

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité Toxicologie Industrielle et Environnementale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Contribution à l'évaluation des micros
plastiques aux niveaux des espèces filtreuses
dans la zone de Bejaia.**

Présenté par :

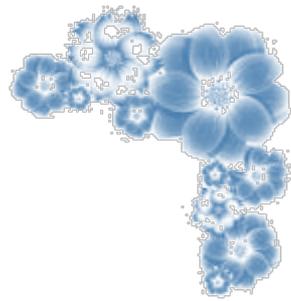
BRAHMI Islam

Soutenu le 24 Juin 2024

Devant le jury composé de :

Mme. DIAF Assia	MCB	Présidente
Mr. BELHADI Youcef	MCB	Encadreur
Mr. RAMDANE Zouhir	Professeur	Examineur
Mr. MEZHOUD Abdelkarim	Doctorant	Co-Encadreur

Année universitaire : 2023/2024



Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, le tout puissant et miséricordieux, de nous avoir donné la force pour continuer, ainsi que le courage pour dépasser toutes les difficultés.

*Notre plus grande gratitude va à notre encadreur **Mr. Belhadi Youcef** pour sa grande disponibilité, pour ses conseils et pour la confiance qu'elle nous accordée tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier spécialement **Mr. Mezhoud Abdelkarim** notre cher Co-encadrant, qui a guidé notre mémoire avec toute bonne volonté.*

*Nous tenons aussi à présenter nos humbles remerciements aux membres de jury **Mr. Remdane Zouhir** et **Mme. Diaf Assia** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce modeste travail.*

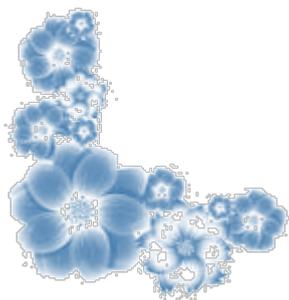
*Nos remerciements les plus sincères s'adressent au l'ingénieure de laboratoire LZA **Mme. Baziz Habiba** pour son aide et pour sa contribution précieuse son soutien ainsi que pour ses judicieux conseils.*

*Nos chaleureux remerciements vont également à toute l'équipe du laboratoire **LZA**, tous les professeurs intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de répondre à nos questions durant nos recherches.*

*Nous tenons à remercier **Tafoukt Farid** pour son aide et son soutien, ainsi ses judicieux conseils*

Nous tenons à remercier aussi à tous ceux qui travaillent à la protection des forêts de Bejaia.

Au final nous présentons nos remerciements les plus chaleureux à mes parents qui étaient toujours la source de notre détermination et qui faisaient l'impossible pour notre réussite, ainsi que mes frère et sœurs et le mari de ma sœur, et mes amis.





Dédicace

Je dédie ce mémoire à ceux qui m'ont donné la vie, qui ont été la source de mon courage, mes chères parents, qu'Allah les garde,

*À ma vie, et mon bonheur. « **A ma douce mère** » Symbole d'amour, d'affection et de bienveillance, tu es ma source d'inspiration.*

*À l'homme qui m'a élevé. Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir, « **mon cher père Mahmoud** », merci pour ton écoute, tes conseils, et ta présence,*

*Mes dédicaces à ma **grand-mère « Azeggagh Zineb »**, récemment décédée. Que Dieu lui accorde une place dans son vaste paradis.*

*À mes sœurs, « **Nawel et Yacmine** » et mes frères « **Said, Abdel Halim, et Hassim et sa femme** », et à « **Ouar Nabil** qui et comme un frère pour moi », pour leurs présences dans chaque étape de ma vie, vous avez apporté de la joie dans ma vie. Je vous aime, que Dieu toujours vous bénisse,*



*À mes anges, ma nièce « **Dounia** », et à mon neveu « **Houcine** »,*



*Mes oncles **Zaidi Sadek, Hassan et Kamel, Brahmi Ali.***

*Mes dédicaces sont également adressées à tous mes ami(e)s, et cousin(e)s, avec lesquels j'ai partagé de bons moments et dont je garde d'excellents souvenirs, précisément **Tafoukt Farida, Meddouren Mehani, Abbas Dalia, Bekka Salem, Addour Lynda, Belaidene Lamine, Agenana Kahina, Hassan Mouzaoui, Hanane Chaib, Arezki, Bourof Lynda, Faycel Ouvar, Tafoutk Farid, Rahma, Mounir Tidjet, Yacine Tighidet, Hani Baziz, Marbouha, Mounir Chouali, Massissilia, Hedad Rayen, Nouria, Zahir Ouvar, Karima Brahmi, ...***

Mes dédicaces au personnel de la bibliothèque pour leur bon service, et pour les chauffeurs de transport universitaire sidi Ahmed Targa,

A tous mes camarades de la 1^{ère} année licence jusqu'au master 2,

A tous les professeurs qui m'ont enseigné durant mon parcours universitaire, sans oublié les profs du lycée qui étaient à mes côtés pendant la période du Bac.

Et enfin à tous les personnes qui m'ont aidé et encouragé tout au long de mon parcours.



Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des Abréviations

Introduction..... 1

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1. Définition et classement de la pollution..... 3

1.1. La Pollution Marine 3

1.2. Les sources de pollutions dans la wilaya de Bejaia..... 3

2. Plastique 4

2.1. Composition du Plastique..... 4

2.2. Les Catégories du Plastique..... 5

2.2.1. Caractéristiques chimiques 5

2.2.2. Caractéristiques physiques 5

2.3. Différents types de plastiques 5

3. La pollution par le plastique..... 8

4. Microplastiques 8

4.1. Classement des microplastiques..... 9

4.1.1. Les microplastiques primaires 9

4.1.2. Les microplastiques secondaires 9

4.2. La dispersion du plastique et du microplastique en mer 10

4.3. L'impact des Microplastiques sur la biodiversité Marine : 11

5. Les différentes méthodes d'identification des microplastiques..... 12

A. La stéréomicroscopie et la microscopie optique..... 12

B. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) 13

C. La spectroscopie Raman..... 14

D. La microscopie électronique à balayage (MEB)..... 15

E. Les méthodes thermiques d'analyse..... 16

F. L'imagerie hyperspectrale (HSI).....	16
---	----

Chapitre II : Matériels et Méthode

1. Présentation de la zone d'étude.....	18
1.1. Aiguades	18
1.2. Les falaises de Melbou	19
1.3. Ache El-Baz	20
2. Echantillonnage des oursins	21
2.1. Descriptions des espèces.....	22
3. Détermination du sexe	23
4. Mesure du poids	24
5. La dissection des oursins	25
6. Le poids intestinal	26
7. La méthode utilisée pour l'évaluation des microplastiques.....	27
8. L'observation et l'analyse des microplastiques.....	31

Chapitre III Résultats

1. Les différentes formes et couleurs observés :	33
A. Les formes retrouvées :	33
B. Les couleurs retrouvées :	33
2. Distribution des microplastiques selon le site et la période d'échantillonnage	34
3. Distribution des microplastiques selon le sexe	35
4. Distribution des microplastiques selon la masse intestinale des oursins	36
5. Distribution des microplastiques selon leur forme.....	39
6. Distribution des microplastiques selon leur couleur	40
7. Mesurer la taille des MPS	41
Discussion.....	42
Conclusion.....	44

Références Bibliographiques.

Résumés

Liste des figures

Figure 01 : Schéma représentant les sources primaires et secondaires des microplastiques dans l'environnement marin. I correspond à des sources primaires et II à des sources secondaires de microplastiques	8
Figure 02 : Les activités littorales de loisir, la pêche et les décharges illégales sont les principales sources de plastique en mer	9
Figure 03 : Schéma théorique de fonctionnement de la spectroscopie FTIR.	11
Figure 04 : le principe de la spectroscopie Raman.	12
Figure 05 : Principe de microscopie électronique à balayage.....	13
Figure 06 : Principe de la spectro-imagerie.....	15
Figure 07 : Présentation de la zone d'étude.....	17
Figure 08 : Photo du premier site d'échantillonnage Aiguades.....	18
Figure 09 : Photo du deuxième site d'échantillonnage Melbou.....	19
Figure 10 : Photo du troisième site d'échantillonnage Ach El-Baz.....	20
Figure 11 : photo de <i>Paracentrotus lividus</i> et <i>Arbacia lixula</i>	21
Figure 12 : Les outils utilisés pour l'échantillonnage.....	22
Figure 13 : détermination de sexe d'oursin : A. male, B. femelle.....	24
Figure 14 : pesage du poids d'oursin.....	25
Figure 15 : l'intestin d'oursin.....	26
Figure 16 : pesage de l'intestin d'oursin.....	27
Figure 17 : L'étuve.....	28
Figure 18 : Les échantillons bien sèche.....	28
Figure 19 : Les étapes de préparation de la solution hyper saline.....	29
Figure 20 : broyage de l'échantillon.....	29
Figure 21 : la filtration.....	30
Figure 22 : le processus d'ajout de (H ₂ O ₂) ∙∙∙.....	31
Figure 23 : Observation des microplastiques sous la loupe OPTIKA.....	32
Figure 24 : différents forme et couleurs des MPs sous le stéréomicroscope au grossissement (4x10) : A : amas des filaments transparent et rouge., B : amas des filaments transparents., C : filament vert., D : filament violet., E : filament bleus et rouge,	

films rouge., un film rouge, F : filament orange., G : fragment vert., H : film bleu., I et J : film rouge., K : filament noire., L : filament rouge.....	33
Figure 25 : diagramme a bandes représentant le pourcentage des micros plastiques selon le sexe.....	35
Figure 26 : Diagramme circulaire représentant le pourcentage des MPs selon le sexe... 	36
Figure 27 : diagramme a bandes représentant la densité moyenne des MPs/g chez les mâles et les femelles par rapport aux sites et la période.....	38
Figure 28 : diagramme circulaire représentant le pourcentage des microplastiques....	39
Figure 29 : Diagramme circulaire représentant le pourcentage des micro-plastiques selon leurs couleurs.....	40
Figure 30 : Les déférentes tailles des MPs	41

Liste des tableaux

Tableau I : classification d'oursin noir et violet.....	23
Tableau II : Le nombre et le pourcentage des micros plastiques chez les oursins par période et par site.....	34
Tableau III : le poids moyen des intestins selon la période et le site.....	37
Tableau IV : La densité moyenne (DM) maximale et minimale des microplastiques.....	38

Liste des abréviations

MPs : les microplastiques

Mm : millimètre

Cm : centimètre

H : hydrogène

N : azote

Si : silicium

PE : Le polyéthylène

PS : Le polystyrène

PVC : Le polychlorure de vinyle

TD : Les thermodurcissables

PF : Les phénoplastes

HSI : L'imagerie hyperspectrale

ml : Millilitre

g : Gramme

PIM : Poids intestinal moyen

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

FTIR : La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

MEB : La microscopie électronique à balayage

H2O2 : peroxyde d'hydrogène dont sa solution aqueuse est dite eau oxygénée

NaCl : c'est le sel ou Le chlorure de sodium qui est un assemblage d'ions sodium Na et chlore Cl de maille cubique.

PET : Les polyesters et le polyéthylène téréphtalate

POM : Les polyacétal ou polyoxyméthylène

Ans : année

µm : le micromètre

C : carbone

O : oxygène

S : soufre

TP : Les thermoplastiques

PP : Le polypropylène

PC : Le polycarbonate

PA : Les polyamides

PUR : Les polyuréthanes

MF : Les aminoplastes

KM : kilomètre

Kcl : Chlorure de potassium

DM : La densité moyenne



Introduction



De nos jours, la vie humaine regorge de plastiques, et leur production et leur consommation ont rapidement augmenté depuis les années 1950. Des millions de tonnes de produits en plastique sont produites chaque année dans le monde **(Xue. 2017)**.

Depuis le début du siècle dernier, la production de plastique a augmenté d'année en année avec le développement de la science et de la technologie, et la production annuelle atteint près de 360 millions de tonnes en 2018 **(PlasticEurope. 2019)**. Il est largement utilisé dans l'industrie, l'agriculture, l'aérospatiale, la vie quotidienne et d'autres domaines en raison de son faible coût, de sa forte plasticité, de sa haute résistance et de sa facilité de fabrication **(Wu 2019)**.

Au cours des dernières décennies, la pollution plastique dans l'environnement écologique a considérablement augmenté en raison de sa large application dans de nombreux domaines différents et de ses propriétés de persistance et de réfractaire. On estime qu'au moins 4,8 à 12,7 millions de tonnes de déchets plastiques pénètrent chaque année dans le milieu marin depuis les terres terrestres par le ruissellement de surface et le vent et suite aux catastrophes naturelles mais aussi par les activités de pêche et d'aquaculture et d'autres moyens **(Lebreton. 2017)**, provoquant de graves menaces pour l'environnement écologique marin. La contamination d'écosystèmes marins de débris de plastiques a été reconnue depuis les années 1970 **(Carpenter 1972)**, c'est la pollution marine en plastique. Dans l'environnement, ces détritiques plastiques subissent une lente dégradation photochimique, physique et/ou biologique formant des petites particules de plastiques appelées les microplastiques, ils sont souvent caractérisés par des particules de taille inférieure de 5mm **(Presence of microplastics. 2016)**. Actuellement, il n'existe pas de consensus autour d'une définition précise des microplastiques **(Hartmann. 2019)**, mais Ces fragments sont très stables et peuvent parfois persister jusqu'à 1000 ans dans le milieu marin. Ces derniers arrivent dans la colonne d'eau et peuvent être transféré aux sédiments ou ils peuvent être ingérés par des organismes marins. Ces dernières années, les microplastiques sont apparus comme une menace puissante ayant un impact profond sur l'écosystème marin **(James et al. 2020)**. Les microplastiques sont omniprésents dans presque tous les types d'habitats aquatiques, y compris les poissons **(Dai et al. 2018)**. Les particules microplastiques sont facilement consommées par les poissons de manière accidentelle ou intentionnelle en raison de leur petite taille et de leur ressemblance avec des aliments naturels **(Quinn. 2017)**.

Selon des informations ministérielles, l'Algérie utilise environ sept milliards de sacs en plastique chaque année, ce qui en fait l'un des principaux consommateurs à l'échelle mondiale. De plus, Il y a environ 60 à 80% des déchets plastiques qui sont déversés dans la nature, la mer et les cours d'eau (**Ait Seddik. 2021**), Cela suggère que les microplastiques (MPs) sont présents en Méditerranée. Selon des recherches récentes, il a été constaté que les déchets plastiques sont fréquents dans le tube digestif des animaux à tous les niveaux trophiques (**Choy et al. 2019**).

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la pollution par les MPs chez les oursins de la zone marine de la wilaya de Bejaia, à savoir trois sites distincts : Aiguades, Melbou et El Ache-El baz.

Ce mémoire est composé de cinq parties : D'abord la Synthèse Bibliographique résumant des généralités sur les plastiques et MPs et sur méthodes d'identification des MPs, ensuite la partie Matériels et Méthodes dans laquelle on va présenter la zone d'étude et qui est consacrée à la description de la méthodologie adoptée et le matériel utilisé, et enfin la dernière partie est consacrée à la description des résultats obtenus, leurs interprétations. Une conclusion générale clôture ce travail et résume les principaux points obtenus au cours de notre étude.

Ce mémoire est divisé en cinq sections : La Synthèse Bibliographique présente tout d'abord des informations générales sur les plastiques et les MPs, ainsi que les méthodes d'identification des MPs. Ensuite, la section Matériels et Méthodes présente la zone d'étude et expose la méthodologie utilisée ainsi que le matériel utilisé. En estimant que cette étude sera parmi les premières qui abordent le sujet des microplastiques chez des espèces marines en Algérie. Enfin, la dernière partie se concentre sur la description des résultats obtenus et leurs interprétations. Ce travail se termine par une conclusion générale qui résume les principaux points obtenus lors de notre étude.



 **Chapitre I :** 

Synthèse

bibliographique



1. Définition et classement de la pollution

La pollution, dérivée du latin “polluere” signifiant “polluer” ou “souiller”, désigne la détérioration de l’environnement due à divers éléments tels que les substances (naturelles, chimiques ou radioactives), les déchets (ménagers ou industriels) ou les nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.). Elle englobe également l’incorporation directe ou indirecte d’éléments ou d’énergie par l’homme dans l’environnement, ce qui peut avoir des conséquences néfastes pour la santé humaine, compromettre les ressources biologiques et les écosystèmes, altérer les caractéristiques naturelles et perturber d’autres utilisations légitimes de l’environnement **(Faure, 2012)**.

Les polluants peuvent être classés en fonction de leur emplacement ou de leur façon d’être introduits, et ils peuvent se propager dans l’environnement en fonction de différentes conditions de démission, comme la température, la vitesse et la structure de l’écoulement à la sortie des cheminées. De plus, les facteurs météorologiques, tels que la pression atmosphérique et le vent, ont un impact essentiel sur la répartition ou la préservation de ces polluants **(Salomon, 2003)**.

1.1. La Pollution Marine

C'est lorsque des substances ou de l'énergie sont introduites directement ou indirectement dans le milieu marin par l'homme **(Berne, 2008)**, ce qui entraîne des conséquences néfastes telles que la diminution des ressources vivantes, des risques pour la santé de l'homme, une perturbation des activités marines, telles que la pêche, une détérioration de la qualité de l'eau de mer, une diminution de la qualité de vie marine et une diminution des agréments de la mer **(Lemorvan, 1977)**.

Deux catégories de pollution marine sont présentes : les pollutions accidentelles, qui se manifestent par des déversements involontaires qui sont limités dans le temps, et les pollutions rares. Il est possible d'identifier les pollutions chimiques, radioactives, thermiques et mécaniques en se basant sur le polluant déversé dans la mer **(Pantelodimou, 2013)**.

1.2. Les sources de pollutions dans la wilaya de Bejaia

Les principales activités de la wilaya de Bejaia se trouvent principalement dans la zone côtière, comme l'industrie, qui compte 12 674 entreprises **(DPAT, 2015)**, l'agriculture, avec 51,12% de la superficie de la wilaya consacrée à l'agriculture, le tourisme, ainsi que le transport

d'hydrocarbures qui déversent leurs déchets (liquides, solides, gazeux) directement ou indirectement dans la mer, cela a un effet néfaste sur la pêche car la majorité des déchets sont déversés sans aucun traitement préalable (**Boutarcha, 2011**).

2. Plastique

Le mot plastique est dérivé du mot grec « plastikos », qui signifie moulable et capable d'être façonné (**Kamboj, 2016**).

Les plastiques sont des substances artificielles créées à partir de matériaux contenant du carbone, la majorité des matériaux plastiques proviennent du pétrole et d'autres énergies fossiles, mais peuvent également être issus de sources comme la cellulose et l'amidon de maïs (**Alessi et al., 2018**). Selon (**Faure et al., 2012**), ces polymères artificiels non métalliques ont également un poids moléculaire élevé et sont composés de macromolécules répétitives.

Les matières plastiques existent depuis plus de 100 ans et l'une de leurs caractéristiques spécifiques est leur longue durée de vie (**Alessi et al., 2018**), elles sont utilisées par divers secteurs industriels, et la demande pour des produits en plastique ne cesse de croître (**Santé Canada, 2020**).

Les particules de plastique peuvent être divisées en deux catégories : les particules primaires sont contenues dans les produits manufacturés (produits de santé, etc.) tandis que les particules secondaires proviennent de la dégradation des produits (emballages, vêtements, etc.). La dégradation des plastiques (photodégradation, oxydation, dégradation hydrolytique, biodégradation) produit différentes formes et tailles de débris ; nanoplastiques ($\leq 0,1 \mu\text{m}$), microplastiques ($< 5 \text{ mm}$), mésoplastiques (0,5 à 5 cm), macroplastiques (5 à 50 cm) et mégaplastiques ($> 50 \text{ cm}$) (**Lebreton et al., 2018**).

2.1. Composition du Plastique

Le plastique est composé de carbone (C), d'hydrogène (H), d'oxygène (O), d'azote (N), de soufre(S), et de silicium (Si) (**Morét-Ferguson et al., 2010**).

2.2. Les Catégories du Plastique

2.2.1. Caractéristiques chimiques :

Un polymère est défini comme étant une molécule à très longue chaîne qu'on appelle macromolécule. Elle est formée par la répétition d'entités chimiques simples appelées monomères reliées par des liaisons.

Les polymères sont synthétisés en reliant des molécules de monomères entre elles par des liaisons chimiques covalentes : ce sont les réactions de polymérisation (**Lamure et al., 2008**).

La structure chimique d'un polymère influence son comportement hydrophile ou hydrophobe et, par conséquent, sa prise en eau (**Lamure et al., 2008**).

2.2.2. Caractéristiques physiques :

Il existe deux familles de plastiques, distinguables par leurs caractéristiques : les plastiques thermoplastiques qui regroupent les résines pouvant passer de l'état solide à l'état liquide par chauffage et refroidissement et/ou du cisaillement de manière réversible, ce qui les rend mécaniquement recyclables (ex : bouteille en PET), et les plastiques thermodurcissables qui ont une structure, une forme et une rigidité non modifiables une fois le plastique formé (ex : mousse polyuréthane) et ils ne sont pas recyclables (**Ademe et al., 2020**).

2.3. Différents types de plastiques :

Le nombre très important de macromolécules utilisées dans les matières plastiques rend particulièrement importante leur classification. Trois grandes familles de polymères sont généralement distinguées en fonction du type de mise en œuvre : les thermoplastiques et les thermodurcissables et une autre famille appelée les élastomères.

Les deux premières familles se caractérisent en effet par une thermoplasticité dans le cas des thermoplastiques et, par un durcissement chimique irréversible, dans le cas des thermodurcissables (**Kedzierski, 2017**).

- **Les thermoplastiques (TP) :**

Les TP ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit. Comme cette transformation est réversible, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables. Leurs polymères de

base sont constitués par des macromolécules linéaires, reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes. Elles peuvent alors glisser les unes par rapport aux autres pour prendre une forme différente et quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent leur nouvelle forme (**Cap science, 2006**).

Parmi les thermoplastiques, on trouve les polymères suivants :

- Le polyéthylène (PE) : utilisé pour les bouteilles, les jouets, les sacs plastiques, les sacs poubelles, les emballages, les tubes pour le transport du gaz ou de l'eau, et pour les articles de ménage et de cuisine, l'isolation électrique, les emballages alimentaires ;

- Le polypropylène (PP) : utilisé principalement pour les films alimentaires et dans la construction automobile (filtres, pare-chocs) ;

- Le polystyrène (PS) : utilisé comme emballage alimentaire (pots de yaourts et barquettes) et pour leurs propriétés isolantes (contre-portes de réfrigérateurs ou de congélateurs) ;

- Le polycarbonate (PC) : Très solides et peu combustibles, ces matériaux sont utilisés dans la fabrication de disques compacts, de casques de moto ou de vitrages de sécurité.

- Les polyesters et le polyéthylène téréphtalate (PET) : qui entre dans la composition de rubans, de composants électroniques et de bouteilles de boisson ;

- Les polyacétal ou polyoxyméthylène (POM) : est un matériau thermoplastique dont le degré de cristallinité est élevé, caractérisé par une haute solidité et rigidité. Utilisé dans les domaines de construction mécanique générale, construction de véhicules, mécanique de précision, industrie électrique/électromécanique et de télécommunication ;

- Le polychlorure de vinyle (PVC) : Le PVC est utilisé pour la production de tissus enduits utilisés dans l'habillement et la maroquinerie, de gaines d'isolation, de rubans adhésifs ou de bâches, de poches à sang et de gants médicaux. On l'emploie pour fabriquer des tuyaux d'installations sanitaires, des fenêtres, des volets, des gouttières et des emballages alimentaires.

- Les polyamides (PA) : Tel que le nylon, il est principalement utilisé pour la fabrication de fibres textiles et de filets de pêche. Il est également employé pour la fabrication d'interrupteurs, de prises électriques, de vis, d'appareils électroménagers, de seringues ou de pièces d'équipement automobile.

Les thermoplastiques représentent 80 % de la consommation de plastiques dans le monde (Bolo et Prévile, 2020).

- **Les thermodurcissables (TD) :**

Les thermodurcissables sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. Sous de trop fortes températures, ils se dégradent et brûlent (carbonisation). Les molécules de ces polymères sont organisées en de longues chaînes dans lesquelles un grand nombre de liaisons chimiques solides et tridimensionnelles ne peuvent pas être rompues et se renforcent quand le plastique est chauffé.

La matière thermodurcissable garde toujours sa forme en raison de ces liaisons croisées et des pontages très résistants qui empêchent tout glissement entre les chaînes (Cap science, 2006).

Dans cette catégorie se trouvent les polymères suivants :

- Les polyuréthanes (PUR) : ils jouent un rôle essentiel dans la production d'une multitude de produits (mousses, peintures, préservatifs, vernis, colles et autres solutions variées).

- Les polyesters insaturés : nommé aussi résine masse, sont utilisés dans divers domaines industriels tels que l'automobile, fabrication de meubles. Couramment utilisés pour la fabrication de composites, de résines et de revêtements ;

- Les phénoplastes (PF) : ils entrent dans la composition de certaines encres d'imprimerie, de mousses, d'abrasifs, de garnitures de freins etc ;

- Les aminoplastes (MF) : elles sont principalement utilisées comme liants dans les adhésifs. Et aussi dans l'électronique et l'ameublement.

- **Les élastomères :**

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes.

Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer. Pour que le matériau de base présente une bonne élasticité il subit une vulcanisation. C'est un procédé de cuisson et de durcissement qui permet de créer un réseau tridimensionnel plus ou moins rigide sans supprimer la flexibilité des chaînes moléculaires.

On introduit dans l'élastomère au cours de la vulcanisation du soufre, du carbone et différents agents chimiques (**Bolo et Prévile, 2020**).

Différentes formulations permettent de produire des caoutchoucs de synthèse en vue d'utilisations spécifiques. Les élastomères sont employés dans la fabrication des coussins, de certains isolants, des semelles de chaussures ou des pneus (**Cap science, 2006**).

3. La pollution par le plastique :

Il est communément admis dans la bibliographie internationale qu'environ 70% à 80% des déchets retrouvés dans les mers et sur le littoral sont d'origine tellurique et que le solde provient des activités maritimes (**Henry, 2010**).

Les fragments de plastique sur les plages proviennent soit : de sources intérieures et sont transportés vers les côtes par les cours d'eau, le vent, les systèmes de drainage ou l'activité humaine (**Frias, Sobral, et Ferreira, 2010**).

4. Microplastiques

Les microplastiques ont été définis par un groupe de travail de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) comme des particules de plastiques de taille inférieure à 5 mm, sans avoir établi de limite de taille basse (**Arthur et al., 2009**). Il est important de rester attentif car certains chercheurs définissent toujours ces particules avec une taille inférieure à 1 mm (**Browne et al., 2011 ; Claessens et al., 2011 ; Karami et al., 2017 ; Wright et Kelly, 2017**).

Les MPs, en plus d'être définis par leurs tailles, sont aussi caractérisés par leurs formes et leurs couleurs (**Lusher et al., 2017**). Néanmoins ceci peut varier en fonction des études. On peut aussi classer les MPs en fonction de leurs sources dans l'environnement : primaires ou secondaires.

4.1. Classement des microplastiques (types)

On peut distinguer deux catégories de microplastiques en fonction de leur source : les MPs primaires et les MPs secondaires. (**Xu et al. ; 2020**).

4.1.1. Les microplastiques primaires

Les microplastiques primaires désignent les matériaux plastiques qui sont directement rejetés dans l'environnement sous la forme de petites particules. Il est possible qu'ils aient été intégrés de manière intentionnelle dans des produits, tels que les agents exfoliants présents dans les articles de toilette et les cosmétiques (comme les gels douche). Ils peuvent également être causés par l'usure d'objets en plastique plus volumineux lors de leur production, de leur utilisation ou de leur entretien, tels que l'abrasion des pneus sur les routes ou le frottement des textiles synthétiques lors du lavage. (Eriksen *et al.* ; 2014) et (Sebille *et al.* ; 2015).

4.1.2. Les microplastiques secondaires

Les microplastiques secondaires désignent les microplastiques provenant de la fragmentation d'éléments en plastique plus volumineux exposés à l'environnement marin, en particulier par photodégradation et autres conséquences de l'exposition aux intempéries de déchets abandonnés dans la nature, tels que des sacs en plastique, ou perdus, tels que des filets de pêche. (Eriksen *et al.* ; 2014) et (Sebille *et al.* ; 2015).

La **Figure 01** présente les différentes sources de MP (primaires et secondaires) retrouvées dans l'environnement marin.

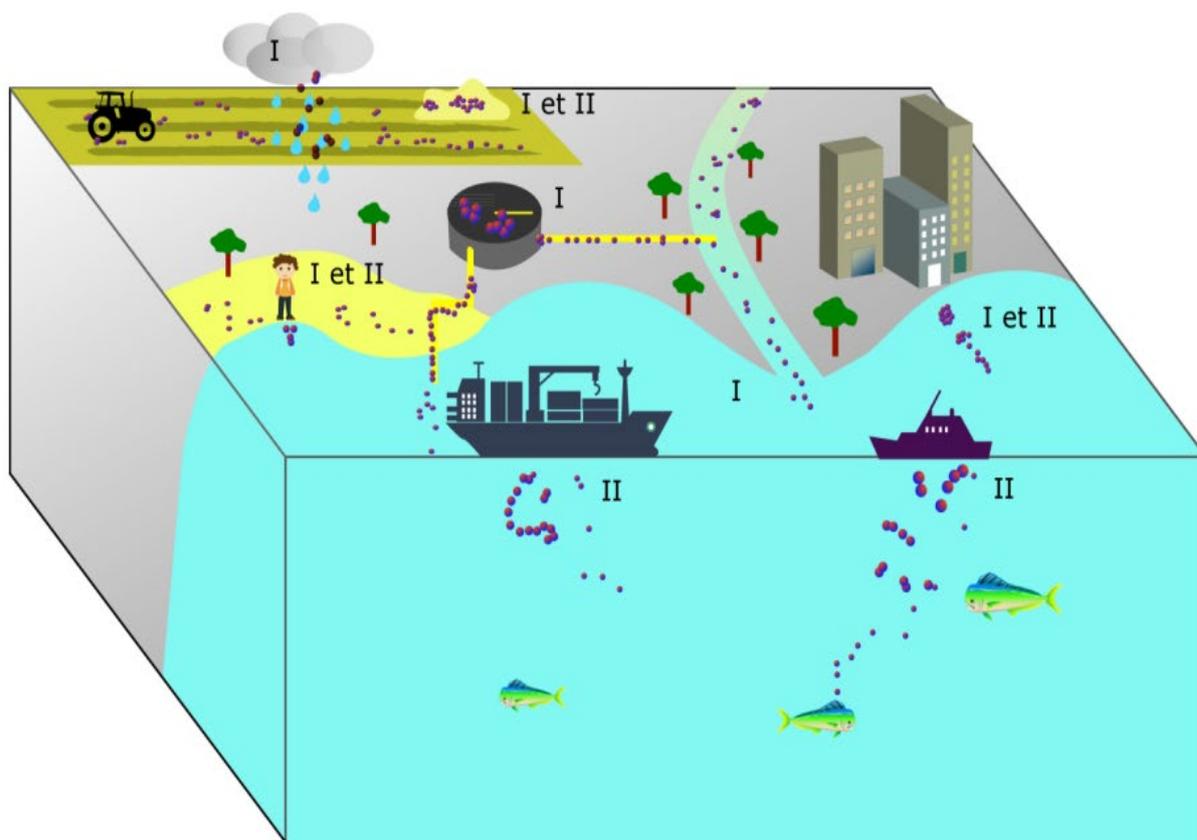


Figure 01 : Schéma représentant les sources primaires et secondaires des microplastiques dans l'environnement marin. I correspond à des sources primaires et II à des sources secondaires de microplastiques.

4.2. La dispersion du plastique et du microplastique en mer

Les plastiques et les micro-plastiques sont clairement présents dans l'environnement à toutes les étapes du cycle de vie des polymères. En mer, ils proviennent principalement de sources continentales telles que les fleuves et rivières, les effluents de traitement des eaux et leurs déverses, les activités de loisirs sur la côte, les décharges illégales sur la côte ou près des fleuves, ainsi que le ruissellement. (Francois et al., 2020) (Figure 02).



Figure 02 : Les activités littorales de loisir, la pêche et les décharges illégales sont les principales sources de plastique en mer (photo originale).

En mer, l'origine des déchets est liée au trafic maritime, en particulier des pertes volontaires ou accidentelles (conteneurs, ballasts, cargaisons), de l'exploration et de l'exploitation pétrolière et minière, ainsi que des activités professionnelles de la pêche et de l'aquaculture. Dans certaines régions, la totalité des déchets sont issus de la pêche, y compris les pertes d'engins de capture (cordages, filets, casiers, etc.), peut atteindre plus de 600 000 tonnes par an, avec certains auteurs estimant leur part à 70% des déchets flottants. **(Francois et al., 2020).**

4.3. L'impact des Microplastiques sur la biodiversité Marine

Les microplastiques sont très petits, ce qui leur permet d'interagir avec une grande variété d'organismes marins. Les cétacés, les mollusques, le plancton ou les poissons peuvent les ingérer par filtration et ainsi rejoindre la chaîne alimentaire. Le souci réside dans le fait que le plastique n'est pas inerte, car il renferme des additifs chimiques susceptibles de perturber l'équilibre hormonal et la capacité de l'animal à absorber l'énergie de son alimentation **(Sussarellu et al.2016)**, Cela entraîne directement un stress cellulaire **(Paul-pont et al. 2016)**, causer du cancer ou de provoquer des réactions toxiques. Les effets les plus préoccupants sur les espèces marines sont des difficultés de croissance ou de fertilité ainsi que la mortalité.

5. Les différentes méthodes d'identification des microplastiques.

Selon **Romeo (2015)**, il existe différentes méthodes pour caractériser et quantifier les plastiques dans les matrices végétales et animales, allant des méthodes peu coûteuses et simples à mettre en place aux méthodes onéreuses qui nécessitent des équipements sophistiqués, et qui offrent des résultats fiables et précis. Les méthodes employées (développées ci-dessous) permettent d'identifier et d'évaluer des MPs significativement présents dans les matrices biologiques.

A. La stéréomicroscopie et la microscopie optique

La stéréomicroscopie est une loupe binoculaire qui augmente l'image (par exemple, fois 16), permet d'identifier les microplastiques de taille inférieure à 1 mm et limitée à 100 μm (**Bayard et al., 2021**). Cette méthode permet de distinguer les fibres biologiques des particules plastiques. Différentes propositions ont été faites par (**Norén, 2007**) : Les fibres synthétiques présentent la même épaisseur sur toute leur longueur, tandis que les fibres organiques ne sont pas entièrement droites. Aucune cellule ou structure organique n'est visible sur le plastique, ce qui nécessite une étude plus attentive des particules transparentes ou vertes.

On utilise fréquemment l'approche à l'œil nu pour visualiser et caractériser les MPs, car elle est pratique et simple à mettre en œuvre. Les particules visibles à l'œil nu (supérieure à 500 μm) sont séparées manuellement en fonction de leur taille, de leur couleur et de leur forme de plastique, puis elles sont enregistrées. Même si la détection optique est abordable et facile à utiliser, elle ne peut pas être considérée comme une méthode d'identification standard, car le comptage manuel ou microscopique est peu fiable et peut causer des erreurs de calcul (**Renner et al., 2018**).

B. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

La méthode de spectroscopie FTIR (InfraRouge à Transformée de Fourier) permet d'identifier la nature des particules observées sur les filtres (**Angèle et al., 2023**). C'est une technique de mesure basée sur l'analyse d'un rayonnement infrarouge à travers l'échantillon (**Figure 03**). Elle permet de réaliser une topographie des fonctions chimiques présentes dans le matériau en détectant les vibrations caractéristiques des liaisons chimiques. Le dispositif produit un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde (infrarouge) (**Movasaghi &**

Rehman, 2008). Il est possible d'identifier ces particules en effectuant 25 acquisitions de 4000 à 600 cm^{-1} afin d'obtenir un spectre par particule. La comparaison de l'identification avec des bases de données est effectuée et est considérée comme valide si la similitude est supérieure à 70% (**Angèle et al., 2023**).

Selon **Silva et al. (2018)**, la spectroscopie FTIR est principalement employée pour les particules mesurant plus de 20 μm , tandis que d'autres méthodes sont privilégiées pour les particules plus petites.

FTIR est utilisée depuis 2004 pour identifier les microplastiques. Les polymères sont détectés grâce à cette méthode, qui utilise la mesure des variations dans les groupes fonctionnels lorsqu'ils absorbent la lumière infrarouge (**Thompson, 2004**).

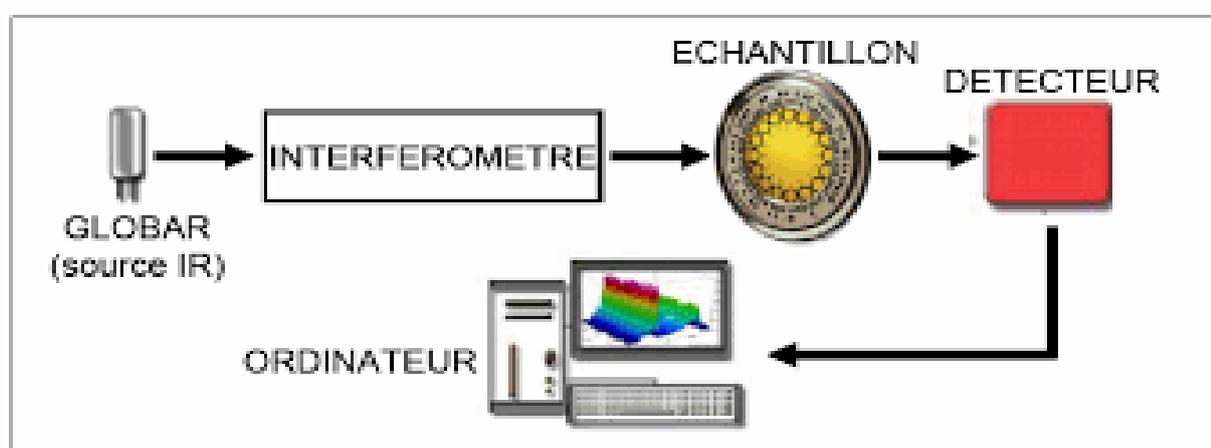


Figure 03 : Schéma théorique de fonctionnement de la spectroscopie FTIR (Movasaghi & Rehman, 2008).

C. La spectroscopie Raman

La spectroscopie Raman est une technique non destructrice qui permet d'identifier les structures externes d'une particule sans la détruire. La détection se fait en envoyant un faisceau lumineux monochromatique (longueur d'onde : 500-800 nm) sur un échantillon. La variation de fréquence de la lumière renvoyée dans le système d'analyse est due à l'interaction entre le faisceau lumineux et l'échantillon. On appelle cette distinction « l'effet Raman », qui est spécifique à chaque molécule (**Löder et Gerdts, 2015**) (**figure 04**). Étant donné que les polymères de plastiques présentent des spectres Raman particuliers, l'identification est effectuée en comparant ces spectres avec des spectres de référence.

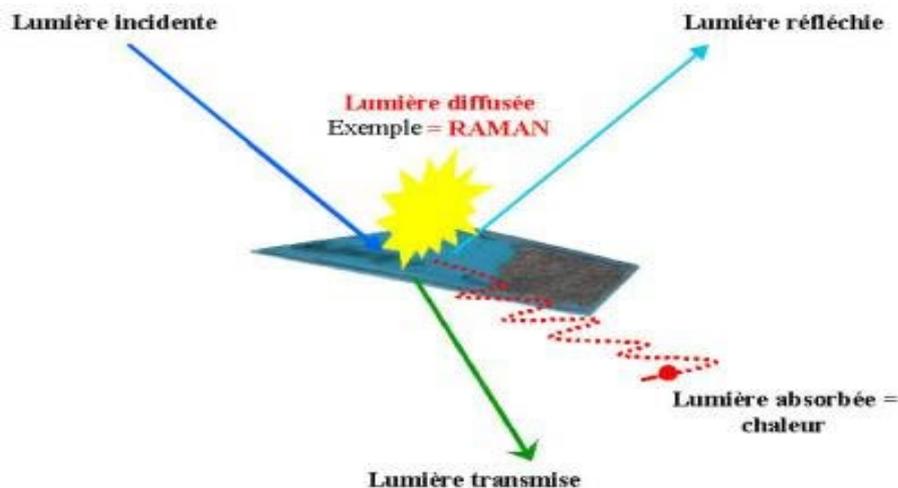


Figure 04 : le principe de la spectroscopie Raman.

La spectroscopie Raman a permis de repérer les familles de plastiques dans les sédiments (Van Cauwenberghe *et al.*, 2013), dans les océans (Lusher *et al.*, 2014 ; Enders *et al.*, 2015) ou dans les organismes marins (Murray et Cowie, 2011 ; Cole *et al.*, 2013 ; Goldstein et Goodwin, 2013 ; Van Cauwenberghe et Janssen, 2014). Un travail récent a tenté de comparer l'identification visuelle des MPs à celle effectuée par spectroscopie Raman. Seulement 68% des particules identifiées visuellement comme des MPs sont en réalité des plastiques (Lenz *et al.*, 2015). De plus, l'identification visuelle est possible avec des particules de plus grosse taille, de l'ordre du millimètre. Le succès de l'identification visuelle dépend essentiellement de la couleur des particules. En outre, les additifs pigmentaires utilisés dans les plastiques peuvent dissimuler le signal du polymère (Imhof *et al.*, 2016 ; Oßmann *et al.*, 2018).

Le spectre des vibrations d'une molécule (« empreinte moléculaire ») est défini par les spectroscopies FTIR et Raman afin d'identifier une substance. Toutefois, l'utilisation de la spectroscopie Raman offre des données supplémentaires concernant les modes de fréquence plus bas et les vibrations typiques des réseaux cristallins et des structures moléculaires (Lewis *et al.*, 2001).

D. La microscopie électronique à balayage (MEB)

La technique de microscopie électronique à balayage permet de générer des images en haute résolution de la surface d'un échantillon en se basant sur le principe des interactions entre les électrons et la matière (Regourd & Hornain, 1975). Ce procédé est couramment employé

dans le domaine de la recherche afin de détecter les microplastiques. Le MEB est utilisé pour étudier la morphologie des MPs (Vernon-Parry, 2000).

Au sein d'un microscope électronique à balayage, un faisceau électronique parcourt la surface d'un corps. L'interaction électron-matière génère alors plusieurs types d'émissions, comme le montre le schéma simplifié ci-contre (Figure 05). Les électrons secondaires permettent d'imager la surface de l'échantillon, avec un contraste topographique, et les électrons rétrodiffusés donnent une image avec un contraste chimique sur une surface plane (Regourd et Hornain, 1975).

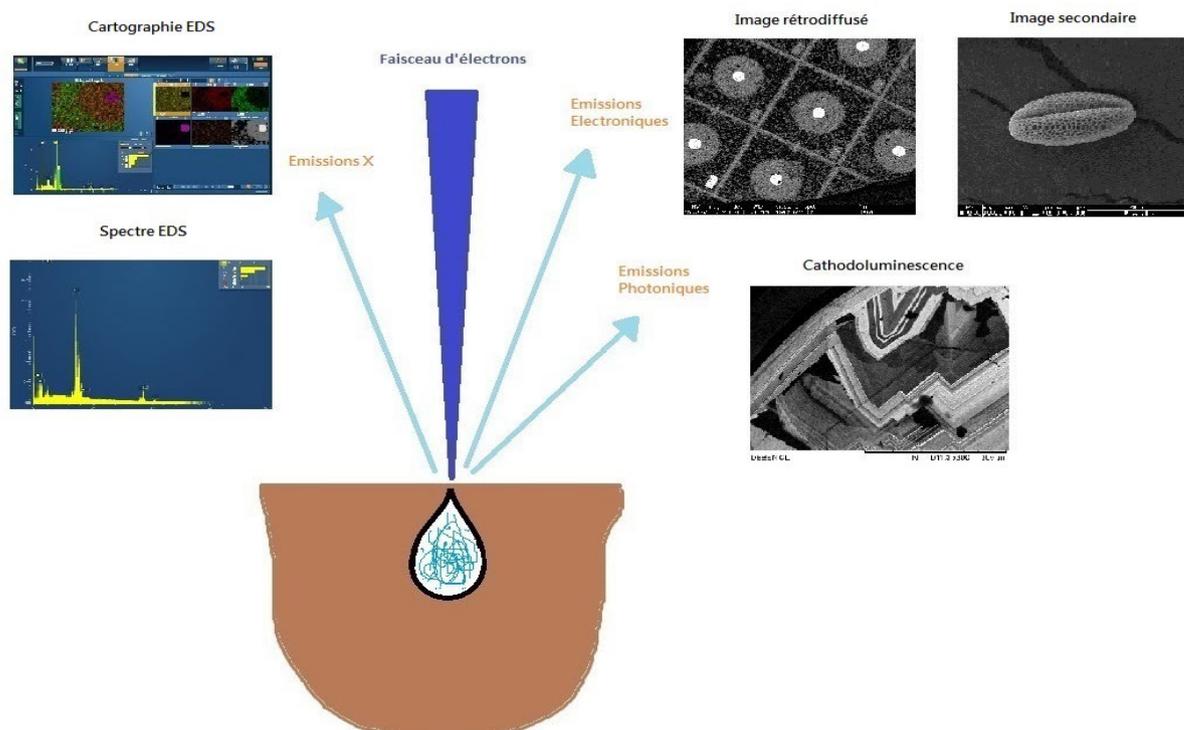


Figure 05 : Principe de microscopie électronique à balayage (Regourd & ornain, 1975).

E. Les méthodes thermiques d'analyse

L'analyse thermo-analytique est une méthode d'analyse thermique qui permet de mesurer la fluctuation des propriétés Physiques ou chimiques d'un échantillon au fil du temps, tant pour une température que pour un Profil de température spécifique (Baitalow et al., 2002).

Grâce à cette méthode, il est possible d'identifier le type de polymère et de détecter les composés organiques, les additifs et les gaz présents dans la formulation complexe (**La Nasa et al., 2020**).

Les approches thermo-analytiques qui utilisent des produits de dégradation courants comme composés indicateurs présentent des perspectives prometteuses pour évaluer les MP. Il est essentiel que ces composés indicateurs soient adaptés aux divers polymères, et d'établir une corrélation linéaire entre la masse du polymère et la quantité de composé indicateur libérée lors de la dégradation thermique (**Figure 06**). On peut quantifier indirectement les polymères en utilisant le signal du détecteur des composés indicateurs en utilisant des courbes d'étalonnage. Toutefois, étant donné que certains de ces produits de dégradation peuvent aussi être fabriqués à partir d'éléments de la matrice présents dans l'échantillon biologique, il est nécessaire d'évaluer la sélectivité des composés indicateurs (**Fries et al., 2013**).

F. L'imagerie hyperspectrale (HSI)

L'imagerie hyperspectrale, également appelée spectro-imagerie, est une méthode qui permet d'obtenir l'image d'une scène dans un grand nombre de bandes spectrales étroites et contiguës. En cas contraire, elle transmet les données spatiales et spectrales de chaque pixel de l'image, ce qui permet d'identifier une molécule, un matériau ou un tissu grâce à sa signature spectrale spécifique. En effet, la lumière qui touche chaque pixel est divisée en différentes bandes spectrales pour donner davantage d'informations sur ce qui est représenté (**Heirman, 2020**). Cette technique novatrice utilisée pour la détection des microplastiques (MPs) (**Shan et al., 2018**).

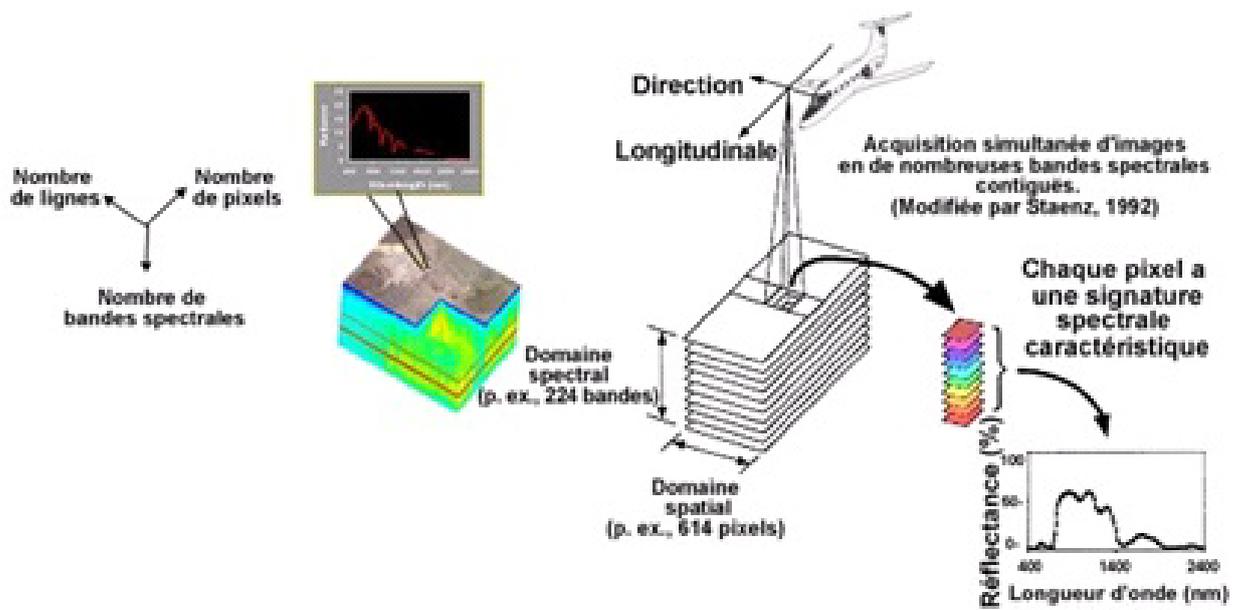


Figure 06 : Principe de la spectro-imagerie.



Chapitre II :

Matériels

et

Méthode



1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Bejaia, située dans le Centre-Est de l'Algérie, couvre une superficie de 3261,26 km². Sa côte est orientée Ouest-Est et s'étend sur plus de 100 km, alternant entre des criques rocheuses et des plages de sables fins (ANONYME, 2013).

La wilaya de Bejaia présente d'un climat méditerranéen typique doux, humide, pluvieux pendant la saison d'hiver ; sec et chaud durant l'été.

Notre étude a été réalisée au niveau de trois sites très distinctes : Aiguades, Melbou, Ache El-Baz (figure 07).

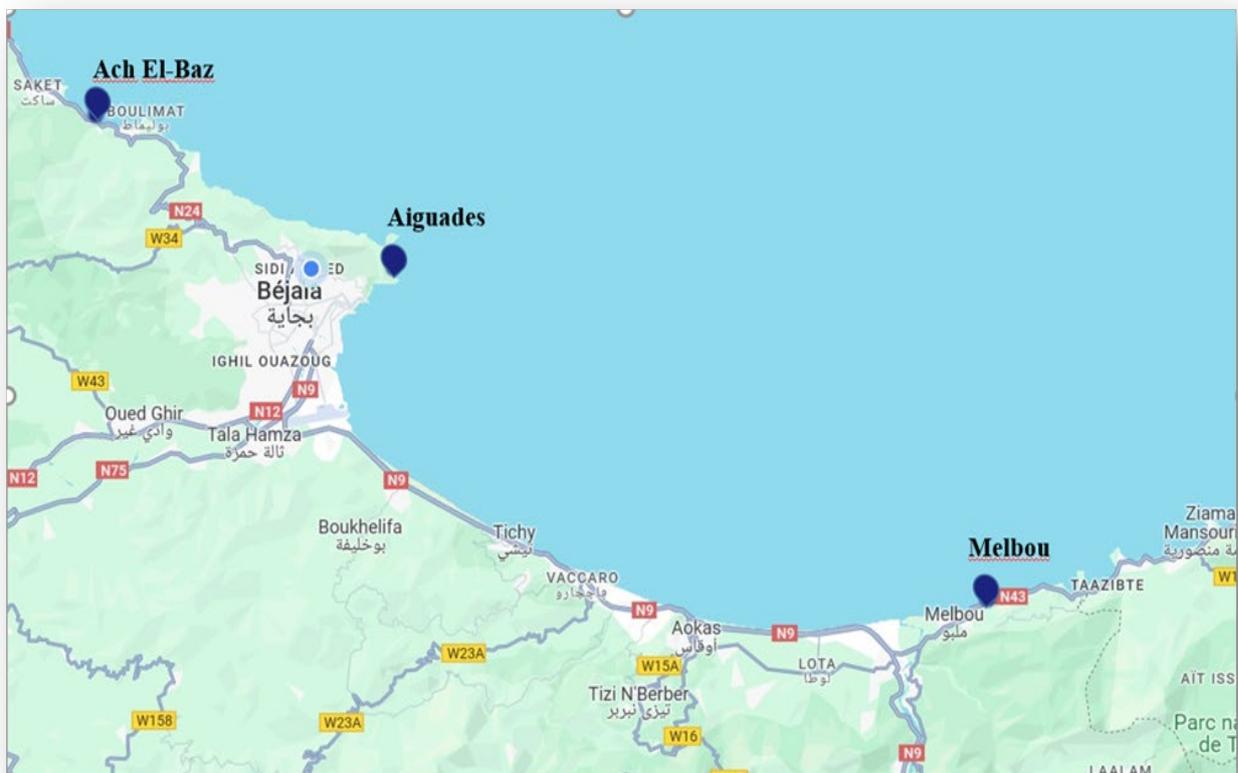


Figure 07 : Présentation de la zone d'étude (Google Earth, 2024).

1.1. Aiguades

C'est le premier site d'échantillonnage, située entre le cap Bouak et la pointe noire. Elle est située dans le périmètre du Parc National de Gouraya, occupant le massif montagneux qui domine, au Nord-ouest la ville de Béjaïa et située au bord de la Méditerranée (figure 08).



Figure 08 : Photo du premier site d'échantillonnage Aiguades (Photo originale).

1.2. Les falaises du Melbou

Le deuxième site prospecté est situé dans la commune de Melbou (falaises de Melbou). Celui-ci est situé à environ 35 km à l'est de Bejaia et à 60 km à l'ouest de Jijel. C'est une station exposée au nord, caractérisée par un substrat rocheux et granuleux. Les échantillons ont été récoltés à 1km de l'embouchure de l'oued Melbou, et de 4km de l'oued Agerioun, ce qui confère à cette station une caractéristique assez spéciale du point de vue de la pollution (**figure 09**).



Figure 09 : Photo du deuxième site d'échantillonnage Melbou (Photo originale).

1.3. Ach El-Baz

Le troisième site considéré est localisé au niveau du lieudit Ach El-Baz. Celui-ci distant d'environ 21 Km à l'ouest de Bejaia (**figure10**).



Figure 10 : Photo du troisième site d'échantillonnage Ach El-Baz (Photo originale).

2. Echantillonnage des oursins

Pendant une période de quatre mois, de février à mai 2024, une campagne d'échantillonnage a été menée pour collecter 120 individus d'oursins. Chaque site a contribué avec 40 individus (20 mâles et 20 femelles dans chaque site), appartenant à deux espèces distinctes : l'oursin noir (*Arbacia lixula*) et l'oursin violet (*Paracentrotus lividus*) (Figure 11).



Figure 11 : photo de *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* (Photo originale).

Les échantillons ont été collectés à une distance supérieure à deux mètres de la plage, à des profondeurs allant de 50 cm à 180 cm. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une canne et un salabre de pêche. Les oursins ont été acheminés au laboratoire dans un seau en plastique contenant de l'eau de mer, afin de les maintenir en vie (Figure 12)



Figure 12 : Les outils utilisés pour l'échantillonnage (Photo originale).

2.1. Descriptions des espèces

Les oursins (Echinodermata : Echinoidea) sont considérés comme des espèces clés d'invertébrés marins en mer Méditerranée. Rivages rocheux infralittoraux qui peuvent altérer les ressources algales et donc les assemblages épibenthiques associés du fait de leurs activités de pâturage et à filtrer l'eau de mer des matières organiques et des micros organismes (Guidetti et al., 2004 ; Hereu et al., 2012 Elmasry et al., 2013 ; Bulleri et al., 2013).

Paracentrotus lividus et *Arbacia lixula* ce sont des herbivores benthiques. Ils se nourrissent principalement d'algues, y compris les algues encroûtantes. Au sein des invertébrés marins de la zone tempérée, il est considéré comme l'un des principaux "broueteurs". *P. lividus* broute également la posidonie et peut, occasionnellement, consommer des éponges.

De plus, l'oursin a une autre astuce pour se nourrir : il peut agglutiner les particules organiques en suspension dans l'eau environnante grâce à ses longs tubes ambulacraires terminés en ventouse (surtout ceux situés sur la face ventrale). Ces particules sont ensuite ramenées vers sa bouche. Enfin, il ne dédaigne pas grignoter de petits invertébrés pour compléter son régime.

Paracentrotus lividus est une espèce d'oursin dont le diamètre peut atteindre 8 cm. Ses piquants, lisses et épais, mesurent généralement entre 3 et 5 cm de long et sont de couleur violette, verte ou brune. Le test est arrondi (contour circulaire), peu élevé, aplati en face

ventrale. Sa forme arrondie, avec la présence de piquants sur une large surface autour de la bouche (**González-Suárez et al., 2022**).

Arbacia lixula est une espèce d'oursin dont le diamètre peut atteindre 11 cm. Il est parfois surnommé à tort l'oursin mâle. Ses piquants, lisses et pointus, sont de couleur très sombre (noir), mais parfois varié entre le brun chocolat et le noir violacé intense. Les piquants de la face inférieure (orale) sont souvent d'un brun clair. Sa forme plus aplatie et hémisphérique, l'absence de piquants sur une large surface autour de la bouche.

Tableau I : classification d'oursin noir et violet.

Classification	<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)	<i>Arbacia lixula</i> (Linné, 1758)
Embranchement	Echinodermata	Echinodermata
Sous- embranchement	Echinozoa	Echinozoa
Classe	Echinoidea	Echinoidea
Sous- classe	Euechinoidea	Euechinoidea
Ordre	Camarodonta	Arbacioida
Famille	Parechinidae	Arbaciidae
Genre	Paracentrotus	Arbacia
Espèce	<i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Arbacia lixula</i>

3. Détermination du sexe

Sur le site d'échantillonnage, le sexe des oursins a été déterminé de deux manières différentes. La première technique la plus simple est de les installer à l'envers de taille appropriée. L'émission des produits génitaux se fait en principe spontanément (la plupart des oursins noirs étaient considérés comme des mâles et les violets comme majoritairement des femelles). Cependant, cette méthode n'était pas toujours fiable, ce qui a conduit à l'utilisation d'une deuxième méthode considérée comme plus précise est d'installer les oursins à l'envers, le pole aboral vers le bas, sur des boites de taille approprié remplies avec l'eau de mer, en injectant à travers la membrane péribuccale quelques millilitres de KCl à 0,53 M. les oursins sécrètent leurs produits génitaux par les voies naturelles (les femelles libère un produit génital orangé et le mâle, un produit blanchâtre) (**figure 13**).

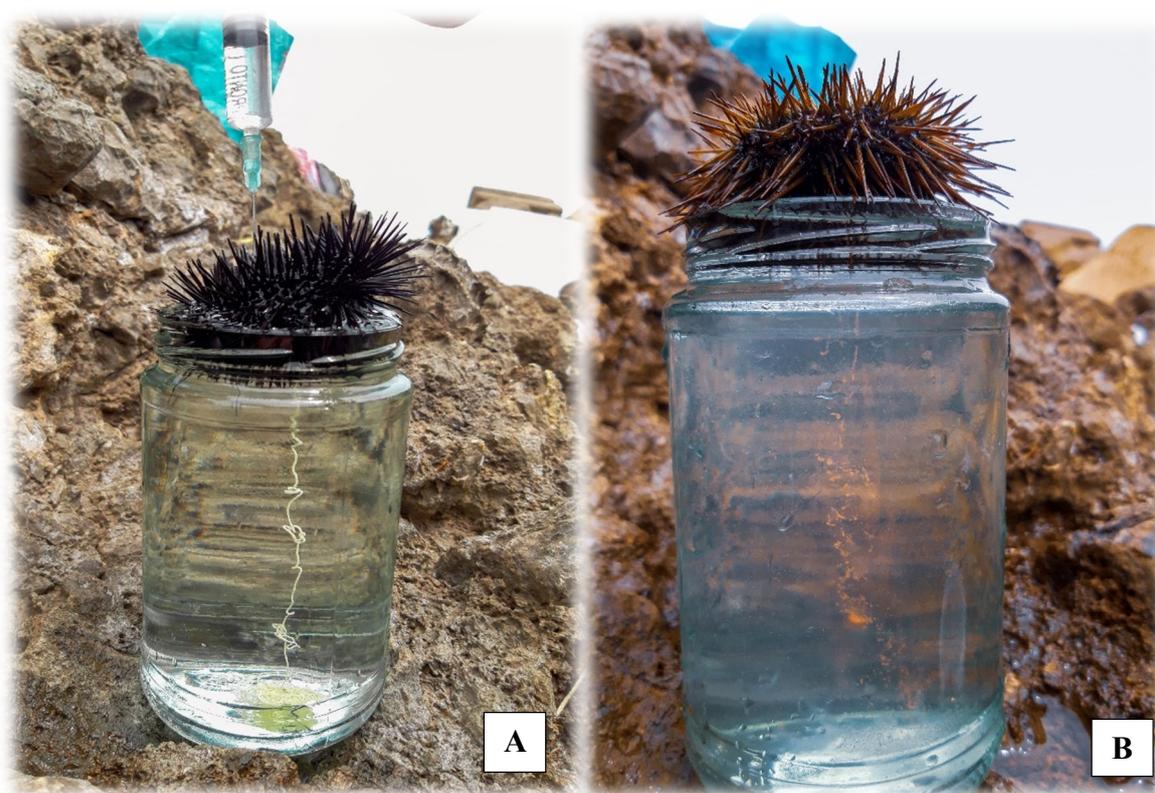


Figure 13 : détermination de sexe d'oursin : A. male, B. femelle (Photo originale).

4. Mesure du poids

L'un des paramètres que nous avons mesurés dans notre étude biométrique a été obtenu à l'aide d'une balance de précision Scout Pro (**Figure 14**).



Figure 14 : pesage du poids d'oursin (Photo originale).

Le poids moyen des oursins est calculer, il est de 66,53g.

5. La dissection des oursins

Après avoir pesé les oursins, nous les avons disséqués verticalement pour retirer les intestins tout en préservant leur intégrité (**Figure 15**).

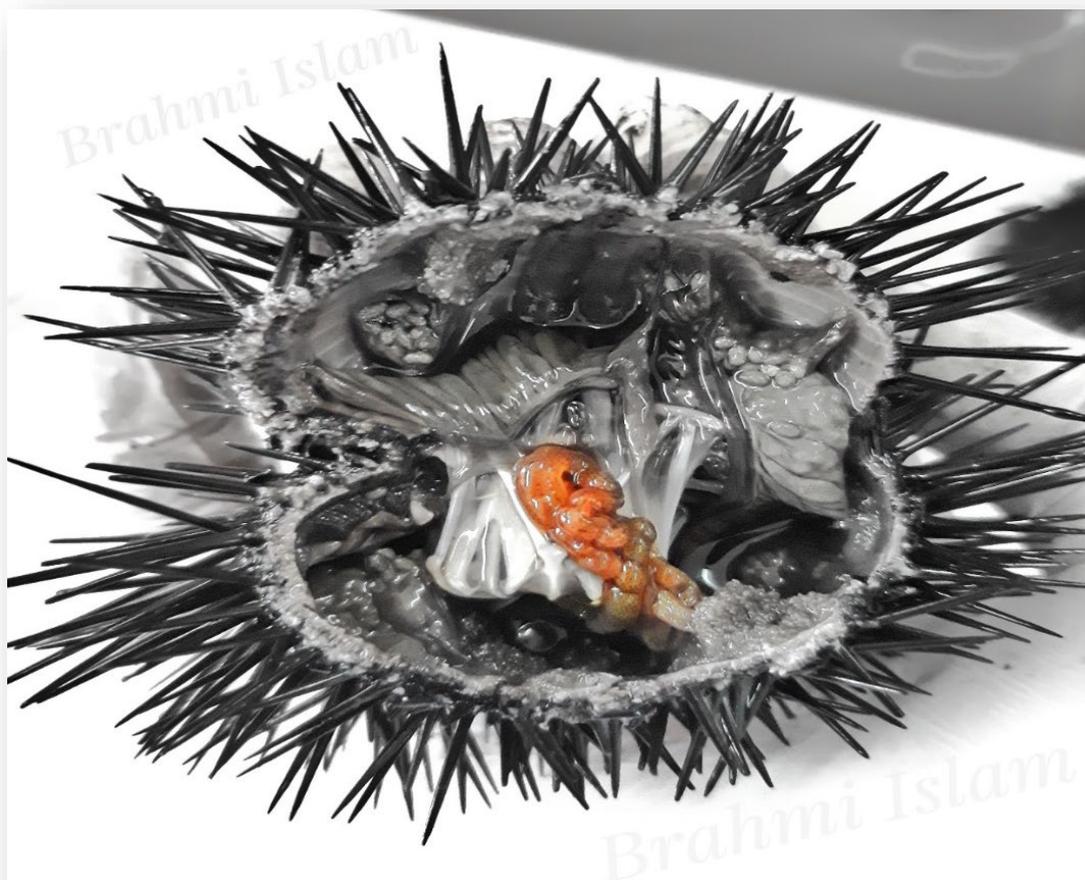


Figure 15 : l'intestin d'oursin (Photo originale).

6. Le poids des intestins

Après avoir réalisé la résection intestinale totale, nous pesons les échantillons à l'aide d'une mini balance laboratoire portefeuille 100g / 0,01g (**Figure 16**), ensuite, nous plaçons les intestins dans des boîtes de Pétrie en verre étiquetés, avec cinq intestins dans chaque boîte (les intestins des mâles et des femelles soient séparés).



Figure 16 : pesage de l'intestin d'oursin (Photo originale).

7. La méthode utilisée pour l'évaluation des micros plastiques

La méthode utilisée est la séparation par densité qui se base sur le principe de flottaison qui dépend uniquement de la masse de l'échantillon, du rapport échantillon/volume et de la densité de la solution, mais cette méthode elle ne permet pas l'élimination complète de la matière organique. C'est là que l'utilisation de la **solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)** entre en jeu. Ce dernier est un puissant agent oxydant. Il peut réagir avec les composés organiques, les dégradant en produits plus simples.

Nous avons choisi cette méthode car elle est simple à mettre en œuvre et économique.

Un fois les intestins prélevés et placés dans des boîtes de Pétrie, on a les disposés dans l'étuve à 50°C pendant une nuit afin d'éliminer l'eau. Cela correspond au processus de séchage des échantillons (**figure 17**). L'objectif de cette étape est d'éliminer les matières organiques et l'eau pour obtenir une matière sèche qui peut être facilement conservée.

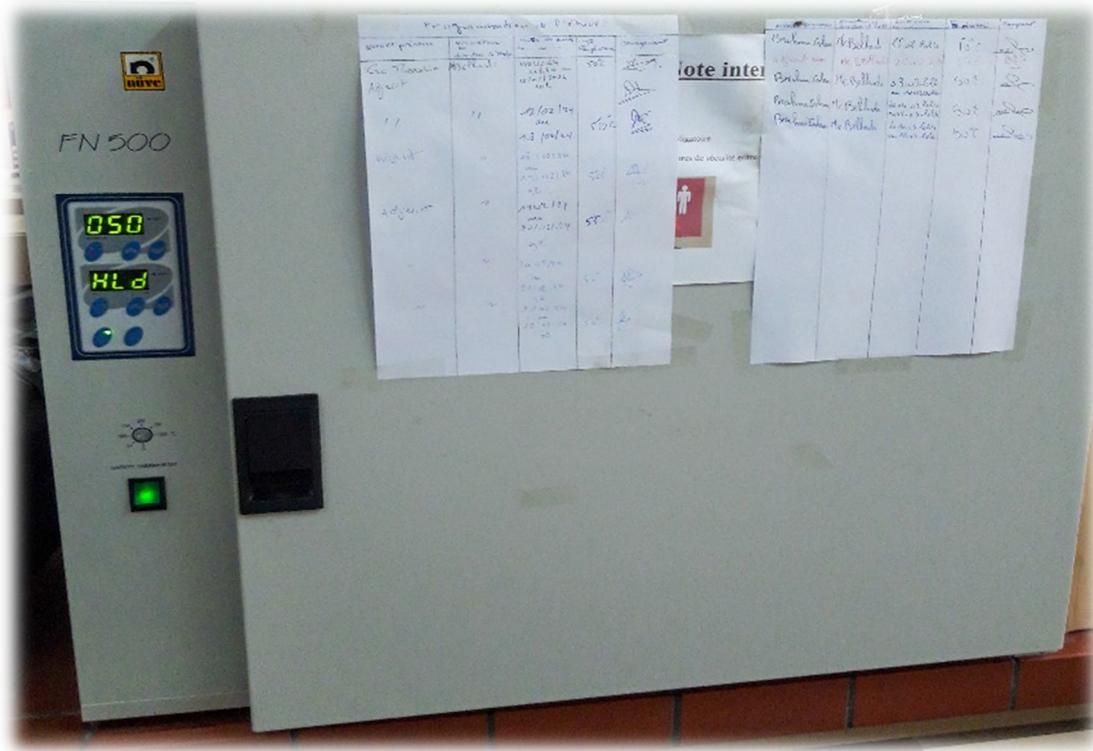


Figure 17 : L'étuve (Photos originales).

Les échantillons bien sèche sont retirés de l'étuve (Figure 18).

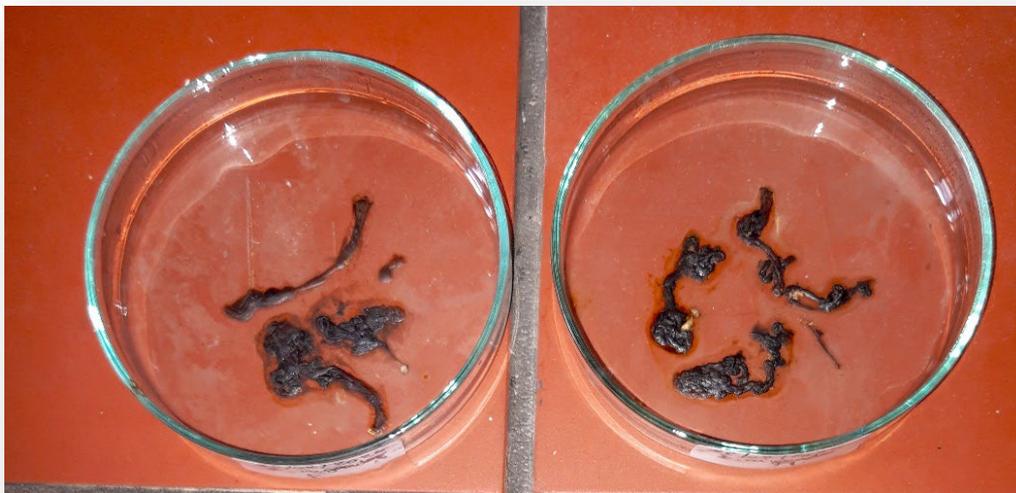


Figure 18 : Les échantillons bien sèche (Photos originales).

Chapitre II

Ensuite, une solution de NaCl saturée est préparée (solution hyper saline) en mélangeant 200ml d'eau distillée avec 70g de sel, puis le mélange est passé à l'agitateur (**figure 19**).



Figure 19 : Les étapes de préparation de la solution hyper saline (Photos originales).

Lorsque nous avons obtenu un mélange homogène de la solution hyper saline, nous ajoutons 50ml de la solution préparée pour chaque échantillon, puis nous effectuons un léger broyage à l'aide d'un broyeur manuel, et nous laissons reposer dix minutes (**figure 20**).



Figure 20 : broyage de l'échantillon (Photos originales).

Après avoir effectué le broyage, nous filtrons les échantillons avec des filtres en microfibrilles placés dans un entonnoir en verre (ces filtres conçus pour capturer les particules fines, y compris les microplastiques) à l'aide d'une pompe à vide de laboratoire. Le liquide passe à travers le filtre. Les microplastiques seront piégés dans le filtre tandis que le liquide passera (**Figure 21**).



Figure 21 : la filtration (Photos originales).

Ensuite, on a gratté doucement la matière piégée sur le filtre à l'aide d'une spatule pour récupérer toute matière restante sur le filtre, et les remettre dans leurs boîtes de Pétrie d'origine.

On rajoute quelques gouttes de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à une concentration 15 % (**Figure 22**). L'objectif de cette étape est la dégradation et l'élimination des microorganismes, améliorant ainsi l'efficacité de la séparation par densité.

Ensuite on remet les échantillons dans l'étuve à 50°C pendant une nuit.

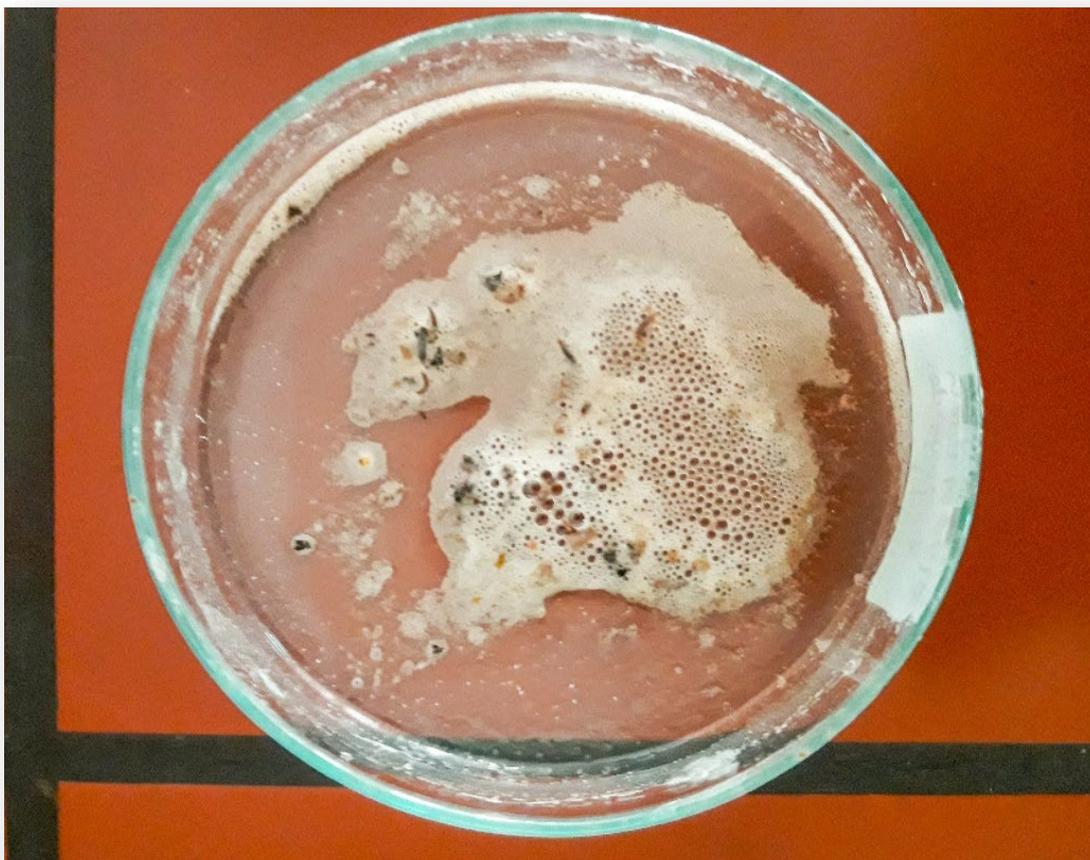


Figure 22 : le processus d'ajout de (H_2 O_2)(Photos originales).

8. L'observation et l'analyse des microplastiques

L'observation a été effectuée en examinant chaque échantillon sous la loupe OPTIKA (Figure 23), et les résultats ont révélé une diversité de formes et de couleurs de microplastiques. Puis en a mesuré leur taille.



Figure 23 : Observation des micros plastiques sous la loupe OPTIKA (Photo originale).



Chapitre III:

Résultat



1- Les différentes formes et couleurs observés

Les résultats de l'observation de nos échantillons avec un stéréomicroscope au grossissement 4x10 ont montré une variété de formes et de teintes de MPs.

A. Les formes retrouvées : des filaments, fragments, films.

B. Les couleurs retrouvées : Rouge, vert, noir, bleu, orange, violet, ainsi que des MPs transparents (**Figure24**).

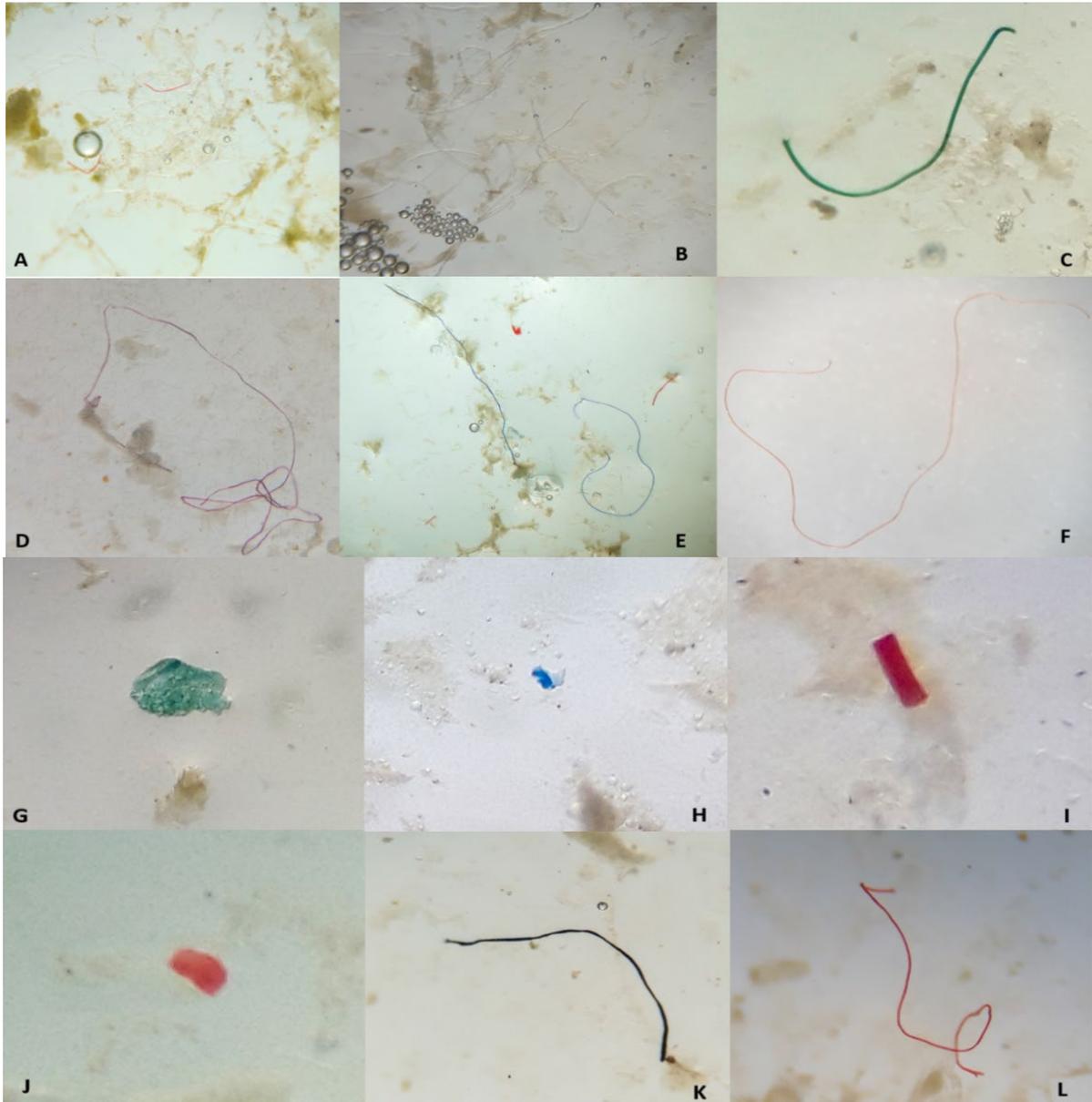


Figure 24 : différents forme et couleurs des MPs sous le stéréomicroscope au grossissement (4x10) : A : amas des filaments transparent et rouge., B : amas des filaments transparents., C : filament vert., D : filament violet., E : filament bleus et rouge, films rouge., un film rouge, F : filament orange., G : fragment vert., H : film bleu., I et J : film rouge., K : filament noire., L : filament rouge.

2- Distribution des microplastiques selon le site et la période d'échantillonnage

La recherche a été réalisée sur 120 individus pendant une période de quatre mois consécutifs, à raison de 30 individus par mois. Finalement, nous avons obtenu de ces individus 1009 microplastiques de différentes couleurs et formes (lors de comptabilisation les MPs, ce dernier est retiré afin qu'ils ne soient pas comptés plusieurs fois, et pour assurer des résultats fiables), ce qui fait que le nombre et le pourcentage de MPs diffèrent d'un sexe à l'autre, d'un site à l'autre et d'un mois à l'autre. C'est ce que le tableau II illustre.

Tableau II : Le nombre et le pourcentage des micros plastiques chez les oursins par période et par site

Période Site		Février	Mars	Avril	Mai	Totales	% des MPs
		Aiguades	Male	20	22	44	21
	Femelle	36	44	49	31	160	15,86%
Melbou	Male	44	77	39	41	201	19,92%
	Femelle	59	82	60	47	248	24,58%
Ache El-Baz	Male	29	33	47	25	134	13,28%
	Femelle	33	41	51	34	159	15,76%
Totales		221	299	290	199	1009	
% des MPs		21,90%	29,64%	28,74%	19,72%		

D'après le tableau, il est évident que les teneurs varient, en particulier entre les mâles et les femelles, selon les mois et le site d'échantillonnage. De sorte que le plus grand nombre de MPs est observé chez les femelles du site de Melbou avec une valeur de 82 MPs en mars, tandis que le plus faible nombre est obtenu chez les mâles de Aiguades avec une valeur de 20 MPs en février. De plus, les oursins de Melbou présentent un taux maximal de MPs avec 29,64% pendant la période d'échantillonnage de mois de Mars. Le taux minimal est enregistré chez les oursins des Aiguades avec 21,90% au mois de Février. En outre, le taux de MPs chez les femelles du site de Melbou est supérieur à celui des autres sites, avec une estimation de 24,58%, tandis que le taux le plus bas est estimé à 10,60% chez les mâles du site des Aiguades.

3- Distribution des microplastiques selon le sexe

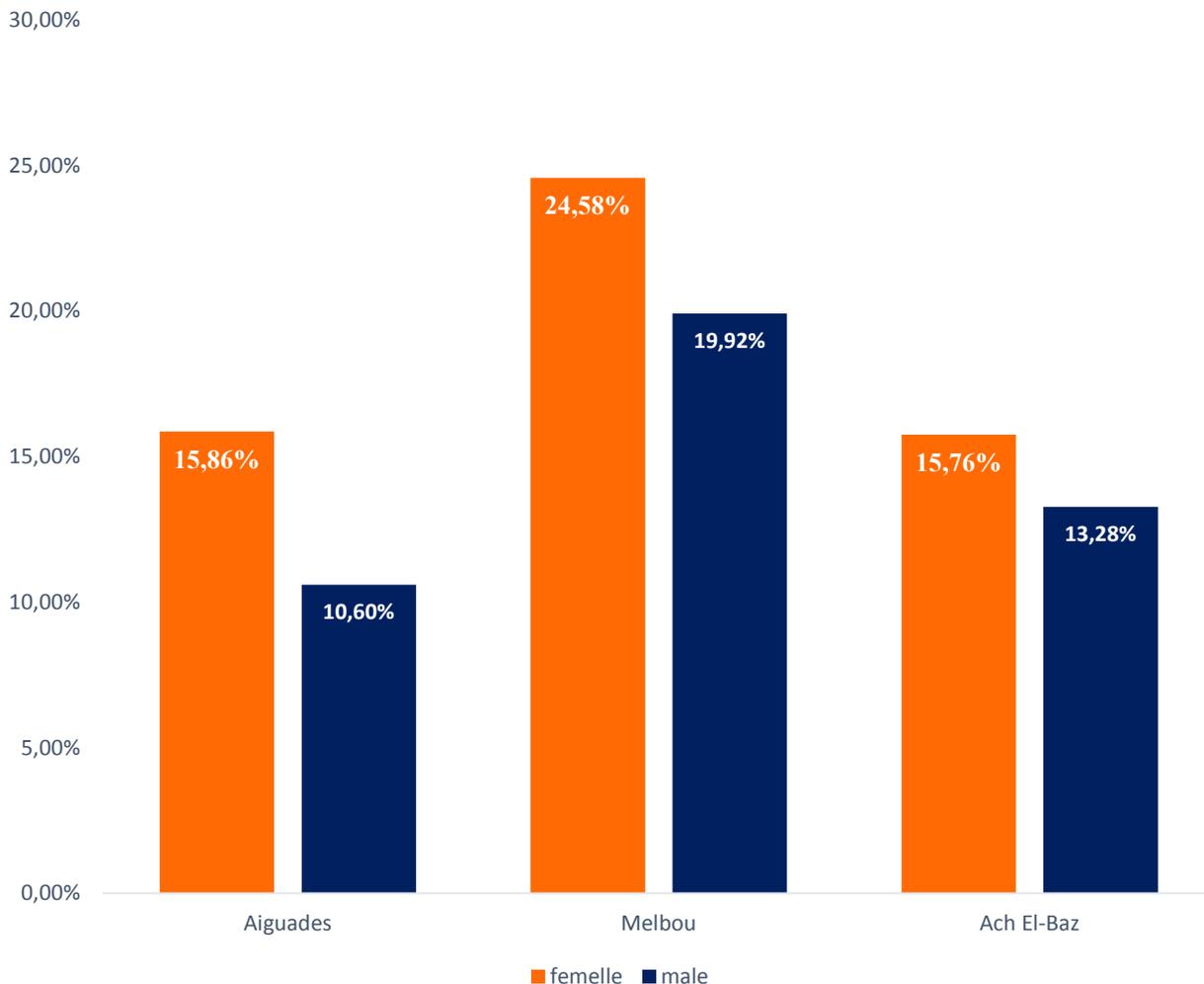


Figure 25 : diagramme a bandes représentant le pourcentage des micros plastiques selon le sexe.

Selon le diagramme à bandes, les femelles présentent un pourcentage de MPs plus élevé que les mâles dans tous les sites. Ainsi, les femelles de la région de Melbou ont enregistré le plus grand pourcentage de MPs avec 24,58%, tandis que les mâles de la région des Aiguades ont enregistré le plus faible pourcentage de MPs avec 10,60%.

Les MPs sont plus fréquents chez les femelles que chez les mâles, comme le montre le diagramme dans (Figure 26).

% DES MPS

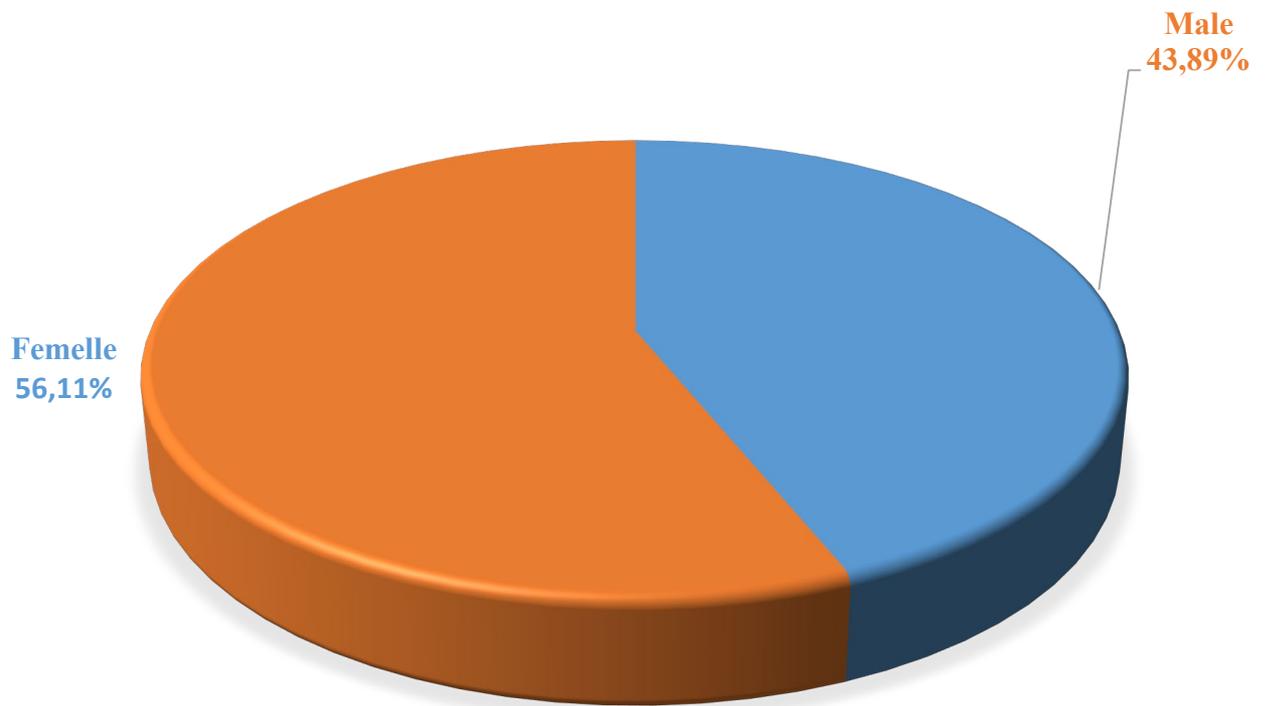


Figure 26 : Diagramme circulaire représentant le pourcentage des MPs selon le sexe.

Selon le diagramme, les femelles sont les plus contaminées par rapport aux mâles par les microplastiques.

4- Distribution des microplastiques selon la masse intestinale des oursins

Lors de notre étude, nous avons pesé les intestins de chaque individu et calculé le poids moyen des intestins par mois et par sexe. Les résultats sont résumés dans le tableau numéro III.

Tableau III : le poids moyen des intestins selon la période et le site en gramme (g)

		Février	Mars	Avril	Mai
Aiguades	Mâles	0,3	0,32	0,4	0,26
	Femelles	0,38	0,27	0,3	0,21
Melbou	Mâles	0,3	0,4	0,34	0,41
	Femelles	0,27	0,33	0,3	0,22
Ache El_Baz	Mâles	0,31	0,35	0,3	0,28
	Femelles	0,22	0,26	0,26	0,27

Le tableau présente le poids moyen des intestins selon la période et selon le site chez les mâles et femelles d'oursins étudiés.

Lors de notre étude, nous avons observé des variations significatives dans le poids moyen des intestins entre les mâles et les femelles en fonction du site et de la période d'échantillonnage. Ainsi, le poids moyen des intestins est compris entre une valeur maximale et minimale de **0,41 g** et **0,21 g** respectivement. De plus, il est intéressant de noter que de manière générale, le poids moyen des intestins chez les mâles est plus élevé que chez les femelles, ces variations dépendaient à la fois du site d'étude et de la période de l'échantillonnage.

- La densité moyenne (DM) maximale et minimale des microplastiques par rapport au poids intestinal moyen (PIM) a été calculée en divisant respectivement le nombre moyen de MPs par le poids moyen des intestins. Cette méthode a permis d'obtenir les résultats pour chaque site d'échantillonnage (**Tableau IV**).

Tableau IV : La densité moyenne (DM) maximale et minimale des microplastiques.

Périodes		Février	Mars	Avril	Mai
Site					
Aiguades	Mâle	13,33 MPs/g	13,75 MPs/g	21,25 MPs/g	16,15 MPs/g
	Femelle	18,94 MPs/g	32,59 MPs/g	32,66 MPs/g	29,52 MPs/g
Melbou	Mâle	29,33 MPs/g	38,50 MPs/g	22,94 MPs/g	20 MPs/g
	Femelle	37,77 MPs/g	49,70 MPs/g	42,7 MPs/g	40 MPs/g
Ache El-Baz	Mâle	18,71 MPs/g	18,86 MPs/g	31,33 MPs/g	17,86 MPs/g
	Femelle	30 MPs/g	31,54 MPs/g	39,23 MPs/g	25,18 MPs/g

Selon ce tableau, nous avons créé un diagramme à bandes (figure 27).

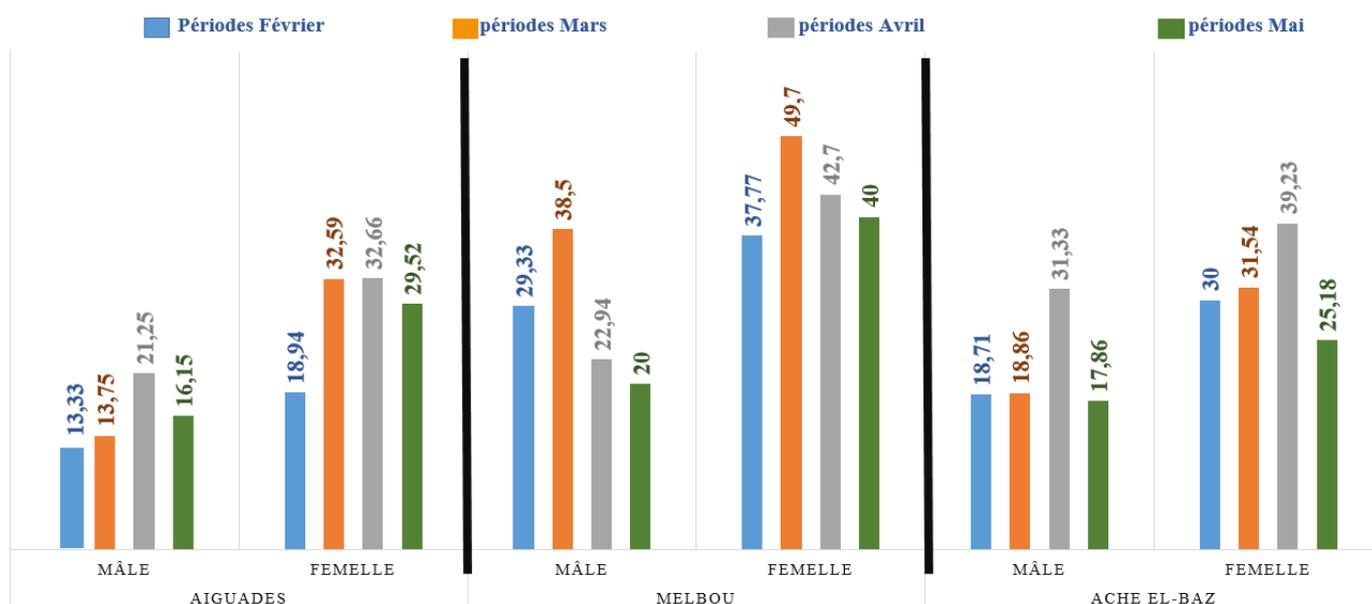


Figure 27 : diagramme a bandes représentant la densité moyenne des MPs/g chez les mâles et les femelles par rapport aux sites et la période.

D'après le diagramme à bande qui illustre la densité des MPs par gramme dans les intestins des oursins, on a observé que les femelles du site de Melbou ont la densité moyenne la plus élevée avec 49,70 MPs/g, tandis que les mâles des Aiguades au mois de février ont la densité moyenne la plus faible avec 13,33 MPs/g.

Ces résultats soulignent l'importance de surveiller et de comprendre la présence des MPs dans les écosystèmes marins.

5- Distribution des microplastiques selon la forme

Lors de l'observation des MPs sous le stéréomicroscope, nous avons identifié trois **formes distinctes** avec des pourcentages différents (**Figure 28**).

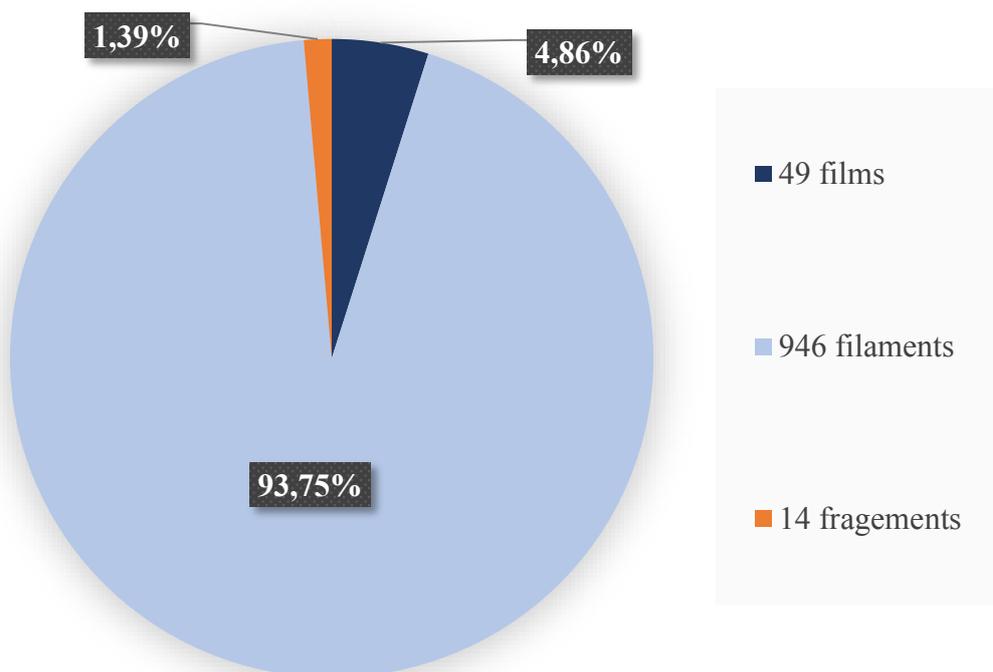


Figure 28 : diagramme circulaire représentant le pourcentage des micro-plastiques selon la forme.

Le diagramme circulaire représentant le pourcentage des MPs selon les formes trouvées.

Parmi un total de 1009 MPs, nous avons identifié les formes suivantes dans les intestins des oursins :

- Filaments : Nous avons trouvé 946 filaments, ce qui représente un taux de 93,75 %. C'est la forme la plus abondante que nous avons observée.
- Films : Nous avons également observé 49 films, soit un taux de 4,86 %.
- Fragments : Enfin, nous avons détecté 14 fragments, correspondant au taux le plus bas que nous avons enregistré, soit 1,39 %.

Donc, les filaments constituent la catégorie la plus prédominante parmi les MPs présents dans les intestins des oursins.

6- Distribution des microplastiques selon leur couleur

Lors de l'observation des MPs sous le stéréomicroscope, nous avons identifié sept couleurs différentes, chacune avec un nombre spécifique d'occurrences. (Figure 29).

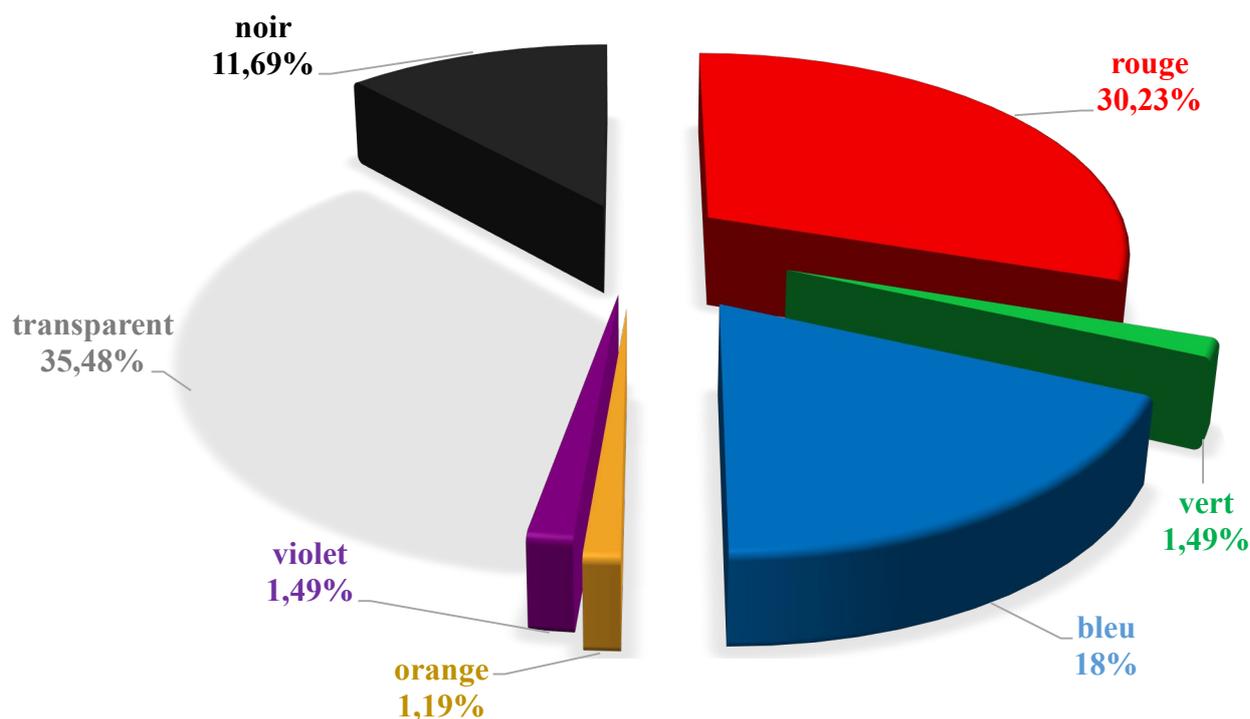


Figure 29 : Diagramme circulaire représentant le pourcentage des micro-plastiques selon leurs couleurs.

Le graphique circulaire illustre la proportion des microplastiques (MPs) selon leurs couleurs. Parmi les sept couleurs identifiées, voici les résultats :

- Les MPs transparents sont les plus abondants, représentant 35,48 % du total.
- En revanche, la couleur orange enregistre le plus faible pourcentage de MPs, avec seulement 1,19 %.

7- Mesurer la taille des MPS

La taille des MPs a été évaluée en utilisant un microscope optique contient des oculaires avec un repère orthogonal et homogène dont l'unité de mesure est le centimètre. Puis, nous avons transformé en millimètres après avoir divisé sur le grossissement (**Figure 30**).

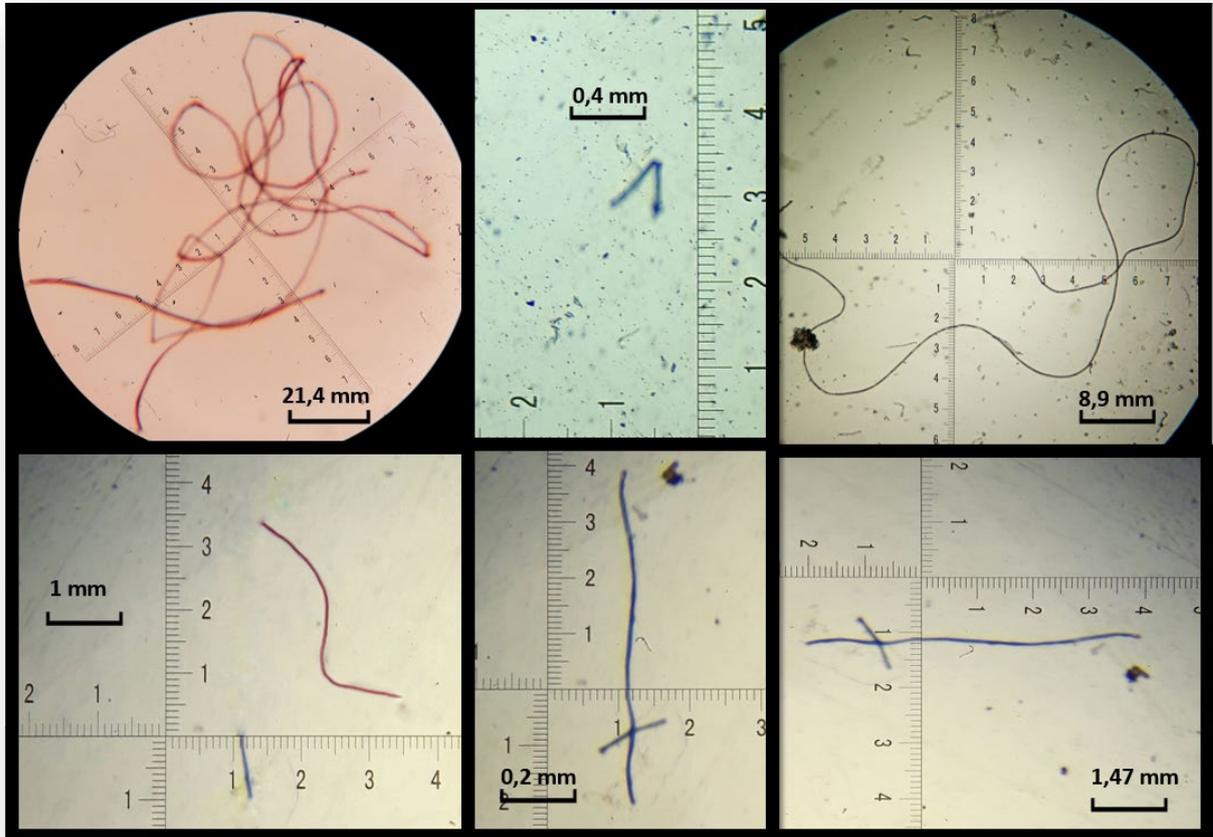


Figure 30 : Les différentes tailles des MPs (Photo originale).

Les résultats obtenus sont les suivants : La dimension des particules de plastique se situe entre deux valeurs minimale et maximale qui sont : 0,2mm et 21,4mm.

Les résultats que nous avons obtenus suggèrent la présence de mésoplastiques, dont le volume dépasse 5 mm. Cela peut avoir des implications importantes pour l'écosystème marin.

Discussion :

Notre étude menée pour évaluation des MPs chez l'oursins *P. lividus* et *A. lixula* de les trois sites différents (les Aiguades, Melbou et AcheEl-Baz), basé sur une démarche d'échantillonnage a durée quatre mois (de février à mai), et d'extraction les tubes digestifs des oursins afin d'évaluer les MPs. Les résultats révèlent une distribution hétérogène des MPs. L'étude menée par **Van der Hal et al.** En **2017** confirme que la zone de Béjaïa est fortement polluée par les microplastiques.

Dans notre étude nous avons obtenu 1009 MPs de différentes couleurs et formes, provenant de 120 oursins de différents sexes.

C'est très remarquable que les femelles de Melbou au mois de mars contiennent la plus grande quantité des MPs avec une valeur de 82 MPs, tandis que le plus faible nombre est obtenu chez les mâles de Aiguades avec une valeur de 20 MPs en février. Cette forte présence de microplastiques au mois de mars chez les femelles est attribuable au fait que c'est le début du printemps où les oursins commencent à se reproduire. Les oursins, en tant que filtreurs, captent des particules alimentaires (y compris les microplastiques) présentes dans l'eau. Leur consommation alimentaire peut augmenter pour répondre à leurs besoins énergétiques accrus pendant la période de reproduction.

De plus, dans chaque site, la présence de MPs est plus fréquente chez les femelles que chez les mâles. En effet, la proportion de MPs est de 56,11 % chez les femelles et de 44,89 % chez les mâles, ce qui démontre que les femelles sont plus contaminées par les MPs que les mâles.

Nous avons constaté des variations significatives dans le poids moyen des intestins entre les mâles et les femelles en fonction du site et de la période d'échantillonnage. Le poids moyen des intestins varie entre 0,41 g (valeur maximale) et 0,21 g (valeur minimale). Nous avons également calculé la densité moyenne (DM) maximale et minimale des MPs par rapport au poids intestinal moyen (PI_m), on a obtenu les résultats suivants :

- Femelles du site de Melbou mois de mars : densité moyenne la plus élevée, avec 49,70 MPs/g ;
- Mâles des Aiguades mois de février : densité moyenne la plus faible, avec 13,33 MPs/g.

La variation observée est attribuable à l'accumulation progressive et à l'amplification des microplastiques dans les chaînes alimentaires, ainsi qu'à leur transfert d'un niveau trophique à un autre (**Farrel et Nelson ,2013**).

Par rapport à la forme, nous avons identifié trois formes distinctes de MPs :

- Filaments : Nous avons trouvé 946 filaments, ce qui représente un taux de 93,75 %. C'est la forme la plus abondante que nous avons observée ;
- Films : Nous avons également observé 49 films, soit un taux de 4,86 % ;
- Fragments : Enfin, nous avons détecté 14 fragments, correspondant au taux le plus bas que nous avons enregistré, soit 1,39 %.

Et par rapport à la couleur, nous avons identifié sept couleurs différentes de MPs (noir, rouge, vert, bleu, orange, violet, et transparent), chacune avec un nombre spécifique d'occurrences : les microplastiques transparents sont les plus abondants représentant 35,48 % du total. En revanche, la couleur orange enregistre le plus faible pourcentage de MPs avec 1,19 %.

Étant donné que nous avons prélevé des échantillons à une profondeur de 50 cm à 180 cm, ils sont considérés comme des échantillons de surface. De plus, les oursins sont considérés comme des organismes pélagiques, ce qui signifie qu'ils sont exposés à une contamination MPs provenant des sédiments et de la surface de l'eau de mer.

À la surface des mers, les MPs sont constitués en majorité de polyéthylène, de polypropylène et de polystyrène expansé. Mais à ces trois types de résines s'ajoutent une douzaine d'autres polymères en moindres proportions (**KERSHAW, 2019**). Ce sont tous des polymères moins denses que l'eau de mer qui peuvent donc rester en surface. En milieu hauturier, toujours en surface, on retrouve encore essentiellement du polyéthylène (90 % du nombre des déchets) et du polypropylène (10 % du nombre des déchets), polymères les plus produits dans l'industrie et probablement les plus persistants en pleine mer (**TER HALLE, 2016**).

Dans les sédiments, on observe la présence de polymères plus denses tels que les polyesters ou les polyacryliques (représentant en moyenne 77 % en nombre). Cependant, de manière surprenante, on retrouve également des fragments de polymères moins denses que l'eau de mer (**ERNI-CASSOLA, 2019**). Ces derniers ont probablement subi un transport vertical depuis la surface vers le fond, soit par colonisation par des micro-organismes, soit par intégration aux neiges marines.

Conclusion :

La pollution par les microplastiques (MPs) constitue un problème majeur dans les écosystèmes marins, notamment dans la région de Bejaia en Méditerranée.

Dans le cadre de cette étude, nous avons examiné la présence de MPs dans les tubes digestifs d'oursins capturés sur trois sites différents (Aiguades, Melbou et Ache El-Baz), en mettant l'accent sur les espèces *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*. Les résultats obtenus ont révélé des quantités préoccupantes de MPs de différentes formes et couleurs chez tous les individus examinés de ces espèces ciblées.

Ces résultats indiquent des taux élevés de pollution dans la zone marine de Bejaia, en particulier sur le site de Melbou, où les MPs posent une menace pour la santé des espèces marines et représentent un danger considérable pour l'environnement. En raison de leur petite taille (moins de 5 mm), les MPs ont des effets néfastes sur la faune, la flore et l'écosystème marin dans son ensemble. Leur durabilité renforce leur bioaccumulation au sein de la chaîne trophique, ce qui peut avoir des conséquences à long terme.

Face à ces constats, il est impératif de prendre des mesures pour atténuer l'impact de la pollution aux MPs sur l'écosystème marin de Bejaia. Nous recommandons de renforcer les initiatives de gestion des déchets plastiques afin de réduire les déversements en mer. De plus, la mise en place de programmes de surveillance continue de la pollution aux MPs, la sensibilisation de la population locale et des industriels à l'importance de réduire l'utilisation des plastiques, ainsi que la recherche sur les alternatives aux plastiques et les méthodes de dépollution sont essentielles pour préserver notre environnement marin.

Notre étude représente une avancée significative, car elle constitue la première évaluation des MPs réalisée par des oursins. Cette démarche novatrice contribue à notre compréhension de l'impact de la pollution plastique sur les écosystèmes marins.

À partir des résultats obtenus, j'ai constaté que, les oursins collectés dans la zone de Melbou soient de petite taille (par rapport à d'autres zones), de plus ils renferment un taux élevé de MPs, ce qui m'a poussé à me demander : S'agit-il de l'effet des MPs ou un autre facteur ?



 **Références** 

Bibliographique



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ADEME, Marek C, Parisot F, Guyomard M, Marcoux M, Rondel M, LEESU, ECOGEOS, et Tramoy R. (2020).** « Lutte contre la pollution par les déchets plastiques en milieu marin ».
- **Alessi, E et al. (2018).** « Pollution plastique en Méditerranée. Sortons du piège. WWF Initiative Marine Méditerranéenne ». WWF - Fond Mondial pour la Nature. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc201806/180608_rapport_plastiques_mediterranee.pdf
- **Angèle Finel, Elise Sauvage, Camille Hernault, Florence Viudes, Iseline Chaïb, Périne Doyen. (2023).** Mange-t-on des Microplastiques ? Pas si simple à détecter dans le jambon HAL Id: hal-04326691 <https://hal.science/hal-04326691>
- **Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia. (2013).** P6.
- **ANONYME. (2013).** Direction du tourisme, rapport des taux d'occupation annuelles des hôtels.
- **Arthur C, Baker J, Bamford, H, (2009).** International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- **Baitalow F, Baumann J, Wolf G, Jaenicke-Rößler, K, & Leitner G. (2002).** Thermal decomposition of B–N–H compounds investigated by using combined thermoanalytical methods. *Thermochimica Acta*, 391(1-2), 159-168.
- **Bayard, Lipeme Kouyi, Gautier, Dumont, Lebouil, et al. (2021).** Micro-particules organiques synthétiques : sources, transfert, quantification et impacts des micro- et nano-plastiques au sein des hydrosystèmes urbains - Etat de l'art des connaissances scientifiques. Convention N° 2019 0654, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. pp.255. Hal-03903093.
- **Berne. (2008).** Convention des Nations unies sur le droit de la mer, dite Convention de Montego Bay, 10 décembre 1982, ratifiée par la loi n° 95-1311 du 21 décembre 1995 (JORF n°0297 du 22 décembre 1995, p.18543) et publiée par le décret n° 96-774 du 30 août 1996 (JORF n°0209 du 7 septembre, p. 13307). Voir Andreas R. ZIEGLER, avec la collaboration de Roman GRAF, Traités internationaux (et droit des relations extérieures de la Suisse), Recueil de textes 2008, p. 33.

Références bibliographiques

- **Boudouresque, CF, & Verlaque, M., (2020).** Chapitre 26 -Paracentrotus lividus. Dans JM Lawrence (Éd.), Développements en aquaculture et en sciences halieutiques (Vol. 43, p. 447-485). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-819570-3.00026-3.
- **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, 9175-9179. doi: 10.1021/es201811s.
- **Bulleri F, Benedetti-Cecchi L, Cinelli F. (2013).** Oursins *Arbacia lixula* Atterrir *Paracentrotus lividus* Lam. Dans le nord-ouest de la Méditerranée. J. Exp. Mar. Biol. Écol. 241, 81-95.
- **Cap Sciences. (2006).** « DIFFÉRENTS TYPES DE MATIÈRES PLASTIQUES ». Cap science. http://colleges.ac-rouen.fr/signoret/IMG/pdf/differents_plastiques.pdf.
- **Carpenter E.J, Smith K.L. (1972).** Plastics on the Sargasso Sea Surface, Science. 175 (4027), 1240-1241.
- **Choy, Robison, Gagne, et al. (2019).** The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. Scientific Reports 9 : 7843.
- **Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway T.S, (2013).** Microplastic ingestion by zooplankton. Environmental Science & Technology. 47, 6646-6655. Doit : 10.1021/es400663f.
- **Dai Z, Zhang H, Zhou Q, Tian Y, Chen T, Tu C, Luo Y. (2018).** Présence de microplastiques dans la colonne d'eau et les sédiments d'une mer intérieure touchée par des activités anthropiques intensives. Environ Pollut 242 : 1557-1565.
- **DPAT_STATS. (2015).** Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia. Bejaia. Boutarcha, 2011. Essai d'analyse de l'impact économique de la pollution des zones côtières sur l'activité de la pêche en Algérie cas : de la wilaya de Bejaia, mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en Sciences Economiques option : Economie et environnement, année universitaire 2010-2011.
- **EFSA Journal. (2016).** Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. ;14 : e04501. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501>.

Références bibliographiques

- **Elmasry E, Omar HA, Abdel Razek F.A, El-Magd MA. (2013).** Études préliminaires sur l'habitat et la diversité de certaines espèces d'oursins (Echinodermata : Echinoidea) dans le bassin sud du Levantin en Égypte. *Egypte. J.Aquat. Rés.* 39, 303-311.
- **Enders K, Lenz R, Stedmon C.A, Nielsen T.G. (2015).** Abundance, size and polymer composition of marine microplastics $\geq 10 \mu\text{m}$ in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution. *Marine Pollution Bulletin.* 100, 70-81. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.09.027.
- **ERNI-CASSOLA (G.) et al. (2019).** Distribution of plastic polymer types in the marine environnement ; a meta-analysis. *Journal of hazardous materials*, 369, p. 691-698.
- **Eriksen M, Lebreton L.C.M, Carson H.S, Thiel M, Moore C.J, Borerro J.C, Galgani F, Ryan P.G, and Reisser J. (2014).** Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS One* 9, e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>.
- **Farrel, Nelson. (2013).** Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ Pollut* 177 :1-3.
- **Faure, Florian, Marie Corbaz, Hadrien Baecher, et Luiz Felipe. (2012).** « Pollution Due to Plastics and Microplastics in Lake Geneva and the Mediterranean Sea ». *ARCHIVES DES SCIENCES*, 7.
- **Francois Galgani, Bruzaud Stéphane, Duflos Guillaume, Fabre Pascale, Casdaldi Emmanuelle, Ghiglione Jeff, Grimaud Régis, et al. (2020).** « Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques », 29
- **François Galgani, Stéphane Bruzaud, Guillaume Duflos, Pascale Fabre, Emmanuelle Gastaldi, et al. (2020).** Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques. *Techniques de l'Ingénieur*, ff10.51257/a-v1-bio9300ff. Ffhal-03048415v2f. 2.
- **Frias J.P.G.L, Sobral P et Ferreira A.M. (2010).** « Organic Pollutants in Microplastics from Two Beaches of the Portuguese Coast ». *Marine Pollution Bulletin* 60 (11) : 1988-92.
- **Fries E, Dekiff J. H, Willmeyer J, Nuelle M, T, Ebert M, & Remy, D. (2013).** Identifying polymer types and additives in marine microplastic particles using pyrolysis-GC/MS and scanning electron microscopy. *Environmental science : processes & impacts*, 15(10), 1949-1956.

Références bibliographiques

- **Fouad M, Benhra A, Bouhallaoui M, el Haimeur B, & Hlima, B. (2021).** Utilisation de population benthique et stades de développement embryon-larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* pour l'évaluation de la qualité écologique de la côte méditerranéenne ouest marocaine. *Journal de recherche en chimie et environnement*, 25, 73-82. <https://doi.org/10.25303/258rjce7382>.
- **Goldstein M.C, Goodwin D.S. (2013).** Gooseneck barnacles (*Lepas* spp.) ingest microplastic debris in the North Pacific Subtropical Gyre. *PeerJ*. 1, e184.
- **González-Suárez D, & Hernández J. C. (2022).** Early developmental stages of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1816) (Echinoidea : Toxopneustidae). *Marine Biology Research*, 18(3-4), 266-277.
- **Guidetti P, Terlizzi A, Boero F. (2004).** Oursin, *Paracentrotus lividus*, fishery le long de la côte rocheuse des Pouilles (sud-est de l'Italie, mer Méditerranée). *Poisson. Rés.* 66, 287-297.
- **Hartmann NB, Hüffer T, Thompson, RC, Hassellöv M, Verschoor A, Daugaard AE, et al. (2019).** Are Speaking the Same Language ? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environ Sci Technol* ;53:1039–47. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>.
- **Henry M. (2010).** « Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer », 69.
- **Hereu B, Linares C, Sala E, Garrabou J, Garcia-Rubies A, Diaz D, et al. (2012).** De multiples processus régulent la dynamique des populations à long terme des oursins sur les récifs rocheux méditerranéens. *PLoS ONE* 7, e36901. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0036901>.
- **Imhof H.K, Laforsch C, Wiesheu A.C, Schmid J, Anger P.M, Niessner R, Ivleva N.P. (2016).** Pigments and plastic in limnetic ecosystems: A qualitative and quantitative study on microparticles of different size classes. *Water Research*. 98, 64-74. doi: 10.1016/j.watres.2016.03.015.
- **James K, Vasant K, Padua S, Gopinath V AKS, Jeyabaskaran R, John S. (2020).** Une évaluation des microplastiques dans l'écosystème et dans une sélection de poissons d'importance commerciale au large de Kochi, dans le sud-est de la mer d'Oman. *Inde mars Pollut Bull* 154:111027.
- **Kamboj M. (2016).** Dégradation des plastiques pour un environnement propre. *Revue internationale de Recherche avancée en ingénierie et sciences appliquées*, 5(3), 10-19.

Références bibliographiques

- **Kedzierski Mikael. (2017).** « Pollutions du milieu littoral par les microplastiques », 240.
- **KERSHAW P, TURRA A, et GALGANI F. (2019).** Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. Editors, Rep. Stud. GESAMP, n° 99, 130 p.
- **Lamarck J.-B. M., (1816).** Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, Tome troisième [in full: Histoire naturelle des animaux sans vertèbres présentant les caractères généraux et particuliers de ces animaux, leur distribution, leurs classes, leurs familles, leurs genres, et la citation des principales espèces qui s’y rapportent]. [*Série de livres*]. 586 p. <http://www.biodiversitylibrary.org/item/47702>.
- **Lamure, Mr Alain, Mr Bertrand Charrier, Mr Pierre Guigon, Mme Fatima Charrier, Mr Mehrdji Hemati, et Mme Sonia Molina-Boisseau. (2008).** « Propriétés physico-chimiques et d’usage de matériaux composites à charge dégradable produits par co-broyage », 175.
- **La Nasa J, Biale G, Fabbri D, Modugno F. (2020).** A review on challenges and developments of analytical pyrolysis and other thermoanalytical techniques for the quali-quantitative determination of microplastics. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 149,104–841.
- **Lebreton L, Slat B, Ferrari F, Sainte-Rose B, Aitken J, Marthouse R et al. (2018).** Preuve que la zone de déchets du Grand Pacifique accumule rapidement du plastique. *Groupe Sci Rep Nat Publ* ;8 :4666.
- **Lebreton L, Van der Zwet J, Damsteeg JW, Slat B, Andrady AL, Reisser J. (2017).** Émissions de plastique des rivières dans les océans du monde. *Commune Nat* 8 :15611.
- **Lenz R, Enders, K, Stedmon, C.A, Mackenzie D.M.A, Nielsen T.G. (2015).** A critical assessment of visual identification of marine microplastic using Raman spectroscopy for analysis improvement. *Marine Pollution Bulletin*. 100, 82-91. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.09.026.
- **LE MORVAN. (1977).** Compétences communautaires en matière de protection de l’environnement marin. Lutte contre la pollution, Brest, Institut de Droit et d’Économie de la Mer, coll.«Publications du Centre national pour l’exploitation des océans - Rapports économiques et juridiques»n° 4, p. 1.
- **Lewis I. R, & Edwards H. (2001).** Handbook of Raman spectroscopy: from the research laboratory to the process line. CRC press.

Références bibliographiques

- **Linné C. (1758).** Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genres, espèces, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata [10e édition révisée], vol. 1 : 824 pp. <https://biodiversitylibrary.org/page/726886>.
- **Löder M.G.J, Gerdt G. (2015).** Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics—A Critical Appraisal in Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), Marine Anthropogenic Litter. Springer International Publishing, Cham, pp. 201-227.
- **Lusher A.L, Welden N.A. Sobral P, Cole M. (2017).** Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. Analytical Methods. 9, 1346-1360. doi: 10.1039/c6ay02415g.
- **Morét-Ferguson S, Law K. L, Proskurowski G, Murphy E. K, 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), 1873-1878.
- **Movasaghi Z, Rehman S, & ur Rehman D. I. (2008).** Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy of biological tissues. Applied Spectroscopy Reviews, 43(2), 134-179.
- **Norén. (2007).** Small plastic particles in Coastal Swedish waters. Tech. Rep. 0. KIMO.
- **Oßmann B.E, Sarau G, Holtmannspötter H, Pischetsrieder M, Christiansen S.H, Dicke W. (2018).** Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. Water Research. 141, 307-316. doi: 10.1016/j.watres.2018.05.027.
- **Ouchene H, Boutgayout H, Hermas J, Benbani A, Abou Oualid J, et Elouizgani H. (2021).** Cycle de reproduction de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) de la Côte Sud du Maroc : Histologie, indice des gonades et taille à la première maturité sexuelle. Journal arabe pour la science et l'ingénierie, 46, 5393-5405. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05271-2>.
- **Pantelodimou. (2013).** LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION MARINE EN FRANCE. Droit. Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, Français.
- **Paul-pont et al. (2016).** Microplastics modulate depuration and toxicity of fluoranthene in mussels *Mytilus* spp. Environ. Pollut., 216, 724-737.

Références bibliographiques

- **PlasticEurope. (2019).** Une analyse des données européennes sur la production, la demande et les déchets de plastiques.
- **Philippe BOLO, Angèle PRÉVILLE. (2020).** L'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, pollution plastique : une bombe à retardement ? 34-35. <https://www.senat.fr/>.
- **Quinn B. (2017).** Pollution microplastique : une réelle menace pour l'environnement ? Lors de la 12e réunion biennale du SETAC Amérique latine : Comblent le fossé entre la science et la gouvernance.
- **Renner G, Schmidt T. C, & Schram J. (2018).** Analytical methodologies for monitoring micro (nano) plastics : which are fit for purpose ? Current Opinion in Environmental Science & Health, 1, 55- 61.
- **Regourd M, & Hornain H. (1975).** Applications de la microscopie électronique à balayage. Revue des matériaux de construction, (693).
- **Salomon. (2003).** Danger pollutions ! France : Presses universitaires de Bordeaux. 169p.
- **Santé Canada. (2020).** « Ébauche d'évaluation scientifique de la pollution plastique ».
<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/evaluationsubstances-existantes/ebauche-evaluation-scientifique-pollution-plastique.html>.
- **Sebille E. van, Wilcox C, Lebreton L, Maximenko N, Hardesty B.D, Franeker J.A. van, Eriksen M, Siegel D, Galgani F, and Law K.L. (2015).** A global inventory of small floating plastic debris. Environ. Res. Lett. 10, 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>.
- **Shan, Zhao, Liu, Zhang, Wang, Wu. (2018).** A novel way to rapidly monitor microplastics in soil by hyperspectral imaging technology and chemometrics. Environ. Pollut. 238, 121–129.
-
- **Silva, Bastos, Justino da Costa, Duarte, Rocha-Santos. (2018).** Microplastics in the Environment: Challenges in Analytical Chemistry - A Review. Analytica Chimica Acta, 1017, 1–19.
- **Smith E, & Dent G. (2019).** Modern Raman spectroscopy: a practical approach. John Wiley & Sons.

Références bibliographiques

- **Sussarellu et al. (2016)**. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 2430–2435.
- **TER HALLE (A), et al. (2016)**. Understanding the fragmentation pattern of marine plastic debris. *Environ Sci Technol*, 50(11), p. 5668-5675.
- **Thompson. (2004)**. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304 (5672), 838–838.
- **Van Cauwenberghe L, Vanreusel A, Mees J, Janssen, C.R. (2013)**. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*. 182, 495-499. doi: 10.1016/j.envpol.2013.08.013.
- **Van Cauwenberghe L, Janssen C.R. (2014)**. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*. 193, 65-70. doi: 10.1016/j.envpol.2014.06.010.
- **Vernon-Parry, 2000, Microscopy : an introduction. Analysis 13, 40–44. La Nasa J, Biale G, Fabbri D, Modugno F. (2020)**. A review on challenges and developments of analytical pyrolysis and other thermoanalytical techniques for the quali-quantitative determination of microplastics. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 149, 104–841.
- **Wu P, Huang J, Zheng Y, Yang Y, Zhang Y, He F, et al. (2019)**. Environmental occurrences, fate, and impactsof microplastics. *Ecotoxicol Environ Saf* ;184 :109612. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109612>.
- **Xu E. G, Cheong R. S, Liu L, Hernandez L. M, Azimzada A, Bayen S, & Tufenkji N. (2020)**. Primary and secondary plastic particles exhibit limited acute toxicity but chronic effects on *Daphnia magna*. *Environmental Science & Technology*, 54(11), 6859-6868.
- **Xue W, Huang D, Zeng G, Wan J, Zhang C, Rui X, Cheng M. (2017)**. Fer zéro-valent à l'échelle nanométrique recouvert de rhamnolipide comme stabilisant efficace pour l'immobilisation du Cd et du Pb dans les sédiments fluviaux. *J Hazard Mater* 341 : 381-389.

Résumé

Les microplastiques sont des fragments de plastique de petite taille, ayant un diamètre inférieur à 5 mm. Ils peuvent être issus de la détérioration de matériaux plastiques plus volumineux ou être fabriqués à cette taille. Les oursins, en tant qu'organismes marins, peuvent ingérer ces MPs involontairement. L'évaluation de la présence de microplastiques chez les oursins dans la zone de Bejaïa est cruciale pour comprendre l'impact de la pollution plastique sur la vie marine de cette région. Cette évaluation peut fournir des informations essentielles sur la contamination des écosystèmes marins locaux par les MPs et aider à prendre des mesures pour protéger la biodiversité marine. Nous avons examiné 120 individus d'oursins de deux espèces déférents et déférents sexe.

Les résultats indiquent une forte contamination de la région marine de Bejaia, en particulier sur le site de Melbou, par les MPs et le plastique. Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de protection pour préserver cet écosystème de cette pollution.

Mots clés : Microplastiques (MPs), oursins, pastiques, pollution, la zone de Bejaia.

Abstract :

Microplastics are small plastic fragments with a diameter of less than 5 mm. They can come from the deterioration of larger plastic materials or be manufactured to this size. Sea urchins, as marine organisms, can ingest these microplastics unintentionally. Assessing the presence of microplastics in sea urchins in the Béjaïa area is crucial to understanding the impact of plastic pollution on marine life in this region. This assessment can provide essential information on the contamination of local marine ecosystems by microplastics and help take action to protect marine biodiversity. We examined 120 sea urchin individuals of both deferent and sex deferent species.

The results indicate strong contamination of the Bejaia marine region, particularly at the Melbou site, by microplastics and plastic. It is therefore necessary to put in place protective measures to preserve this ecosystem this pollution.

Keywords : Microplastics (MPS), Urchins, plastics, pollution, the Bejaia area.