (d) pipette

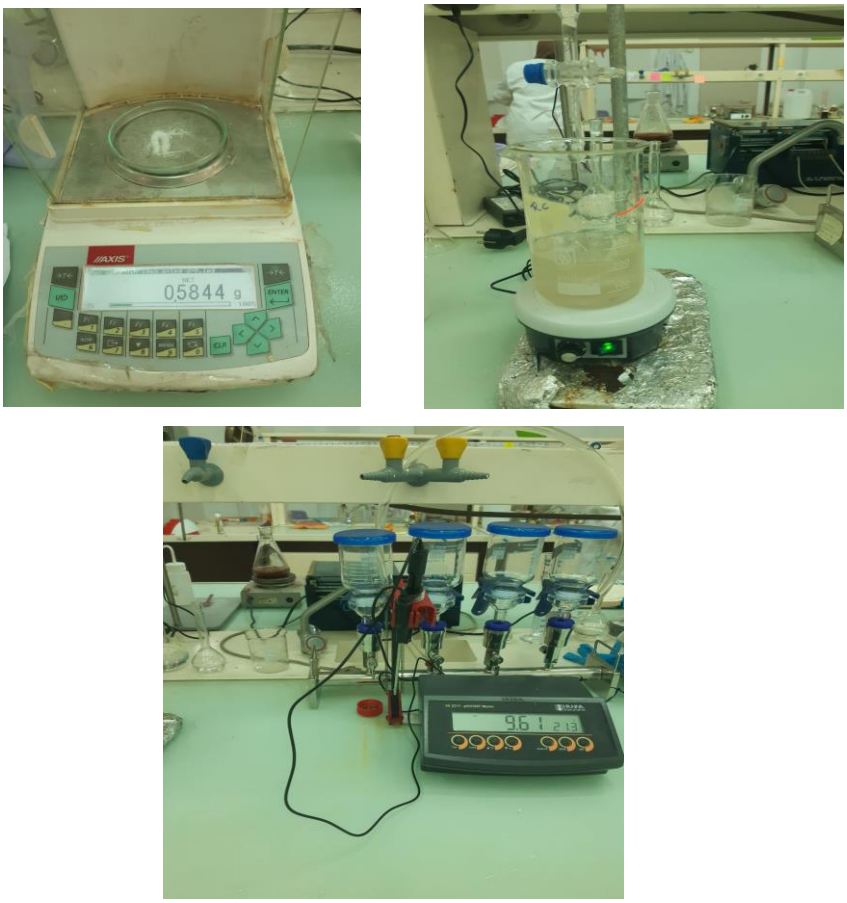


Figure D : Les différents matériels utilisés dans la PHpzc.