

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 : Biologie Animale



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Contribution à l'évaluation des microplastiques
aux niveaux de l'estomac d'espèce Benthique
dans la zone marine de Bejaia**

Présenté par :
ADJERIT MERBOUHA & GACI MASSISSILIA
Soutenu le 30 juin 2024

Devant le jury composé de :

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

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce à Dieu tout puissant auquel nous sommes si reconnaissantes

C'est avec une profonde reconnaissance que nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à notre encadreur, Monsieur *BELHADI Youcef*. Son soutien indéfectible, sa disponibilité constante et ses qualités humaines exceptionnelles ont été des éléments déterminants dans la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier notre Co-encadreur, Monsieur *MEZHOUD Abdelkarim*. Nous sommes particulièrement reconnaissantes pour ses précieux conseils qui nous ont guidés tout au long de ce travail. Sa sagesse et son expertise nous ont permis de surmonter les obstacles, d'affiner notre réflexion et de produire un mémoire de qualité.

Nous sommes fiers d'avoir pu travailler sous leurs directions et nous leur souhaitons tout le succès possible dans leurs projets futurs.

Nous aimerions remercier monsieur *RAMDANE Zouhir*, pour avoir aimablement accepté de présider le jury.

Nos remerciements vont également à madame *DIAF Assia*, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à toute l'équipe de laboratoire LZA, particulièrement à l'ingénieure du laboratoire LZA, madame *BAZIZ Habiba* pour sa contribution précieuse.

A nos chers parents, nous adressons notre profonde reconnaissance pour tous leurs sacrifices et encouragements.

Dédicace

Avec tout respect et amour je dédie ce travail

A mon papa chéri

A ma maman chérie

A ma confidente, mon âme sœur, ma sœur Lydia

A mon bras droit, mon frère Samir

A mon beau-frère Founes

A mon cher oncle Abdelmadjid

A ma binôme chérie Merbouha

A mon ami Azzedine, (un grand merci d'avoir pris le temps de me ramener les échantillons). et Islem

A mon médecin traitant, docteur Mouhoubi

À la mémoire de mes grands-parents qui nous ont quittés (Gaci & Mihoubi)

A tous mes proches

A mes chers amis et camarades.

Massissilia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher de ma vie, ma mère Pour son amour son encouragement et ses sacrifices

A mon père pour son soutien son affection et la confiance qu'il m'a accordé

A mes frère Razik, Mourad, Koussaila d'avoir être à mes coté

*A mon fiancé Ghiles qui n'a pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout long de
mes études ainsi qu'à ma belle-famille.*

*A mon adorable petite sœur Leticia et à ma meilleure ma partenaire et la plus proche
Magui et mes chères copines Odalila, Ryma*

*A mon bras droit et ma binôme Massissilia pour son soutien moral, sa patience et sa
compréhension tout au long de ce mémoire*

Merbouha

Liste des Abréviations

AND : agence nationale des déchets.

USA : les États-Unis d'Amérique.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

IUCN : union international pour la conservation de la nature.

LZA : laboratoire de recherche de zoologie appliquée et d'écophysiologie animale.

MPs : micropastiques.

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.

G : gramme

PV : poids viscérale

PT : poids totale

FTIR : Fourier-transform infrared spectroscopy, en français La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.

MEB : La microscopie électronique à balayage.

GC : chromatographie en phase gazeuse.

MS : spectrométrie de masse.

HSI : L'imagerie hyper spectrale.

Liste des figures

Figure 1: Pollution marine, plage Souk el tenine Bejaïa Algérie le 1 mars 2024	3
Figure 2: Pollution par le plastique, (photo original)	7
Figure 3: Les différentes étapes de la biodégradation du plastique par les bactéries (Dussus et Ghiglione, sous presse) (Anne T,2014).....	8
Figure 4: Biofilm formé par <i>Rhodococcus ruber</i> C208 sur la surface de polyéthylène UV photo-oxydée, observé au microscope électronique à balayage. Initiation de la biodégradation détectée dans les 3 jours. Control : surface non inoculée (selon Sivan et <i>al</i> , 2011) (Anne T, 2014).....	9
Figure 5: localisation du site d'étude (A. Mezhoud.,C.Aoudj., F.Houma., 2017).....	15
Figure 6: Poulpe (photo original)	16
Figure 7: Le pagre (photo original)	17
Figure 8: La seiche (photo original)	17
Figure 9: La raie (photo original)	18
Figure 10: <i>Solea solea</i> (photo original)	18
Figure 11: Pesage du poids total d'un mollusque (photo original)	19
Figure 12: Mesure de taille totale d'un molluque (Photo original).....	19
Figure 13: récupération des tubes digestifs, vidage d'estomac et pesage (photos originales). 20	
Figure 14: Récupération du contenu d'estomac (photo original).....	21
Figure 15: Les séchages des échantillons (photo originale).....	21
Figure 16: Préparation d'une solution hyper saline (photo originale)	21
Figure 17: L'ajoute de la solution Na Cl aux échantillons et broyage (photo originale).....	22
Figure 18: La filtration (photo originale)	22
Figure 19: L'ajout d'eau oxygéné (photo original)	22
Figure 20: Echantillons séchés (photo original).....	23
Figure 21: Observation des micros plastiques sous la loupe OPTIKA. (Photo original).....	23

Figure 22: Histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de poulpe.	24
Figure 23: Histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de pagre.	25
Figure 24: histogramme représente les valeurs minimales et maximales selon le poids leur masse viscérale du tube digestif de la seiche.	25
Figure 25: histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de la raie.	26
Figure 26: Histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de la sole.....	26
Figure 27: Différentes formes et couleurs de microplastiques : A. file bleu, B. filament noir, C. filament rouge, D. file vert, E. fil vert, F. fils violets, G. file rouge, H. file transparent, I. fragments (photos originales).....	27
Figure 28: Un cercle relatif représente le pourcentage des MPs de tous les selon leur couleur.	29
Figure 29: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de poulpe selon la couleur. .	30
Figure 30:Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de la seiche selon la couleur.	30
Figure 31: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de la raie selon la couleur. ..	31
Figure 32: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de la sole selon la couleur...	32
Figure 33: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de le pagre selon la couleur.	32

Liste des tableaux

Tableau 1: Les différents types de polymères et leurs utilisations (Lambert, S., Sinclair, C, Boxall, A. 2014).....	5
Tableau 2: ci-dessous montre la taille et le poids maximal et minimal de différentes espèces.	24
Tableau 3: Formes des microplastiques et leur nombre.....	28
Tableau 4: Le pourcentage de microplastiques chez les différentes espèces.....	28
Tableau 5:Le nombre total des MPs selon la couleur.	29
Tableau 6: Le nombre total des MPs selon la couleur.	30
Tableau 7: Le nombre total des MPs selon la couleur.	31
Tableau 8: Le nombre total des MPs selon la couleur.	31
Tableau 9: Le nombre total des MPs selon la couleur.	32

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction 1

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1. La pollution 3

1.1. Définition de la pollution..... 3

1.2. La pollution marine 3

1.3. Pollution marine en Algérie..... 3

2. Plastique 4

2.1. Historique sur les plastiques 4

2.2. Production de plastique 4

2.3. Définition..... 4

2.4. Composition du plastique 5

2.5. Classifications des matières plastiques..... 5

2.6. Les différents types de polymère..... 5

3. La pollution par le plastique..... 6

3.1. Source de pollution plastique dans la mer 7

3.2. Dégradation des plastiques en mer 7

3.2.1. Les étapes de la dégradation des plastiques en mer 8

3.3. L'impact des déchets plastiques 9

3.3.1. Impact sur l'environnement marin..... 10

4. Microplastiques 10

4.1. L’histoire de la recherche sur les microplastiques.....	10
4.2. Définition.....	11
4.3. Origine des microplastiques	11
4.4. Types de microplastiques	12
4.5. Critères de classification des microplastiques selon leurs tailles	13
4.6. Les impacts de la pollution par les microplastique.....	13

Chapitre II:Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d’étude	15
1.1. Climatologie de la zone d’étude	15
1.2. Courantologie de la zone d’étude	16
2. Echantillonnage	16
2.1. Définition des espèces benthique	16
2.2. Mesure de la taille et du poids	19
2.3. Récupération du contenu stomacale	20
3. La méthode utilisée pour l’évaluation des microplastiques	20

Chapitre III: Résultats et discussions

1. Distribution des micro-plastiques selon le poids total	24
2. Distribution des microplastiques selon le poids viscéral de chaque espèce.....	24
3. Les différents formes et couleurs observés	27
4. Distribution des micro-plastiques selon les espèces	28
5. Distribution des microplastiques selon leur couleur	28
Conclusion.....	35

Références Bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Les océans et les mers couvrent plus de 71% de la surface de la terre. Cette dernière constitue un puits de matière et d'énergie et est cruciale à la vie (Vail, 2013).

Cependant, malgré leur importance vitale, les océans et les mers, sont confrontés à de nombreux défis, dont la pollution.

Parmi tous les déchets aquatiques présents dans l'océane, il y a une quantité croissante de déchets plastiques dans l'océane (Barnes., et al, 2009). Chaque année, 8 millions de tonnes de déchets plastiques s'écoulent de l'intérieur vers l'océan (Jambeck., et al, 2015). Le plastique peut représenter dans certaines régions du monde, les débris marins représentent jusqu'à 95%(Ioakeimidis., et al, 2014).L'invasion du plastique dans les océans : une conséquence de l'explosion de la production industrielle. (De 1,5 million de tonnes en 1950 à 322 millions de tonnes en 2015 !)(Plastics Europe, 2016).

Au milieu de l'immensité bleue du Pacifique Nord, entre la Californie et le Japon, se cache une zone sinistre : le 7ème continent, aussi connu sous le nom de "Great Pacific Garbage Patch". Ce n'est pas un continent au sens traditionnel du terme, mais plutôt une vaste zone de convergence des déchets flottants, formée par cinq gyres, ou tourbillons marins, répartis à travers le globe (Surfrider Foundation Europe, 2019). Loin d'être une étendue d'eau vierge, cette zone est recouverte d'une "soupe de plastique", composée principalement de minuscules particules de plastique inférieures à 5 mm. L'ampleur de cette pollution est effarante : le Great Pacific Garbage Patch est estimé contenir entre 45 et 129 mille tonnes de déchets plastiques (Lebreton., et al, 2018).

La Méditerranée s'étend sur 2,9 millions de kilomètres carrés, représentant 0,8% des eaux du globe. Située entre l'Europe, l'Afrique du Nord et l'Asie de l'Ouest, elle est aujourd'hui confrontée à un fléau majeur : la pollution plastique. Sa position géographique, au cœur des continents, en fait un carrefour de déchets plastiques en provenance des pays riverains.

(National Geographic 2020)¹. En rajoutant, La mer méditerranée, selon un rapport du WWF, « la concentration de plastique est quatre fois élevée que dans l'île de plastique »

En Méditerranée, les eaux de surface sont infestées de microplastiques. Des études menées en 2010 et 2011 ont révélé la présence de 290 milliards de ces minuscules fragments de plastique flottant dans les 10 à 15 premiers centimètres d'eau de la Méditerranée nord-occidentale. (Actu-Environnement, 2012)

Des études ont révélé la présence de particules MP dans l'eau et les sédiments de nombreuses rivières à travers le monde (McCormick., et al 2014 ; Tibbetts., et al 2018). Plus

une zone est peuplée, industrialisée ou dotée de stations d'épuration, plus la concentration de microplastiques y est importante (Sekudewicz., et *al*, 2020)².

Des études récentes ont révélé la présence de déchets plastiques dans le tube digestif d'animaux à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. Que ce soient de petits invertébrés ou de grands mammifères marins, tous semblent être touchés par ce fléau (Rummel., et *al*, 2016 ; Wilcox et *al*, 2018 ; Choy et *al*, 2019 ; Jamieson et *al*, 2019).

Ce présent travail sur l'évaluation des MP dans les estomacs des espèces benthiques vient comme un compliment d'information et de confirmation sur la présence des MP dans la méditerranée

Pour cela en a structuré notre travail comme suit :

Introduction,

Trois chapitres dont le premier sur la synthèse bibliographique approfondie sur les plastiques, les MP et ses conséquences environnementales. Le chapitre 2 matériels et méthodes, il comprend une description approfondie des différentes techniques d'échantillonnage et le troisième traitera les résultats obtenus.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. La pollution

1.1. Définition de la pollution

La pollution est l'introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'environnement (air, eau, sol). Ces substances nocives peuvent nuire à la santé humaine, à la qualité des écosystèmes aquatiques et terrestres, aux biens matériels, et à l'ensemble de l'environnement. (Ecophytopic 2023)³.

1.2. La pollution marine

La pollution marine se caractérise par la présence de déchets, de substances chimiques toxiques ou d'autres polluants dans les océans et les mers. Ces polluants proviennent de diverses sources humaines, notamment les activités en mer, les rejets terrestres via les rivières et les cours d'eau, et les dépôts intentionnels ou accidentels en mer (Sophie Bahé, 2008). Cette pollution a des conséquences néfastes sur l'environnement marin, entraînant la disparition d'espèces animales et végétales. Un exemple frappant est la pollution plastique : en 2019, on estimait qu'il y avait plus de 5,25 mille milliards de débris en plastique dans les océans, dont 269 000 tonnes flottant en surface (National Geographic society, 2019)⁴. La Chine, l'Indonésie, les Philippines, la Thaïlande et le Viet Nam rejettent plus de déchets plastiques dans la mer que tous les autres pays du monde réunis (Hannah Leung, 21 avril 2018). (Figure N°01)



Figure 1: Pollution marine, plage Souk el tenine Bejaïa Algérie le 1 mars 2024

1.3. Pollution marine en Algérie

En Algérie, une campagne de surveillance et de suivi des déchets marins menée par l'Agence nationale des déchets (AND) sur les deux dernières années a révélé que le plastique représente 87% des déchets collectés sur les plages. Cette information est tirée du rapport 2020 de l'AND sur la gestion des déchets en Algérie. L'étude, réalisée en collaboration avec

des acteurs locaux tels que les directeurs de l'environnement des wilayas, les communes et les associations, a permis de quantifier et de classer les déchets retrouvés sur les plages. Les résultats indiquent que le plastique est le matériau dominant, constituant 87% des déchets collectés. Les 13% restants se répartissent entre le papier (7%), le métal (3%), le verre (2%) et le tissu (1%). Le rapport pointe du doigt le tourisme et les mauvaises pratiques de gestion des déchets comme principaux responsables de la pollution marine en Algérie. (Algérie presse service 2021)⁵.

2. Plastique

2.1. Historique sur les plastiques

John Wesley Hyatt et son frère (USA), en 1870 ont l'idée d'améliorer la parkésine en y ajoutant du camphre. Ils créent ainsi le celluloid. Le XXème siècle marque l'avènement du plastique dans l'industrie. Peu à peu, de nouvelles matières plastiques sont découvertes. Leurs utilisations remplacent des matières naturelles devenues rares, chères ou impossible à obtenir notamment pendant les guerres mondiales. C'est en 1907 que le plastique prend un tournant industriel avec la création de la bakélite par le chimiste américain Léo Baekeland. C'est la première fois qu'un matériau est créé à partir de matière synthétique. (Emploplasturgie2022)⁶

2.2. Production de plastique

Depuis les années 1950, la production de matières plastiques dépasse les 7 milliards de tonnes. Cette production est toujours en augmentation. En 2015, 381 millions de tonnes de plastique ont été produites (H. Ritchie and M. Roser, 2018). Un tiers de cette matière est utilisée pour fabriquer des produits à usage unique (dont une moyenne de 35 millions de bouteilles en plastique et 500 milliards de sacs en plastique produits annuellement) (M. Sigler, 2014). L'emballage est le premier consommateur de plastique (146 millions de tonnes en 2015), suivi par la construction (65 millions de tonnes). En Europe, les emballages représentaient près de 40 % de la demande de plastique en 2015 (plastics Europe, 2016). Cependant, en raison de leur courte durée de vie, les emballages constituent une source majeure de déchets plastiques : en 2011, environ 63 des déchets plastiques provenaient des emballages. (Plastics Europe, 2011)⁷.

2.3. Définition

Chapitre I Synthèse bibliographique

Le plastique, est en réalité une famille de polymères non métalliques fabriqués par l'homme. Ces polymères, composés de longues chaînes de macromolécules, se caractérisent par un poids moléculaire élevé (Bowmer, T. G., & Kershaw, P. 2010).

Les plastiques, ces géants moléculaires, sont généralement des polymères organiques de grande taille. Souvent enrichis d'autres substances, ils sont issus de la synthèse chimique et, pour la plupart, dérivés du pétrole (Dassault Systèmes 2020-2024)⁸.

2.4. 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).

2.5. Classifications des matières plastiques

L'univers des plastiques, en pleine expansion, défie toute classification précise. La diversité des composés macromoléculaires rend impossible un classement exhaustif et figé. Cependant, une distinction fondamentale s'impose : les polymères thermoplastiques et thermodurcissables. Leurs propriétés et leur mode de transformation diffèrent considérablement. Les thermoplastiques, malléables à chaud, peuvent fondre et se solidifier de manière réversible. Ils se prêtent aisément à la fabrication d'objets par formage, puis au recyclage mécanique (broyage, chauffage, cisaillement). En revanche, les thermodurcissables, une fois durcis, ne se ramollissent plus à la chaleur. Ils forment un réseau tridimensionnel rigide dont la densité conditionne leur solidité (M. Guillemot, 2019).

2.6. Les différents types de polymère

Le tableau ci-dessous (01) présente les différents types de polymères et leurs utilisations.

Tableau 1: Les différents types de polymères et leurs utilisations (Lambert,S., Sinclair,C, Boxall, A. 2014)

Types de polymère	Utilisations
Polyéthylène (PE)	Basse densité : bouteilles, jouets, sacs plastiques, sac 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 types Tupperware, industrie automobile

Chapitre I Synthèse bibliographique

Polychlorure de vinyle (PVC)	Bâtiments, 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, boîtes de CD
Polyuréthane (PUR)	Rouleaux d'impression, pneus, semelles de chaussures, pare-chocs, matelas, siège auto, usages bio-médicaux
Polycarbonate (PC)	Bouteilles, récipients, appareils électriques, usages médicaux
Polyméthylpentène (PMP)	Matériel médical, seringues, abat-jour, radars, emballages alimentaires allant au micro-ondes
Polytétrafluoroéthylène (PTTFE)	Revêtements antiadhésif, joints, usages électriques et médicaux, matériel de laboratoire, pièces de pompes
Polysulfure de phénylène (PPS)	Utilisation dans l'électronique, la cuisine et l'automobile, matériel de laboratoire stérilisable
Polyisoprène (NR)	Gants, pneus, bottes, élastiques, gommages, 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

3. La pollution par le plastique

Partout présent, du sac poubelle aux vêtements high-tech, le plastique est le roi de notre société de consommation. Pourtant, ce matériau miracle cache un revers sombre : sa production effrénée génère des montagnes de déchets, plus de 280 millions de tonnes par an !

Abandonnés dans la nature, ces déchets persistent des siècles. Contrairement aux matières organiques, le plastique ne se biodégrade pas. Il s'accumule, étouffant la vie marine, polluant les sols et les nappes phréatiques, et menaçant notre santé. (Nations Unies Afrique Renouveau 2023)⁹(Figure N°02)



Figure 2: Pollution par le plastique,(photo original)

3.1. Source de pollution plastique dans la mer

La pollution plastique marine, un problème mondial aux origines multiples. L'impact de cette pollution se fait de plus en plus ressentir, mais d'où vient ce plastique qui envahit nos océans ?

Une grande partie, 80%, provient de sources terrestres. Des systèmes de gestion des déchets défaillants, des décharges à ciel ouvert, des tempêtes et des pluies fortes entraînent le plastique des terres vers les rivières, les zones côtières et les océans.

Les 20% restants proviennent directement des activités marines. Cela inclut les engins de pêche perdus ou abandonnés, les déchets des navires et des ports. L'ampleur de ces sources marines et leurs impacts dévastateurs sur les écosystèmes et les espèces marines ne sont pas encore pleinement compris et nécessitent des recherches plus approfondies (Chrispin Petro Kapinga, Shing Hin Chung, 2020).

3.2. Dégradation des plastiques en mer

De nombreuses études ont décrypté les mécanismes de dégradation du plastique, processus en plusieurs étapes physiques, chimiques et biologiques (Andrady.A, 2011). Parmi les acteurs clés, on trouve des micro-organismes, en particulier des bactéries (Shah.AA et al, 2008). Présentes en masse dans les océans (environ 100 millions de bactéries et plus de 500 espèces par litre d'eau de mer), ces invisibles aux yeux nus possèdent des capacités métaboliques extraordinaires. Véritables éboueurs des océans, elles reminéralisent la moitié du carbone organique issu des déchets de la chaîne alimentaire, participant ainsi à l'équilibre des écosystèmes marins. Parmi elles, de nombreuses bactéries spécialisées dans la dégradation des hydrocarbures (bactéries hydrocarbonoclastes), composant majeur des plastiques, s'attaquent

également à ce polluant. La littérature scientifique regorge d'études démontrant la capacité de diverses bactéries à dégrader différents types de plastiques (voir revue de Shah et al. 2008).

3.2.1. Les étapes de la dégradation des plastiques en mer

Sous les assauts des vagues, du soleil et de l'eau salée, le plastique se désagrège peu à peu. Cette dégradation, appelée "abiotique" car ne faisant intervenir aucun organisme vivant, est un processus en deux temps :

1. Fragmentation mécanique : vagues, courants et frottements contre les rochers brisent le plastique en morceaux de plus en plus petits.
2. Dégradation chimique : sous l'action des rayons ultraviolets du soleil et de l'oxygène présent dans l'eau, les molécules du plastique se décomposent et se fragilisent.

Ipekoglu et al. (2007) décrivent ce processus de dégradation comme une lente désagrégation de la structure des polymères, ces longues chaînes de molécules qui constituent le plastique.

Le processus de dégradation biologique comprend quatre étapes. (Figure N°3)

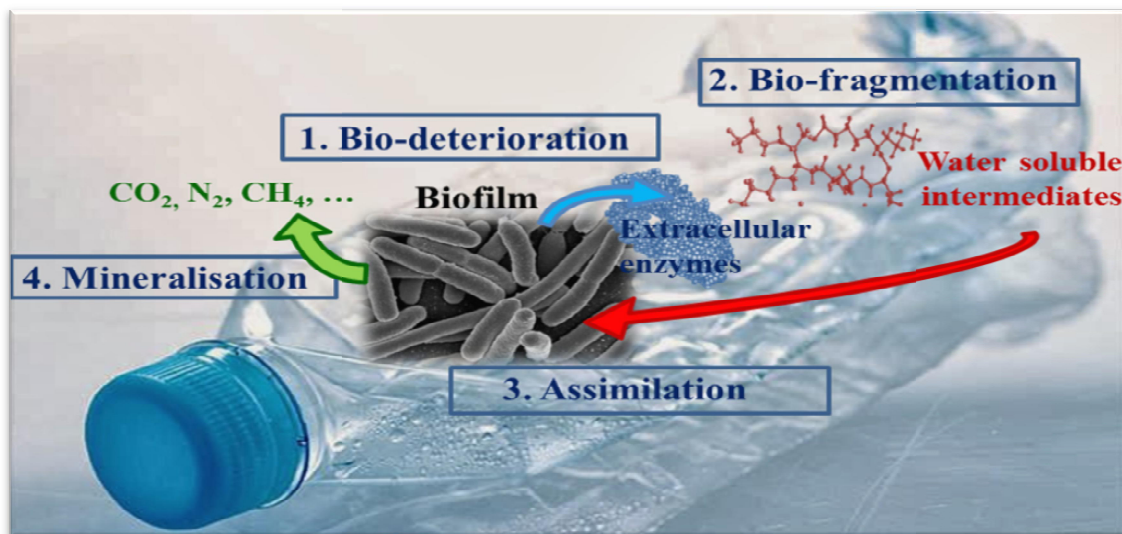


Figure 3: Les différentes étapes de la biodégradation du plastique par les bactéries (Dussus et Ghiglione, sous presse)(Anne T,2014)

1. Sur sa surface, un film invisible se forme : le biofilm bactérien. Ces micro-organismes, véritables colonisateurs, s'attaquent au plastique, agrandissant les fissures déjà présentes (Bonhomme et al, 2003). C'est la biodétérioration, une lente destruction du matériau sous l'action de ces envahisseurs invisibles. (Figure N°4)

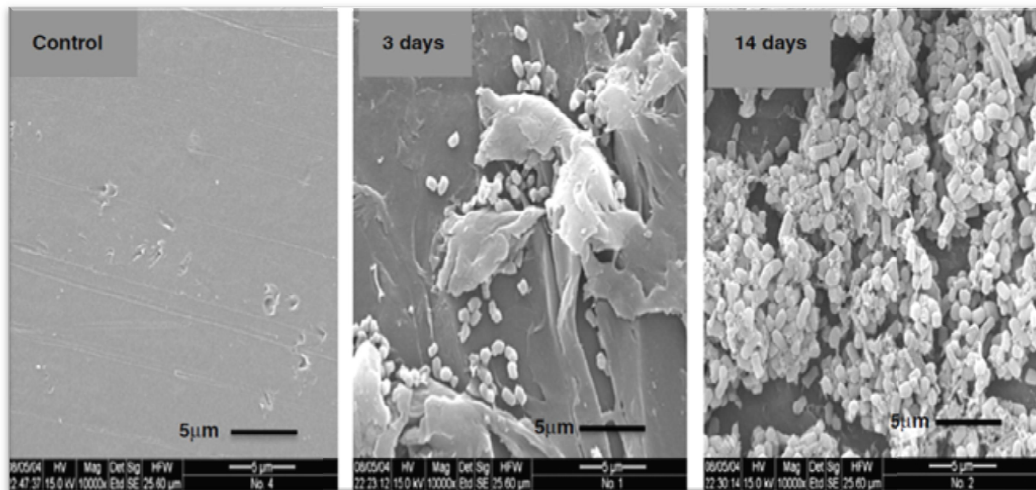


Figure 4: Biofilm formé par *Rhodococcus ruber* C208 sur la surface de polyéthylène UV photo-oxydée, observé au microscope électronique à balayage. Initiation de la biodégradation détectée dans les 3 jours. Control : surface non inoculée (selon Sivan et *al*, 2011) (Anne T, 2014)

2. Des enzymes bactériennes, découpent les longues chaînes de molécules du plastique (polymères) en morceaux plus petits (oligomères et monomères). Ce processus, appelé bio-fragmentation, est essentiel à la dégradation du plastique par les micro-organismes. Les oxygénases rendent le plastique soluble dans l'eau, le rendant plus accessible aux bactéries. D'autres enzymes, comme les lipases et les estérases, attaquent des parties spécifiques du plastique, tandis que les endopeptidases coupent les liaisons entre les "blocs" de protéines. Différentes espèces bactériennes collaborent dans ce processus complexe (Ghosh et *al*, 2013).

3. Les bactéries ingèrent les minuscules fragments de plastique (inférieurs à 600 daltons) et les transforment en composants cellulaires et en biomasse.

4. le plastique se transforme en gaz (CO₂, N₂, CH₄) et en eau (H₂O). C'est la minéralisation, l'étape finale de la dégradation du plastique par les micro-organismes.

Des études ont montré que la bactérie *R. ruber* C208 pouvait, en 30 jours seulement, décomposer 8% d'un morceau de polyéthylène photo-oxydé (Sivan, 2011).

3.3. L'impact des déchets plastiques

L'augmentation de la production et la faible biodégradabilité du plastique ont entraîné une pollution marine aux conséquences désastreuses. Ces déchets, issus majoritairement de nos activités quotidiennes, sont transportés par le vent, les pluies et les cours d'eau jusqu'à l'océan. Chaque année, ce sont entre 1,15 et 2,41 millions de tonnes de plastique qui se déversent dans les mers par les rivières (Fonty, 2021). Le plastique envahit tous les recoins de notre planète.

Les cours d'eau charrient à un rythme alarmant emballages, canettes, mégots... tous ces déchets finissant leur course dans l'océan. Les activités d'aquaculture, de pêche et de transport maritime aggravent le problème en abandonnant directement leurs déchets en mer. Si une petite partie du plastique échoue sur les plages, offrant un spectacle désolant, la majorité coule et s'accumule dans les profondeurs marines, menaçant la vie aquatique. (Siwar DABBOUB 2023)

3.3.1. Impact sur l'environnement marin

Nos littoraux, autrefois havre de paix, sont aujourd'hui menacés par une marée de déchets plastiques. Abandonnés par des usagers inconscients, notamment pendant la saison estivale, ou charriés par les flots et les vents, ces déchets envahissants représentent 80% de la pollution qui envahit nos côtes. En comparaison, les autres types de déchets (sanitaires, papier, tissu, métal, verre) semblent bien insignifiants. (WWF, 2018)¹⁰.

Balayés par les courants et les vagues, les amas de déchets plastiques légers s'installent durablement sur les fonds marins peu profonds, les bouleversant et les abîmant irrémédiablement. En s'accumulant, ces déchets forment un véritable tapis étouffant, empêchant les échanges naturels entre l'eau et les sédiments. Ce phénomène entraîne une raréfaction de l'oxygène (hypoxie), asphyxiant la vie animale et végétale et créant des zones désertiques sous-marines. (Mansui, 2015) (Surfrider – Foundation Europe, 2016)¹¹.

4. Microplastiques

4.1. L'histoire de la recherche sur les microplastiques

Un siècle après la fabrication du premier polymère, dans les années 1970, de minuscules particules de plastique ont été trouvées dans la mer des Sargasses, loin des humains. Chaque décennie suivante a aggravé la situation, comme des clous enfoncés de plus en plus profondément. Au début des années 1980, les scientifiques se sont alarmés de la quantité croissante de débris marins. Deux conférences internationales sur le sujet ont eu lieu en 1984 et 1989, ce qui a déclenché une vague de recherches. En 1996, l'océanographe Charles Moore a fait une découverte stupéfiante : une immense étendue de débris plastiques tourbillonnant dans le gyre du Pacifique Nord, un tourbillon géant créé par la convergence des courants. Aujourd'hui, nous savons que ces "soupes de gyre" de morceaux de plastique polluent la surface des cinq gyres océaniques. En 2004, le biologiste marin Richard Thompson a été le premier à alerter sur la fragmentation des microplastiques en particules minuscules, invisibles à l'œil nu, de moins de 5 millimètres. Ces fragments sont désormais omniprésents dans les

sédiments et les eaux de surface des océans. En 2010, une analyse de 748 échantillons prélevés entre Cape Cod et la mer des Caraïbes a permis, pour la première fois, de caractériser les propriétés physiques de ces microplastiques : la plupart ont une taille inférieure à 10 millimètres et pèsent moins de 0,05 gramme. (Epsilon 2023)¹².

4.2. Définition

Le monde des microplastiques est un univers complexe et en constante évolution, et sa définition exacte fait l'objet de recherches et de discussions scientifiques intenses.

Si l'expression "microplastique" est couramment utilisée, elle englobe en réalité une grande diversité de particules, avec des tailles et des compositions chimiques variées. Actuellement, il n'existe pas de définition universellement acceptée pour les microplastiques. Deux groupes de travail au sein du comité technique ISO "plastique" s'attaquent à cette problématique : l'un se concentre sur la définition des termes clés, tandis que l'autre s'attèle à l'élaboration de méthodologies de quantification rigoureuses.

En attendant une définition officielle, on peut considérer les microplastiques comme des particules non minérales d'origine humaine, dont les dimensions s'étendent sur six ordres de grandeur, soit de 0,1 à 5 000 micromètres. Leur composition chimique est tout aussi hétérogène, reflétant la diversité des polymères, additifs, charges et autres substances présents dans leur fabrication. Si la taille maximale des microplastiques est généralement fixée à 5 millimètres (Arthur et *al*, 2009), certaines études retiennent un seuil de 1 millimètre (Bowner et Kershaw, 2010 ; Claessens et *al*, 2011 ; Vianello et *al*, 2013). En revanche, la limite inférieure n'est pas clairement définie, mais les particules inférieures à 0,1 micromètre sont généralement considérées comme relevant de la nanotechnologie (Frère, 2017).

4.3. Origine des microplastiques

Nos océans étouffent sous une marée de plastique, principalement d'origine terrestre. Cette pollution s'y déverse directement ou par le biais des fleuves (Andrady, A., 2011). A l'échelle mondiale, ces rejets, dus à une gestion défailante des déchets plastiques, devraient être multipliés par dix d'ici une décennie seulement (Jambeck, J.R., et *al*, 2015).

Les sources de microplastiques, principalement secondaires, sont multiples : déchets abandonnés dans la nature, perdus accidentellement ou transportés par le vent, décharges d'ordures et certaines activités industrielles. Parmi ces dernières, on trouve le décapage sans sable des surfaces métalliques peintes ou le nettoyage des pièces mécaniques au jet d'abrasif, qui utilisent des particules de plastique microscopiques, principalement primaires, pouvant

être rejetées dans les eaux usées par les stations d'épuration. Les produits cosmétiques et les émissions industrielles contribuent également à la pollution par les microplastiques, se retrouvant dans les effluents domestiques et industriels (Dr. Anke Schäfer, 2015).

En Suisse, les microplastiques issus de ces sources industrielles ne représentent cependant qu'une petite fraction de ceux observés dans l'environnement (moins de 6% en nombre et moins de 12% en poids, sauf dans le Rhône - jusqu'à 34%) (Faure F., de Alencastro, F., 2014).

4.4. Types de microplastiques

On distingue deux grandes catégories de microplastiques :

- Les microplastiques primaires, ou à usage intentionnel : ils sont fabriqués et utilisés sous forme de microparticules, comme les microbilles exfoliantes dans les produits cosmétiques ou les granulés de plastique utilisés dans le sablage industriel. (IUCN, 2017)
- Les microplastiques secondaires : ils résultent de la dégradation de plus gros fragments de plastique, sous l'action de l'usure, de l'érosion ou d'autres processus environnementaux. (Free et al, 2014).

Les sources de microplastiques secondaires : omniprésentes et aux multiples visages

- L'usure des objets en plastique en fin de vie : sacs, emballages, vêtements, etc., mal gérés et abandonnés dans l'environnement, se décomposent en fragments de plus en plus petits, générant des microplastiques. (Andrady, A., 2011)
- L'érosion des débris plastiques déjà présents dans l'environnement, notamment en milieu marin, contribue à la fragmentation et à la production de microplastiques. (Eriksen, M., Lebreton, L. C., Crawford, C. M., et al. 2014)
- Le transport aérien des débris plastiques : même dans des régions éloignées de l'activité humaine, des microplastiques peuvent être présents, provenant de l'usure et du transport par le vent de fragments plastiques issus d'autres zones. (Free, C. M., Carpenter, D. O., Stringer, R., et al, 2014)

Parmi les sources majeures de microplastiques primaires, on trouve :

- Les textiles synthétiques : lors du lavage des vêtements, des millions de fibres microscopiques se détachent et rejoignent les eaux usées, polluant finalement les rivières et les océans. (de Falco et al, 2018)

- Les filets de pêche : leur usure et leur perte en mer constituent une source importante de microplastiques, particulièrement dans les zones de pêche intensive.
- Les peintures : certaines peintures utilisées sur les bateaux ou pour le marquage routier contiennent des microparticules de plastique qui peuvent se détacher et se disperser dans l'environnement.
- Les pneus : l'usure des pneus lors de la conduite libère des microparticules de caoutchouc, un type d'élastomère souvent inclus dans la définition des microplastiques. (IUCN, 2017)

4.5. Critères de classification des microplastiques selon leurs tailles

Afin de mieux comprendre et appréhender la problématique des déchets plastiques en mer, la communauté scientifique a établi une classification basée sur la taille des fragments (Ryan *et al*, 2009 ; Thompson *et al*, 2009). Cette classification permet de distinguer différentes catégories de déchets, chacune présentant des caractéristiques et des impacts environnementaux spécifiques.

La classification la plus communément admise se base sur les dimensions suivantes : Méga-déchets : diamètre supérieur à 100 mm, Macro-déchets : diamètre supérieur à 20 mm, Mésodéchets : taille comprise entre 5 et 20 mm, Micro-déchets : taille inférieure à 5 mm

Certains auteurs proposent de limiter la définition des microplastiques aux fragments d'une taille supérieure à 1 ou 2 mm, afin de faciliter leur identification et analyse (Do Sul *et al*, 2009 ; Baztan *et al*, 2014).

D'autres auteurs, tels qu'Arthur *et al*. (2009), incluent tous les fragments de moins de 5 mm dans la catégorie des microplastiques. Cependant, il est important de noter que certains chercheurs considèrent que les microplastiques doivent avoir une taille inférieure à 1 mm (Browne *et al*, 2010 ; Claessens *et al*, 2011 ; Van Cauwenbergue *et al*, 2013).

4.6. Les impacts de la pollution par les microplastiques

Envahissant tous les recoins marins, y compris les zones de reproduction des poissons, les microplastiques constituent une menace grandissante pour la vie marine (A. Bakir *et al*, 2014). Présents dans l'eau et les sédiments, ces fragments minuscules et persistants exposent directement les organismes aquatiques à un danger multiple. Ingérés par inadvertance, les microplastiques contaminent les animaux marins, les exposant à des contaminants et à des lésions internes. Les organismes filtreurs, comme les moules, absorbent ces particules

directement, les concentrant dans leurs tissus. La menace ne s'arrête pas là. Les microplastiques ingérés par les proies se retrouvent ensuite dans les prédateurs, contaminant ainsi la chaîne alimentaire. Cette contamination indirecte peut atteindre des concentrations dangereuses pour la santé et la reproduction des organismes, y compris les humains qui consomment des poissons et fruits de mer contaminés. (Nelms SE et *al*, 2018).

Chapitre II

Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

Située au nord-est de l'Algérie, dans la région montagneuse de la Kabylie, la wilaya de Bejaïa s'étend sur 3 261 km² et abrite une population estimée à 915 836 habitants. Son territoire, baigné par la mer Méditerranée au nord, est délimité par les wilayas de Bouira et Bordj Bou-Arredj au sud, Tizi-Ouzou à l'ouest et Sétif et Jijel à l'est. (Figure N°5)

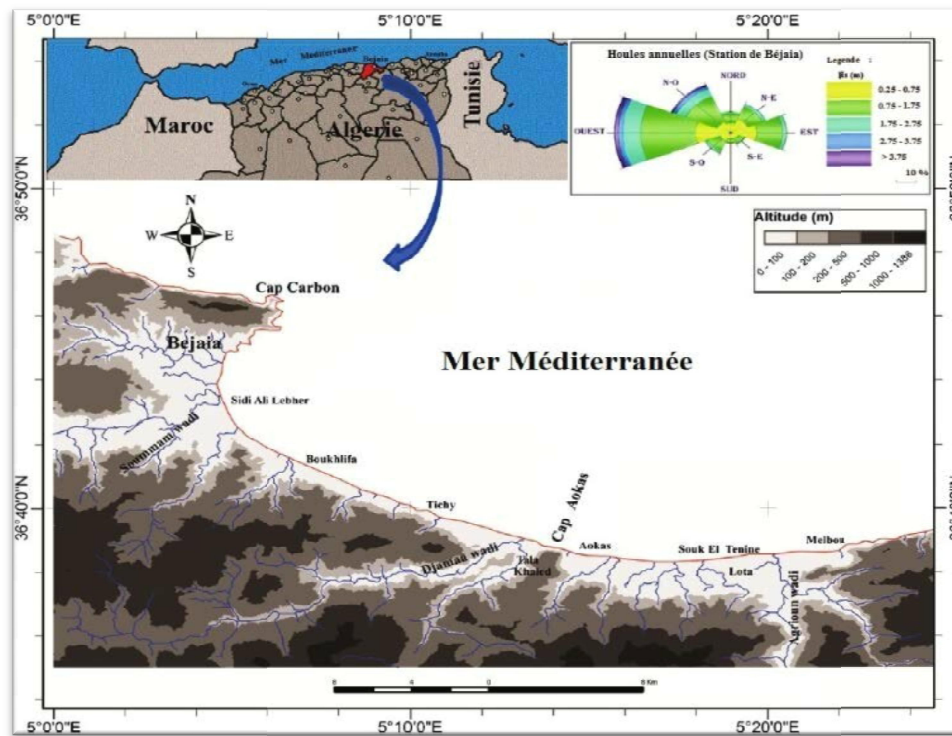


Figure 5: localisation du site d'étude (A. Mezhoud., C. Aoudj., F. Houma., 2017)

1.1. Climatologie de la zone d'étude

La Wilaya de Bejaïa offre une diversité climatique remarquable, avec des contrastes saisissants entre les zones littorales et montagneuses.

Le long de la côte et dans la vallée de la Soummam, un climat méditerranéen doux et tempéré règne toute l'année. Les hivers y sont doux et humides, tandis que les étés sont chauds et secs, offrant des conditions idéales pour profiter des plages et des activités nautiques.

Dans les zones montagneuses, le climat se caractérise par des étés chauds et secs, suivis d'hivers froids et neigeux. Les températures varient considérablement au cours de l'année, oscillant entre 13°C et 21,9°C en moyenne, avec des pics pouvant atteindre 0°C ou moins en hiver. Ces conditions hivernales enneigées font de la région une destination privilégiée pour les amateurs de sports d'hiver et de tourisme climatique.

La pluviométrie annuelle moyenne est de 791,3 mm, avec des précipitations concentrées principalement en hiver. Ce climat favorable à la végétation contribue à la beauté et à la richesse des paysages de la Wilaya de Bejaïa. (©interieur.gov.dz, 2021)¹³.

1.2. Courantologie de la zone d'étude

Le littoral de Bejaïa est un spectacle captivant où les vagues, venues du nord-ouest, du nord et du nord-est, façonnent la côte en fonction de leur direction et de leur hauteur. Les plages du nord-ouest sont particulièrement exposées aux vagues puissantes, tandis que celles du nord-est les reçoivent de manière oblique, ce qui réduit leur force. Les caps et promontoires, sentinelles de la côte, influencent la propagation des vagues, créant des zones abritées et des zones plus exposées. Ce ballet incessant entre vagues et reliefs façonne un paysage côtier unique et dynamique. (Mezhoud et al, 2017).

2. Echantillonnage

La réalisation de ce travail a été effectuée par une campagne d'échantillonnage pendant 3 mois de 11 février à 12 mai 2024. Pour la collecte de 150 individus d'échantillon appartenant à cinq différentes espèces benthiques (le poulpe, le pagre, la sépia (seiche), la raie, la sole).

2.1. Définition des espèces benthique

Dans le monde animal, chez les animaux aquatiques, le mot benthique est relatif à la vie en profondeur, à proximité des fonds marins. (Instinct Animal ,2020)¹⁴.

A. Poulpe :

Le poulpe affectionne tout particulièrement les zones rocheuses et sablonneuses situées à proximité des côtes. On le retrouve ainsi dans les eaux tempérées et tropicales du globe, où il s'épanouit jusqu'à une profondeur de 100 mètres. (Guide des espèces, 2023)¹⁵. (Figure N°6)



Figure 6: Poulpe (photo original)

B. Pagre :

Le pagre se distingue par sa biologie fascinante. Ce poisson méditerranéen naît femelle, mais devient mâle au cours de sa vie. Ce changement de sexe, appelé hermaphrodisme protogyne, intervient généralement vers l'âge de 3 ans, lorsque le pagre atteint une taille d'environ 24 cm. (fishipedia.fr, 2024)¹⁶. Figure N°7



Figure 7: Le pagre (photo original)

C. Sépia (seiche) :

La seiche, un mollusque céphalopode fascinant, est une présence commune dans les eaux de la Méditerranée. On la retrouve à des profondeurs variées, mais elle s'approche souvent des côtes, surtout au printemps et en automne. Ce comportement est encore plus marqué durant sa saison de reproduction, qui s'étend de mars à juillet. (Garmin, 2023)¹⁷ (Figure N°8)



Figure 8: La seiche (photo original)

D. La Raie :

Reconnaissables à leur corps plat et leurs nageoires en forme d'ailes, les raies peuplent les fonds marins du monde entier. La plupart d'entre elles ont élu domicile dans les profondeurs océanes, profitant de leur morphologie discrète pour se camoufler parmi le sable ou les rochers. (VetoFish, 2024)¹⁸ (Figure N°9)



Figure 9: La raie (photo original)

E. La sole :

Solea solea est un poisson plat originaire de la mer Méditerranée et de la façade est de l'Océan Atlantique. Cette espèce de sole est la plus répandue sur la côte Atlantique française. (Fishipedia.fr, 2024)¹⁹ (Figure N°10)



Figure 10: Solea solea (photo original)

2.2. Mesure de la taille et du poids

- **Le poids total** : c'est l'un des paramètres de l'étude biométrique, qu'on a effectué à l'aide d'une balance KERN PCB de précision 0,1g. (Figure N°12)

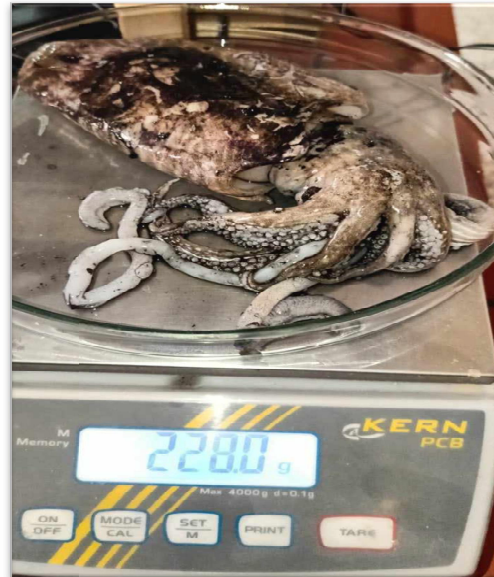


Figure 11: Pesage du poids total d'un mollusque (photo original)

- **La longueur totale** : En biologie marine, la longueur standard est un paramètre d'identification crucial pour les poissons. Elle s'obtient en mesurant le poisson à l'aide d'une règle graduée, de l'extrémité du museau jusqu'à la base du lobe inférieur de la nageoire caudale. (Figure 13)



Figure 12: Mesure de taille totale d'un mollusque (Photo original)

2.3. Récupération du contenu stomacale

Après le pesage du poids et de la taille et après avoir récupéré les tubes digestifs, on vide les contenus stomacaux dans des verres de montre étiquetés en indiquant le nom et le nombre de cet échantillon, qui passe directement au pesage du poids de ce contenu. (Figure N°14)



Figure 13: récupération des tubes digestifs, vidage d'estomac et pesage (photos originales)

3. La méthode utilisée pour l'évaluation des microplastiques

Dans cette étude, nous avons choisi la séparation par densité pour séparer les différents composants de notre échantillon. Cette méthode repose sur le principe de flottabilité, qui dépend de la masse de l'échantillon, de l'agitation appliquée, du rapport entre l'échantillon et le volume de solution utilisé, et de la densité de la solution elle-même.

Cependant, cette méthode présente un inconvénient : elle ne permet pas d'éliminer la matière organique présente dans l'échantillon (comme le mentionnent Claessens et al. 2013 ; Sun et al. 2019a ; Nuelle et al. 2014). Pour pallier à ce problème, nous avons ajouté une étape utilisant une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Ce choix s'explique par l'efficacité du peroxyde d'hydrogène en tant qu'agent oxydant puissant dans les réactions chimiques impliquant des composés organiques (Strukul. 1992).

Avantages de la méthode choisie :

- Simplicité de manipulation
- Coût réduit
- Absence de risques

Le protocole se déroule de la manière suivante :

-Le séchage des échantillons : après la récupération du contenu stomacal dans un verre de montre en les déposant dans l'étuve à 55° pendant une nuit (12h). (Figure N°15& 16)



Figure 14: Récupération du contenu d'estomac (photo originale)



Figure 15: Les séchages des échantillons (photo originale)

-La **préparation d'une solution hyper saline** : on prépare une solution de Na Cl saturé en mélangeant 70 g de sel pour 200 ml d'eau distillé, suivie d'une agitation a l'aide d'un agitateur.(Figure N°17)

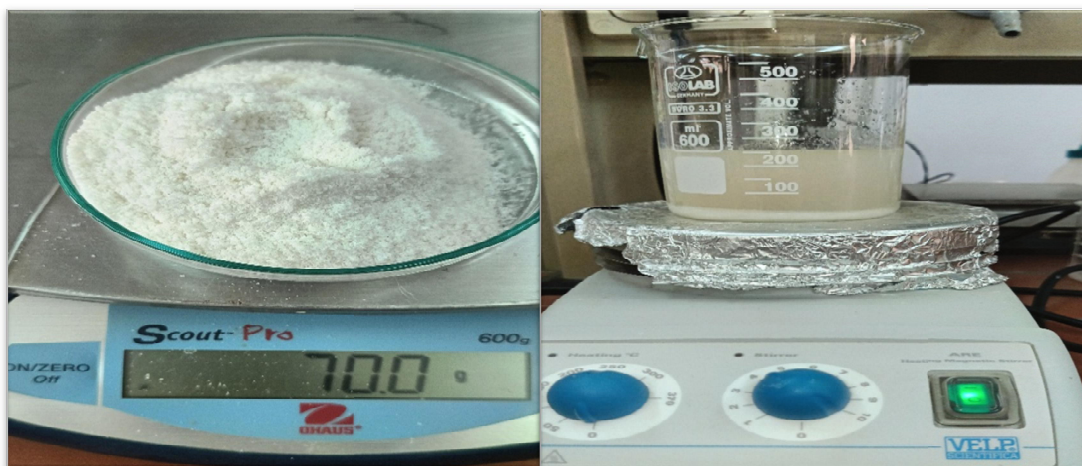


Figure 16: Préparation d'une solution hyper saline (photo originale)

-L'ajout de la solution Na Cl aux échantillons : on rajoute 50ml de la solution préparé pour chaque échantillon après un broyage délicat à l'aide d'un mortier, et on laisse reposer 10 min.(Figure N°18)



Figure 17: L'ajoute de la solution Na Cl aux échantillons et broyage (photo originale)

-La filtration des échantillons : qui consiste une filtration sous vide en faisant passer la solution à travers un papier filtre en microfibrilles, Puis on retire toute la matière restante dans des boîtes de pétri en verre. (Figure N°19)



Figure 18: La filtration (photo originale)

-L'ajout de l'eau oxygéné : On rajoute quelques gouttes de l'eau oxygéné (H_2O_2) de concentration 15% et on laisse reposer quelques minutes. (Figure N°20)

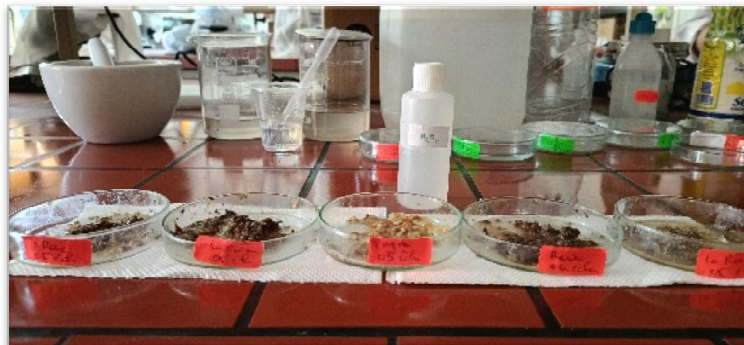


Figure 19: L'ajout d'eau oxygéné (photo original)

-**le séchage des échantillons** : on dépose les échantillons dans l'étuve pendant une nuit à 50°, ensuite on les retire pour l'observation. (Figure N°21)



Figure 20: Echantillons séchés (photo original)

-**L'observation des micros-plastique** : A l'aide d'une loupe OPTIKA, nous avons examiné attentivement chaque échantillon. Cette observation minutieuse a révélé une diversité étonnante de formes et de couleurs des microplastiques présents. (Figure N°22)



Figure 21: Observation des micros plastiques sous la loupe OPTIKA. (Photo original)

Chapitre III

Résultats et discussions

Ce chapitre représente les résultats de notre travail sur la présence et la répartition des micro-plastiques dans la côte de Bejaia.

Notre travail consiste en majorité de faire une étude sur des poissons benthiques de grande taille avec une valeur économique élevée qu'on ne peut pas acheter, donc on s'est contenté de prendre les dimensions de 2 échantillons au niveau des poissonneries qui ont bien voulu nous recevoir et nous ont cédés les vessies pour effectuer notre travail.

1. Distribution des micro-plastiques selon le poids total

Tableau 2: ci-dessous montre la taille et le poids maximal et minimal de différentes espèces.

Espèce	Poids Max	Poids Min	Taille Max	Taille Min
Poulpe	2000 g	935g	65 cm	37 cm
Pagre	1100 g	380 g	90 cm	30 cm
seiche	228 g	112 g	23 cm	12 cm
Raie	1450 g	408 g	60 cm	39 cm
Sole	0,065 g	0,020 g	18 cm	5 cm

2. Distribution des microplastiques selon le poids viscéral de chaque espèce

a) Le poulpe :

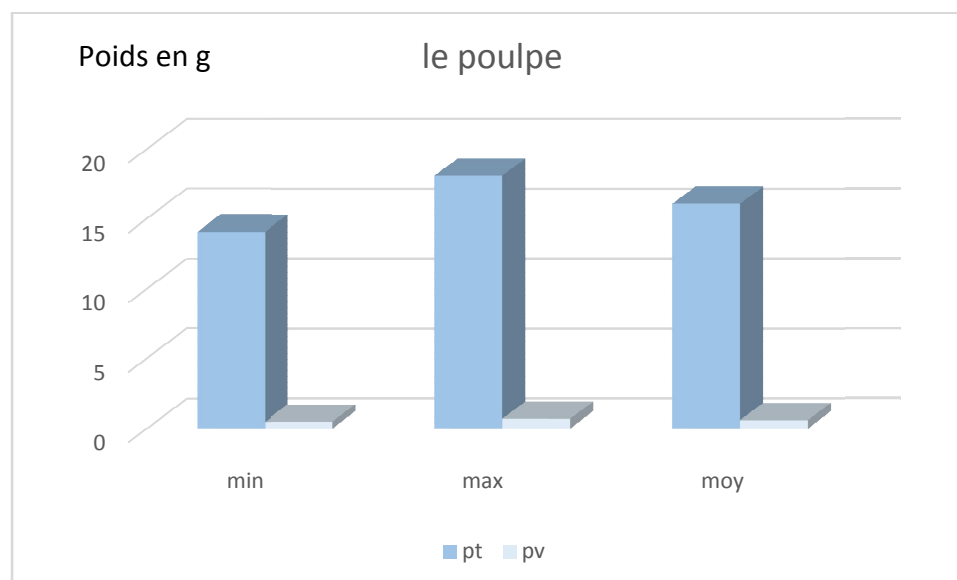


Figure 22: Histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de poulpe.

Le résultat montre la variation du poids de tube digestif et de la masse viscérale comprises entre 14,1g et 18,1 g avec une moyenne de 23,88g pour le poids du tube digestif, et entre 0,3g et 0,8g avec une moyenne de 0,53 g pour le poids viscéral.

b) Le pagre :

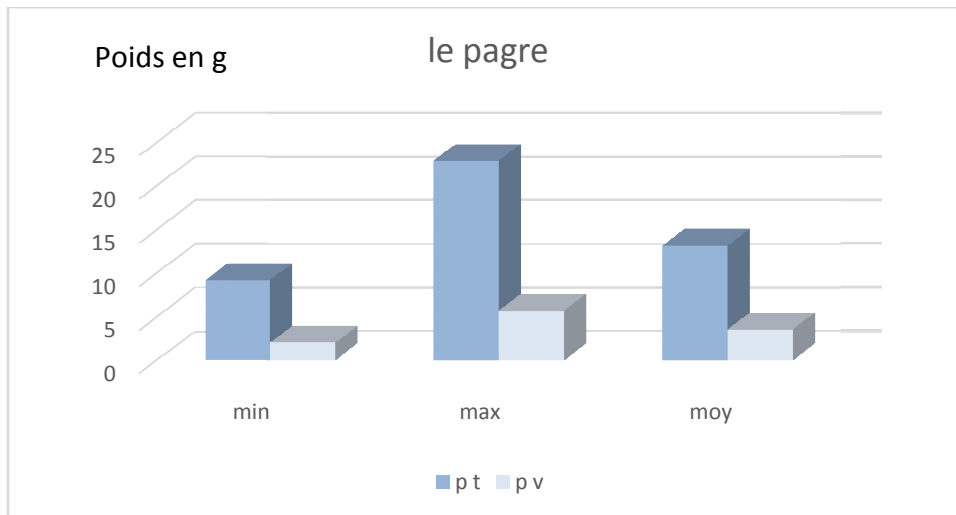


Figure 23: Histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de pagre.

Les résultats montrent la variation du poids de tube digestif et de la masse viscérale comprise entre 9,2g et de 22,9g avec une moyenne de 13,17g pour le poids du tube digestif, et entre 2g et 5,7g avec une moyenne de 3,55 g pour le poids viscéral.

c) La seiche

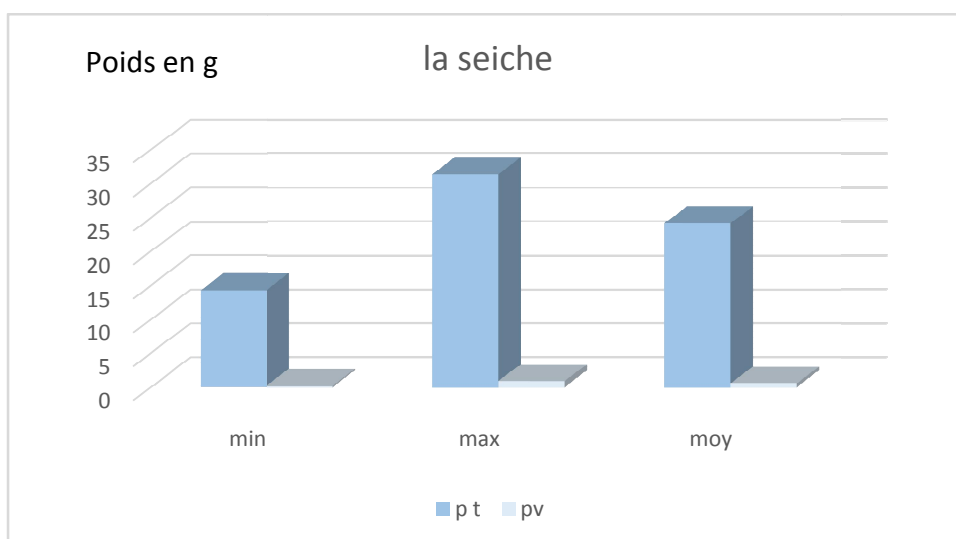


Figure 24: histogramme représente les valeurs minimales et maximales selon le poids leur masse viscérale du tube digestif de la seiche.

Les résultats montrent la variation du poids de tube digestif et de la masse viscérale comprise entre 14,3 g et de 31,4 g avec une moyenne de 24,11 g pour le poids du tube digestif, et entre 0,2 g et 0,9 g avec une moyenne de 0,53 g pour le poids viscéral.

d) La raie :

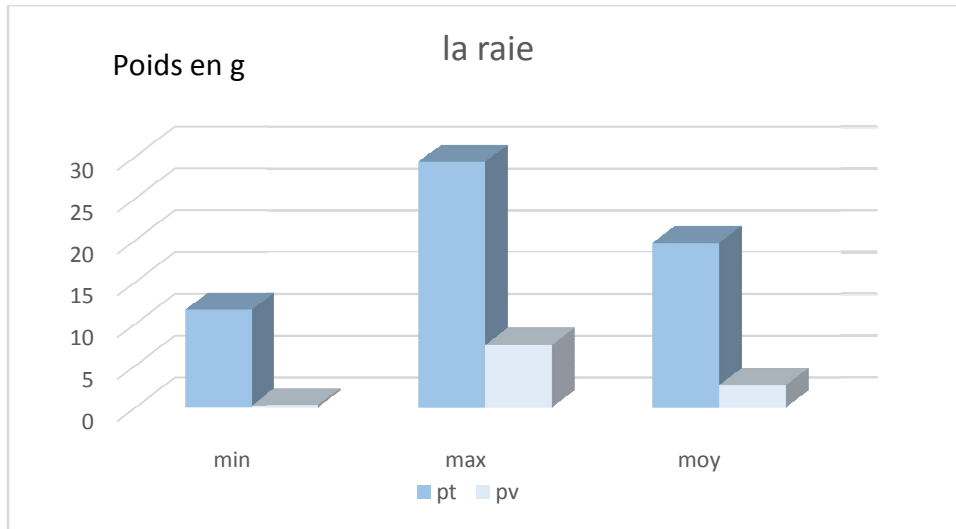


Figure 25: histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse du tube digestif viscérale de la raie.

Les résultats montrent la variation du poids de tube digestif et de la masse viscérale comprise entre 11,7 g et de 29,4 g avec une moyenne de 19,70 g pour le poids du tube digestif, et entre 0,3 g et 7,5 g avec une moyenne de 2,67 g pour le poids viscéral.

e) La sole :

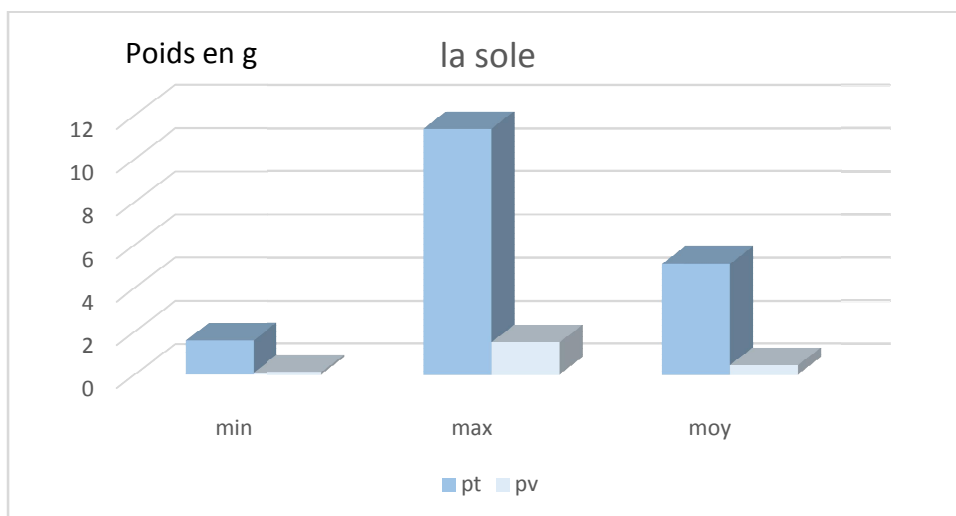


Figure 26: Histogramme représente les valeurs minimales et maximales de poids selon leur masse viscérale du tube digestif de la sole.

Les résultats montrent la variation du poids de tube digestif de la masse viscérale comprises entre 1,6 et de 11,4 g avec une moyenne de 5,14g pour le poids du tube digestif, et entre 0,1g et 1,5 g avec une moyenne de 0,44g pour le poids viscéral.

3. Les différents formes et couleurs observés

Les formes retrouvées : les fils, les fragments et le filament

Les couleurs retrouvées : le rouge, le bleu, le vert, le noir, le violet le marron et le transparent.

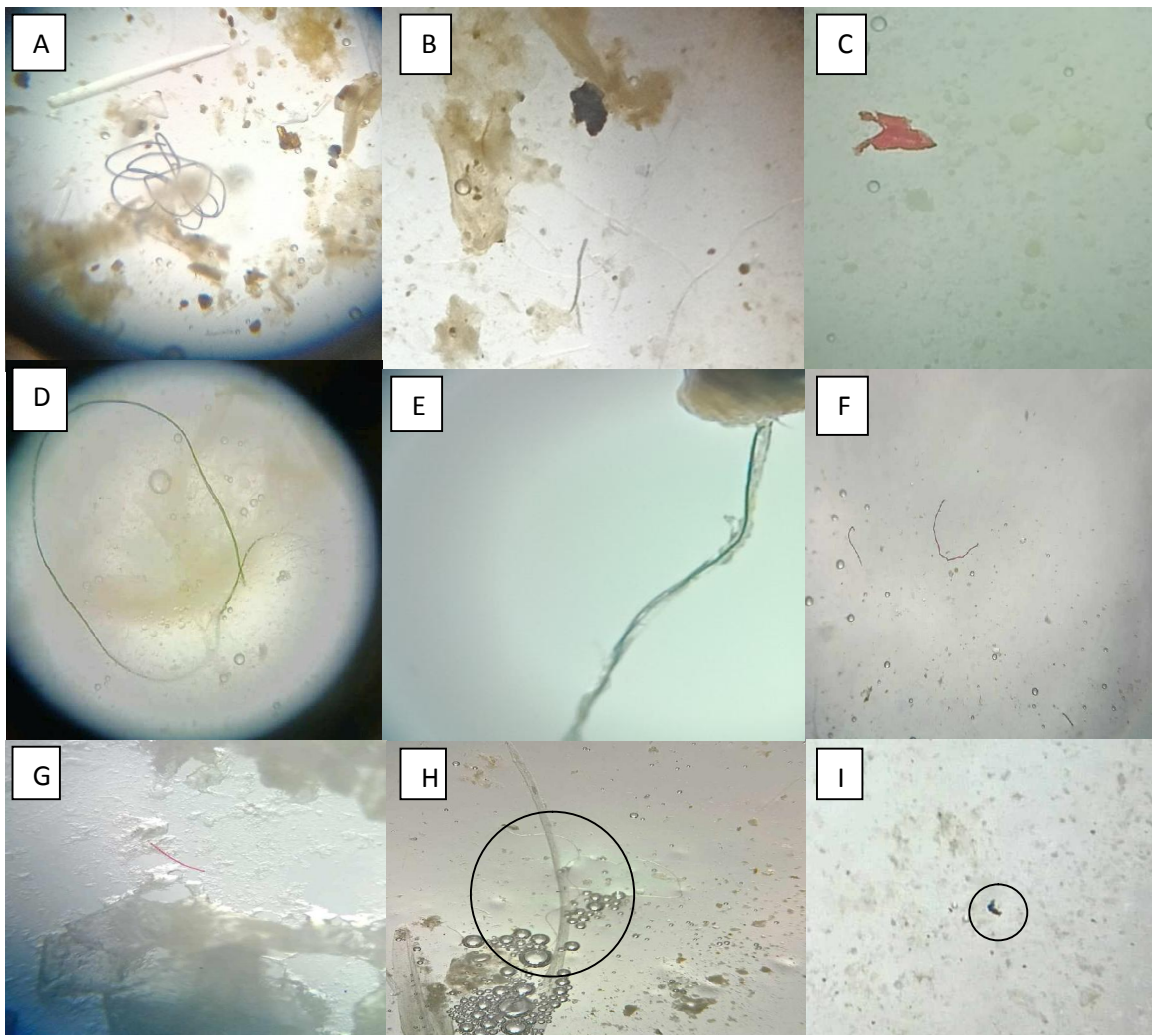


Figure 27: Différentes formes et couleurs de microplastiques : A. file bleu, B. filament noir, C. filament rouge, D. file vert, E. fil vert, F. fils violets, G. file rouge, H. file transparent, I. fragments (photos originales).

Tableau 3: Formes des microplastiques et leur nombre

Forme de Mps retrouvée	Nombre de Mps	Pourcentage % de Mps
file	1143	97,35%
fragment	24	2,04%
filament	7	0,59%

4. Distribution des micro-plastiques selon les espèces

Pour la réalisation de notre étude 150 individus ont été récupéré appartient à 5 espèce benthique de même nombre, on a retrouvé 1174 MPs de façon variable selon ces espèces.

Tableau 4: Le pourcentage de microplastiques chez les différentes espèces.

Espèces	Nombre d'individu	Nombre de MPs	Pourcentage des MPs selon le nombre d'individu (%)
poulpe	30	301	25.63
pagre	30	458	39.01
sépie	30	165	14.05
la raie	30	130	11.07
La sole	30	120	10.22

Selon les résultats qu'on a trouvés pendant notre observation on a constaté que le pagre est l'espèce qui a ingéré le plus de microplastique avec un pourcentage de 39.01%.

5. Distribution des microplastiques selon leur couleur

D'après les résultats de notre observation des MPs sous le stéréomicroscope ont à conclu la présence de 7 différentes couleur d'un nombre différent pour chacun.

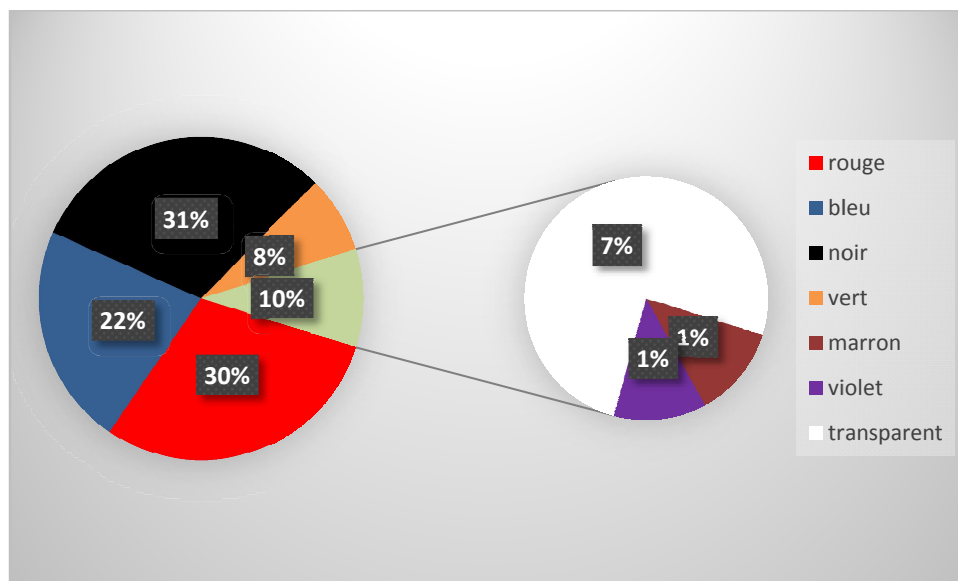


Figure 28: Un cercle relatif représente le pourcentage des MPs de tous les espèces selon leur couleur.

Le noir c'est la couleur dominante parmi les 7 couleurs retrouvée avec un pourcentage de 31,9% suivi par le rouge et le bleu, tandis que le transparent, le vert en fin le marron et le violet avec un même pourcentage de 1,08%.

Les tableaux et leurs cercles ci-dessous représentant le nombre des couleurs des MPs retrouvées dans chaque espèce.

a) Le poulpe :

Tableau 5: Le nombre total des MPs selon la couleur.

Couleur	Rouge	Bleu	Noir	Vert	Marron	Violet	Transparent
Nombre	105	56	95	39	/	4	2

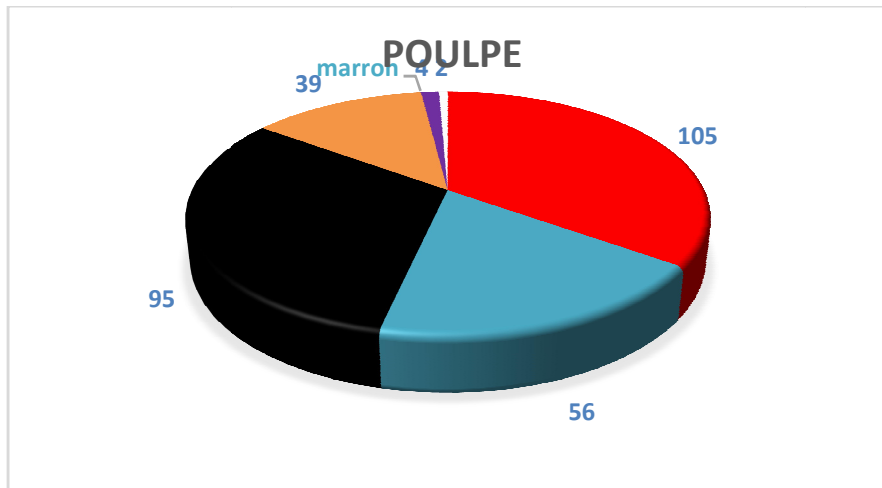


Figure 29: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de poulpe selon la couleur.

La couleur dominante dans le pagre c'est le noir.

b) Sépia :

Tableau 6: Le nombre total des MPs selon la couleur.

Couleur	Rouge	Bleu	Noir	Vert	Marron	Violet	Transparent
nombre	72	33	45	9	6	/	/

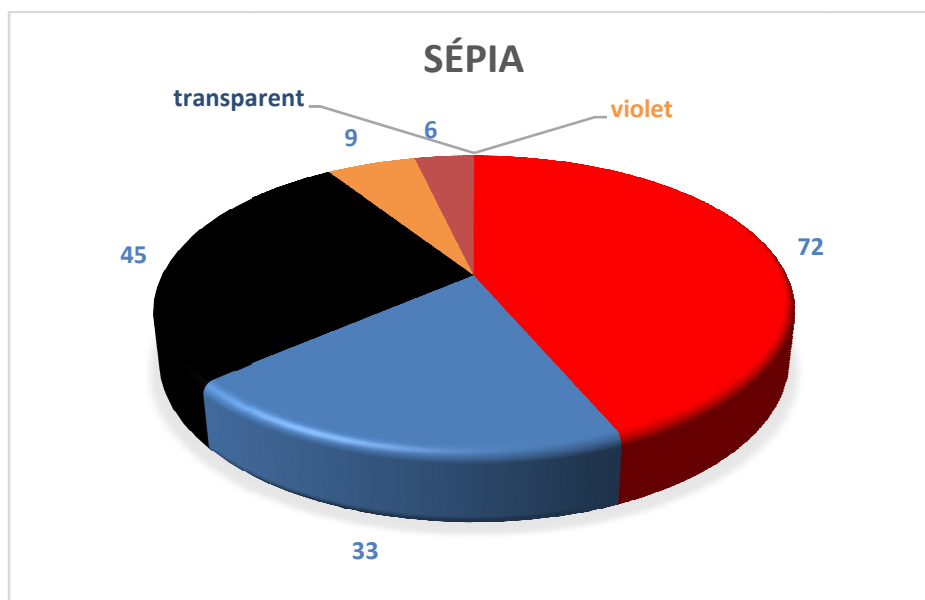


Figure 30: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de la seiche selon la couleur.

Chapitre III Résultats et discussions

La couleur dominante dans la seiche c'est le rouge.

c) La raie :

Tableau 7: Le nombre total des MPs selon la couleur.

Couleur	Rouge	Bleu	Noir	Vert	Marron	Violet	Transparent
Nombre	47	35	38	5	/	6	/

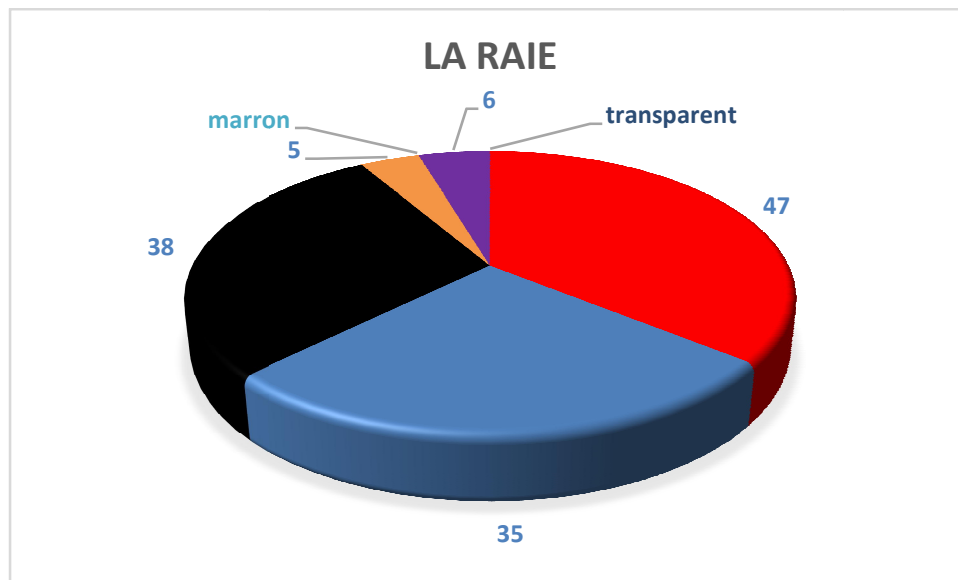


Figure 31: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de la raie selon la couleur.

La couleur dominante dans la raie c'est le rouge.

d) La sole :

Tableau 8: Le nombre total des MPs selon la couleur.

Couleur	Rouge	Bleu	Noir	Vert	Marron	Violet	Transparent
Nombre	25	39	41	8	6	1	/

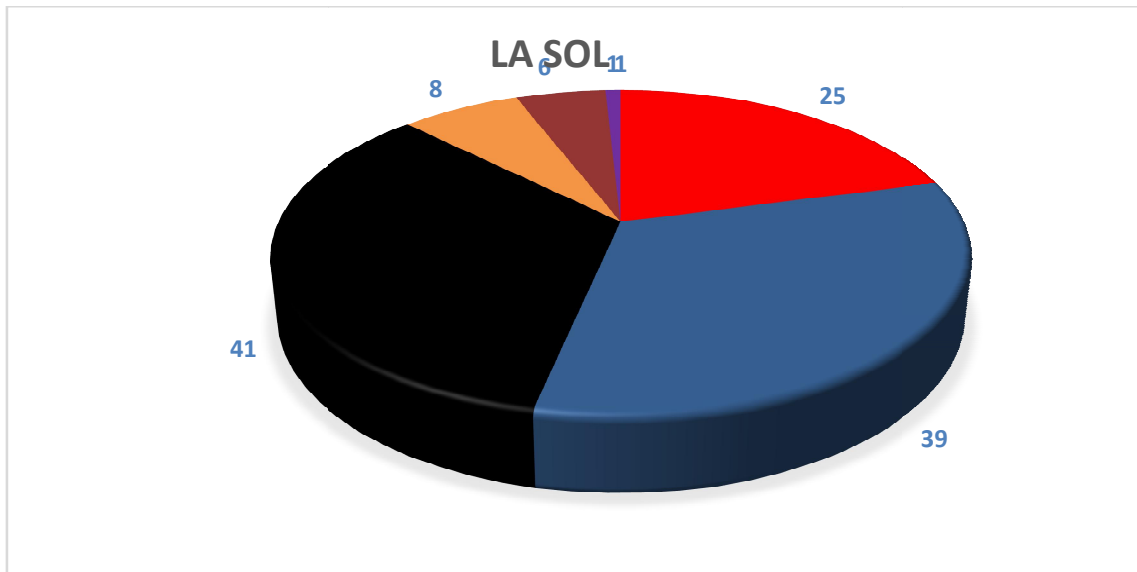


Figure 32: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de la sole selon la couleur.

La couleur dominante dans la sole c'est le noir

e) Pagre :

Tableau 9: Le nombre total des MPs selon la couleur.

Couleur	Rouge	Bleu	Noir	Vert	Marron	Violet	Transparent
Nombre	99	97	142	29	2	4	85

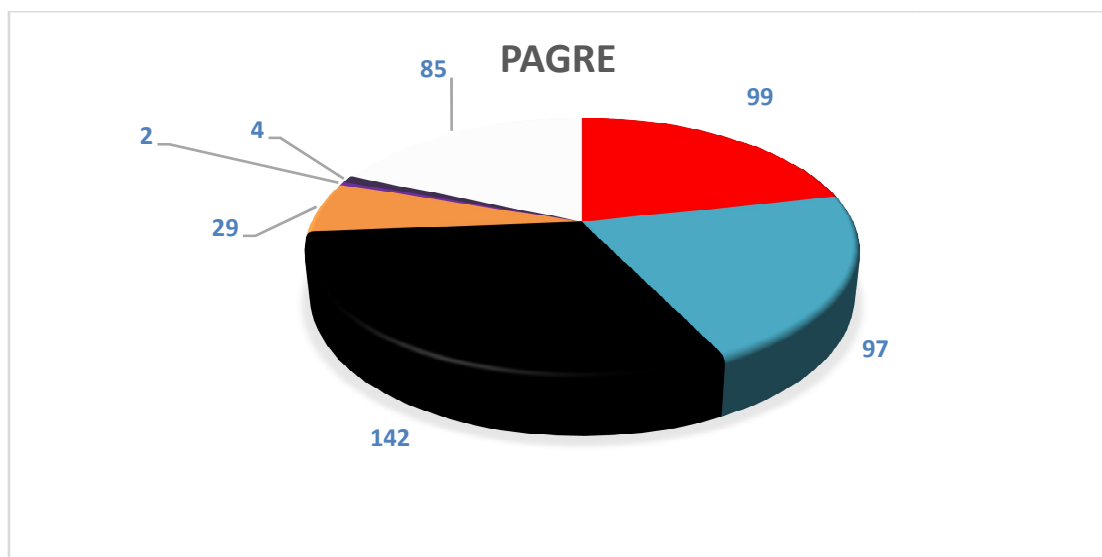


Figure 33: Un cercle relatif représente le nombre total des MPs de pagre selon la couleur.

La couleur dominante dans le pagre c'est le noir

Discussions

Après la réalisation de notre étude, les résultats montrent que tous les individus analysés contenaient des MPs dans leurs estomacs. Cette découverte alarmante s'inscrit dans un contexte international préoccupant, déjà mis en lumière par des recherches similaires au Brésil (Pazos *et al*, 2017) et en Méditerranée orientale (van der Hal *et al*, 2017). En effet, ces études ont également démontré la présence de MPs dans 100% des poissons étudiés.

- **Le poulpe et le pagre** ont les poids moyens les plus élevés et contiennent également le plus grand nombre de MPs. Cela pourrait suggérer que la taille corporelle est un facteur influençant la quantité de MPs ingérée. Les poissons plus gros pourraient avoir un plus grand volume digestif et donc ingérer plus de nourriture et de débris, y compris des MPs.
- **La sole** a un poids moyen le plus bas et contiennent également le moins de MPs. Cela pourrait confirmer l'hypothèse de la taille corporelle.
- **La raie et la seiche** ont les poids moyens intermédiaires et contiennent un nombre de microplastiques proche de celui du poulpe et du pagre. Cela pourrait indiquer que d'autres facteurs que la taille corporelle influence la quantité de microplastiques ingérée, tels que le régime alimentaire ou l'habitat.

Une étude récente menée par Sbrana *et al.* (2020) a révélé une relation préoccupante : les individus en moins bonne condition physique ingèrent des quantités de microplastiques plus importantes que les individus en meilleure condition physique.

- **Le poulpe et le pagre** sont des prédateurs carnivores qui consomment des poissons, des crustacés et d'autres animaux marins. Ces proies pourraient être la source des microplastiques retrouvés dans leurs estomacs.
- **La sépia et la raie** sont des prédateurs benthiques qui se nourrissent d'invertébrés et d'algues vivant sur le fond marin. Ils pourraient être exposés aux microplastiques présents dans les sédiments marins.
- **La sole** est un poisson plat détritivore qui se nourrit de détritus et de petits organismes benthiques. Elle pourrait être exposée aux microplastiques présents dans la chaîne alimentaire benthique.

L'étude d'Alfaro-Núñez *et al.* (2021) intitulée "Microplastic pollution in seawater and marine organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos" s'est penchée sur la présence de microplastiques dans l'eau de mer et les organismes marins dans la région du Pacifique Est tropical et des Galapagos.

L'un des résultats clés de cette étude est que les espèces carnivores ingèrent plus de microplastiques que les espèces herbivores et détritivores.

Les chercheurs ont analysé les contenus stomacaux de 14 espèces de poissons et d'invertébrés marins. Ils ont constaté que :

- 77% des espèces carnivores présentaient des fragments de microplastique dans leur tube digestif.
- 63% des espèces planctivores (se nourrissant de plancton) étaient également contaminées.
- Seulement 20% des espèces détritivores (se nourrissant de débris) contenaient des microplastiques.

Les fils sont la forme la plus fortement trouvée dans cette étude avec un pourcentage 97,35%, Les fragments de plastique, deuxième type de débris le plus répandu, représentent 2,04% du total. Ces fragments peuvent provenir de diverses sources, notamment les filets de pêche, les fibres de linge et les granulés ou des fragments de polymères de plastique oxobiodégradable (Lattin ; *et al.*, 2004, Reddy ; *et al.*, 2006, O'Brine; 2010, Doyle, *et al.*, 2011,).

Le noir est la couleur de microplastique la plus répandue dans cette étude, représentant un nombre de 361. Ce constat est corroboré par deux autres études (Bellas *et al.*, 2016 ; Frère, 2017). Le rouge arrive en deuxième position avec un nombre de 348. Cette présence, couplée à celle du bleu avec un nombre de 260 suggère que ces microplastiques sont plus récents dans l'environnement et ont donc été ingérés plus récemment par les poissons (Nithin *et al.*, 2021) que les microplastiques noirs. Les autres couleurs de microplastiques sont présentes en quantités négligeables.

Conclusion

Cette étude menée au large de Béjaïa a mis en lumière une réalité alarmante : la contamination par les microplastiques des poissons benthiques. L'analyse de cinq espèces benthiques distincte a révélé la présence de MPs dans l'estomac de tous les individus examinés. Ces résultats indiquent que la pollution par le plastique a affecté le fond marin.

L'ingestion de MPs par les poissons peut avoir des conséquences désastreuses sur leur santé et leur bien-être. Ces minuscules particules peuvent obstruer les voies digestives, provoquer des lésions internes et interférer avec l'absorption des nutriments essentiels.

De plus, les MPs peuvent agir comme des vecteurs de polluants chimiques, s'accumulant dans les tissus des poissons et contaminant ainsi la chaîne alimentaire. Les prédateurs qui consomment des poissons contaminés, tels que les oiseaux marins et les mammifères marins, sont également exposés à ces dangers. L'invasion des MPs menace l'équilibre des écosystèmes marins, affectant la reproduction des poissons.

Face à ce péril imminent, une mobilisation collective est indispensable pour protéger le littoral de Béjaïa et la vie marine qu'il abrite. Des actions concrètes doivent être mises en œuvre à tous les niveaux par renforcer la législation et mettre en place des contrôles rigoureux pour empêcher les déversements illégaux de déchets dans les eaux marines sont indispensables pour protéger l'environnement. Promouvoir l'éducation à l'environnement et sensibiliser le public aux enjeux de la pollution plastique sont des actions essentielles pour susciter un changement de comportement et mobiliser la société civile....

La préservation du littoral de Béjaïa et de ses richesses marines inestimables est une responsabilité partagée. Gouvernements, entreprises, organisations non gouvernementales et citoyens, chacun a un rôle crucial à jouer pour agir face à la menace du plastique.

En adoptant des comportements responsables, en soutenant des initiatives durables et en s'impliquant dans la protection de l'environnement, nous pouvons collectivement faire face à ce défi et garantir un avenir sain aux écosystèmes marins de Béjaïa.

Références Bibliographiques

- **Arthur, C., Baker, J., Bamford, H., et al. (2009).** Review of methods for the detection and quantification of microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 58(10), 1531-1549.
- **Alimi.; Farner Budarz.; Hernandez.; Tufenkji. (2018).** Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. *Environmental Science & Technology*.
- **Andrady, A. (2011).** Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1591-1602.
- **Anne T, (2014).** R63 la dégradation des plastiques en mer, par C, Dussud et J-F, Ghiglione
- **Alfaro-Núñez, Diana Astorga , Lenin Cáceres Farías, Lisandra Bastidas , Cynthia Soto Villegas , Kewrin Macay6 & Jan H. Christensen., (2021).** Microplastic pollution in seawater and marine organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos. *Scientific reports* 11:6424.
- **Bowmer, T., & Kershaw, P. (2010).** Observations on the presence of microplastics in coastal marine sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 60(5), 639-643.
- **Bellas , Martínez-Armental , Martínez-Cámara , Besada , Martínez-Gómez., (2016).** Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. 109, 55–60.
- **Bonhomme, S., Cuer, A., al. (2003).** Environmental biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*, 81: 441-452.
- **Browne M.A., Galloway T.S., Thompson R.C., (2010).** Spatial Patterns of plastic Debris along Estuarine Shorelines, *Environ. Sci-Technol.* 44, 3404- 3409. Doi : 10. 1021/es 903784
- **Bayard, Lipeme Kouyi, Gautier, Dumont, Lebouil, et al. (2021),** Micro-particules organiques synthétiques : sources, transfert, quantification et impacts des micro- et nanoplastiques 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.
- **Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009).** Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998.

- **Chrispin Petro Kapinga, Shing Hin Chung (2020).**Sources of Marine Plastic Pollution: A Global Perspective. *Water*, MDPI, 12(5), 685. <https://www.mdpi.com/journal/World>
- **Claessens, M., Vanhee, R., Vandeputte, M., et al. (2011).** Size, shape and composition of microplastics in the Seine River and its tributaries. *Environmental Pollution*, 159(11), 3391-3395.
- **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.
- **Do Sul, L. F. B., Costa, E. M. B., Silva-Castro, C. B., et al. (2009).** Plastic pollution at sea: A global assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 58(10), 1202-1215.
- **Deng. ; Zhang. ; Lemos. ; Ren. (2017),** Tissue Accumulation of Microplastics in Mice and Biomarker Responses Suggest Widespread Health Risks of Exposure. *Sci. Rep.* 7 (1).
- **Dussud C and Ghiglione JF.** Bacterial degradation of synthetic plastics. CIESM Monograph 46 on Marine Litters. Sous presse.
- **Dr. Anke Schäfer. (2015).** Microplastics in cosmetic products: What are the risks? <https://www.greenpeace.ch/fr/story-fr/25787/les-microplastiques-particules-cosmetiques-et-fibres-textiles/>
- **De Falco, F., Gullo, M. P., Gentile, G., Di Pace, E., Cocca, M., Gelabert, L., ... & Brouta-Agnésa, M. (2018).** Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. *Environmental Pollution*, 236, 916-925. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9920460/>
- **Doyle.; Watson.; Bowlin.; Sheavly. (2011),** Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Mar. Environ. Res.* 71, 41–52.
- **Eriksen, M., Lebreton, L. C., Crawford, C. M., et al. (2014).** Plastic pollution in the world's oceans: More than just a marine problem. *Environmental Research Letters*, 9(12), 121202.
- **Frère, T. (2017).** Microplastics: A threat to marine ecosystems? *Environmental International*, 104, 302-309.
- **Faure F., de Alencastro, F. (2014).** Etat des lieux des microparticules dans les eaux suisses. Office fédéral de l'environnement OFEV. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/waste/info-specialists/waste-policy-and-measures/plastics-in-the-environment.html>

- **Fonty, G. (2021).** L'effet des plastiques sur les écosystèmes marins. *La Revue Du Centre Michel de L'Hospital*, 23. <https://doi.org/10.52497/revue-cmh.425>
- **Fries., Dekiff., Willmeyer., Nuelle., Ebert., Remy., (2013).** Identification of polymer types and additives in marine microplastic particles using pyrolysis-GC/MS and scanning electron microscopy. *Environ. Sci. Process. Impacts* 15, 1949–1956.
- **Gérard FONTY, (2021),** L'effet des plastiques sur les écosystèmes marins, *La Revue du Centre Michel de L'Hospital* [En ligne], 23 | 2021, mis en ligne le 28 mars 2022, consulté le 06 juin 2024. URL : <http://revues-msh.uca.fr/revue-cmh/index.php?id=425>
- **Ghosh SK, Pal S and Ray S, 2013.** Study of microbes having potentiality for biodegradation of plastics. *Environmental Science and Pollution Research* 20: 4339-4355.
- **Hannah Leung, 21 avril (2018).** Five Asian Countries Dump More Plastic into Oceans Than Anyone Else Combined: How You Can Help
- **Huang., Qureshi., Liu., Sun., Zhang., Wang., (2020).** Hyperspectral imaging as a potential online detection method of microplastics. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1–10.
- **İpekoğlu, B., Böke, H., and Çizer, Ö. (2007).** Assessment of material use in relation to climate in historical buildings. *Building and Environment*, 42(2), 970-978.
- **IUCN (2017).** Primary microplastics in the oceans: Environmental sources, fate and risk. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002-En.pdf>
- **Imhof., Laforsch., Wiesheu., Schmid., Anger., Niessner., Ivleva., (2016).** Pigments and plastic in limnetic ecosystems: a qualitative and quantitative study on microparticles of different size classes. *Water Res.* 98, 64–74.
- **Ioakeimidis, C., Zeri, C., Kaberi, H., Galatchi, M., Antoniadis, K., Streftris, N., ... & Papatheodorou, G. (2014).** A comparative study of marine litter on the seafloor of coastal areas in the Eastern Mediterranean and Black Seas. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 296-304.
- **Jambeck, J.R., Geyer, A., Wilcox, R.C., et al. (2015).** Plastic waste inputs from marine sources to global seas. *Science*, 347(6223), 768-771.
- **Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., & Law, K. L. (2015).** Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.

- **Jamieson, Brooks, Reid, et al. (2019).** Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. *R Soc open sci* 6: 180667
- **Lmbert,S ., Sinclair , C ., Boxall, A. (2014)** occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment. *Rev Environ Contam Toxicol.* 227:1-23
- **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 qualitative determination of microplastics. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 149, 104–841
- **Löder.; Gerds. 2015.** Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics—A Critical Appraisal. In *Marine Anthropogenic Litter*; Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M., Eds.; Springer International Publishing: Cham, p 201–227.
- **Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., & Noble, K. (2018).** Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific reports*, 8(1), 4666. Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, 92(1-2), 170-179.
- **Lattin; Moore.; Zellers.; Moore.; Weisberg. (2004).** A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 291–294.
- **Morét-Ferguson, S., Galgani, J.-P., Huet, C., Paini, M., Dubourg, S., & Rybinski, A. (2010).** Les plastiques : une source de contamination des sols. *Revue des sciences de l'eau*, 29(3), 369-388.
- **M. guillemot et C. Patrascu., Classification des matières plastiques », version 2-avril (2019)** INRS, Métroloie des polluants, Expertise et consiels techniques,(metropol@inrs.fr) Base de données « plastique, risque et analyse thermique »
- **Mansui, J. (2015).** Observation et modélisation des macro-déchets en mer Méditerranée, de la large échelle aux échelles côtière et littorale. Thèse de Doctorat. Université de Toulon. Institut Méditerranéen d'Océanologie.
- **Mezhoud, Cherif, Houma-bachari .(2017).** Evaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Bejaïa, Algérie. *EDITION 4, SPLIT, CROATIA* (2017).
- **McCormick, A. ; Hoellein, TJ ; Maçon, SA ; Schlüp, J. ; Kelly, JJ, (2014).** Le microplastique est un habitat microbien abondant et distinct dans une rivière urbaine. *Environ.Sci. Technologie.*2014,48, 11863-11871. [RéfCross]
- **Norén., (2007).** Small plastic particles in Coastal Swedish waters. *Tech. Rep. 0. KIMO.*

- **Nithin , Sundaramanickam , Surya , Sathish , Soundharapandiyan , Balachandar.,(2021).** Microplastic contamination in salt pans and commercial salts – A baseline study on the salt pans of Marakkanam and Parangipettai, Tamil Nadu, India. *Mar. Pollut. Bull.* 165, 112101.
- **O’Brine.; Thompson. (2010).** Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 2279– 2283.
- **Plastics Europe. Plastics–the facts (2016):** an analysis of European plastics
- **Plastics Europe (2016):** Analyse des tendances du marché des plastiques en Europe (en anglais) : <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>
- **azosa Rocío S., Tomás Maizteguia, Darío C. Colauttia, Ariel H. Paracampo, Nora Gómez.** (2017). Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin* 122 (2017) 85–90.
- **Rummel, Löder, Fricke, et al. (2016).** Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 102 : 134–41.
- **Ryan, P. G., Fraser, J. B., Thompson, R. C., & Van Weele, B. (2009).** A global assessment of marine litter. *Environmental Science & Technology*, 43(22), 8002-8008.
- **Sophie Bahé, (2008).** Les pollutions maritimes accidentelles en France : risques, planification, gestion de crise, école pratique des hautes études, p.11.
- **Shah AA, Hasan F, Hameed A and Ahmed S, (2008).** Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnology advances*, 26(3): 246-265.
- Sivan, A., 2011. New perspectives in plastic biodegradation. *Current Opinion in Biotechnology*, 22: 422-426
- **Siwar Dabboub, (2023).** Etude de la pollution par les microplastiques dans les sédiments et les eaux de surfaces au Golfe de Tunis, plages de Ghar El Melh et Chatt Mami, Diplôme de Mastère de Recherche en Géologie. P.21
- **Silva.; Bastos.; Justino.; da Costa.; Duarte.; Rocha-Santos. (2018).** Microplastics in the Environment: Challenges in Analytical Chemistry - A Review. *Analytica ChimicaActa*, 1017, 1–19.
- **Sivan A, (2011).** New perspective in plastic biodegradation. *Current Opinion in biotechnology*, 22: 422-426
- **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.

- **Sekudewicz, I.; Dabrowska, AM; Syczewski,(2020).**MD Pollution microplastique dans les eaux de surface et les sédiments dans la partie urbaine de la Vistule (Pologne). *Sci.Environ. Total.*2020, 763, 143111. [RéfCross] [PubMed]
- **Surfrider Foundation Europe, (2019).**Kit pédagogique, l'océane et la menace plastique, P12
- **Sbrana Alice, Tommaso Valente , Umberto Scacco, Jessica Bianchi, Cecilia Silvestri, Luca Palazzo , Giuseppe Andrea de Lucia , Claudio Valerani , Giandomenico Ardizzone , Marco Matiddi., (2020).** Spatial variability and influence of biological parameters on microplastic ingestion by Boops boops (L.) along the Italian coasts (Western Mediterranean Sea). *Environmental Pollution* 263 (2020) 114429.
- **Thompson. (2004).** Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304 (5672), 838– 838.
- **Tibbetts, J.; Krause, S.; Lynch, moi; Smith, (2018).**Abondance, distribution et facteurs de contamination microplastique dans les environnements fluviaux urbains du SGH.Eau2018, dix, 1597. [RéfCross]
- **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.
- **Vianello, M., Fadini, D., & De Marco, A. (2013).** Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification.*Environmental Pollution*, 174, 83-87.
- **VIEL G ; (2013).** Valorisation des coproduits marins : Perspectives et développement dans la valorisation des coproduits marins. Centre de recherche pour la biothechnologie marines, p3.
- **Van der Hal,Ariel,Angel. (2017).** Exceptionally high abundances of microplastics in the oligotrophic Israeli Mediterranean coastal waters. *Mar Pollut Bull. Mar* 15 ;116(1- 2) :151-155
- **Wilcox, Puckridge, Schuyler, et al. (2018).** A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. *Scientific Reports* 8: 1–11.

Références Numériques

(01): National Geographic, (2020).

<https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2020/06/la-mediterranee-mer-la-plus-polluee-du-monde>

(02): Actu-Environnement, (2012).

<https://www.actu-environnement.com/ae/news/expedition-MED-scientifiques-microplastiques-mediterranee-ingestion-poissons-15700.php4>

(03): Ecophytopic, (2023).

[https://ecophytopic.fr/leviers/concevoir-son-systeme/prendre-en-compte-les-risques-de-contamination-de-lenvironnement#:~:text=Le%20terme%20pollution%20désigne%20"l,qui%20entraînent%20des%20détériorations%20aux](https://ecophytopic.fr/leviers/concevoir-son-systeme/prendre-en-compte-les-risques-de-contamination-de-lenvironnement#:~:text=Le%20terme%20pollution%20désigne%20)

(04): National Geographic Society Education, (2019).

<https://education.nationalgeographic.org/resource/resource-library-plastic-pollution>

(05): Algérie presse service, (2021).

<https://www.aps.dz/sante-science-technologie/124415-environnement-le-plastique-represente-87-des-dechets-marins-en-algerie>

(06) : Emploi plasturgie, (2022).

<https://emploi-plasturgie.org/boite-outils/lhistoire-du-plastique>

(07) : Plastics Europe, (2011).

<https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>

(08) : Dassault Systèmes, (2020-2024).

<https://www.3ds.com/fr/make/guide/material/plastic>

(09) : Nations Unies Afrique Renouveau,

(2023).<https://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/mai-2023/comprendre-la-pollution-plastique-et-son-impact-sur-les-vies>

(10) : WWF. (2018).

https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2018_6/180608_rapport_plastiques_mediterranee.pdf

(11): Surfrider-Foundation Europe. (2016).

<https://fr.oceancampus.eu/cours/Sqw/pollution-marineles-oceans-la-poubelle-du-monde>

(12): Epsilonon, (2023).

https://www.epsilonon.com/tous-les-numeros/n24/ plastique_enquete_sur_la_plus_grande_pollution_de_tous_les_temps/

(13) : interieur.gov.dz, (2021). https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=76&wilaya=6

(14) : Instinct Animal, (2020).

<https://www.instinct-animal.fr/definition/benthique/>

(15) : Guide des espèces, (2023).

<https://www.guidedesespeces.org/fr/poulpe>

(16): fishipedia.fr, (2024).

<https://www.fshipedia.fr/fr/poissons/pagrus-pagrus#:~:text=Le%20pagre%20est%20une%20espèce.frai%20a%20lieu%20au%20printemps.>

(17) : Garmin, (2023).

<https://www.garmin.com/fr-FR/blog/la-peche-a-la-seiche-techniques-et-conseils/>

(18): VetoFish,(2024).

<https://www.vetofish.com/definition/raies>

(19): fishipedia.fr, (2024).

<https://www.fshipedia.fr/fr/poissons/solea-solea#:~:text=Solea%20solea%20est%20un%20poisson,sur%20la%20côte%20Atlantique%20française.>

Annexes

Les différentes méthodes d'identification des microplastiques :

A. La stéréomicroscopie et la microscopie optique :

La stéréomicroscopie permet d'identifier les microplastiques minuscules, inférieurs à 1 mm, en utilisant un microscope stéréoscopique qui grossit l'image (fois 16 par exemple) (Bayard et al, 2021). Pour distinguer les fibres biologiques des particules plastiques, plusieurs critères sont utilisés (Norén, 2007):

- Épaisseur constante : Les fibres synthétiques ont une épaisseur constante sur toute leur longueur, contrairement aux fibres organiques qui ne sont pas parfaitement droites.
- Absence de structures organiques : Aucune cellule ou structure organique n'est visible sur les microplastiques.

Attention aux particules transparentes ou vertes : Ces particules nécessitent une attention particulière lors de l'examen.

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

Depuis 2004 (Thompson, 2004), la spectroscopie infrarouge, et plus précisément la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), est utilisée pour identifier les microplastiques. Cette technique permet de détecter les polymères en mesurant les changements dans les groupes fonctionnels lorsqu'ils absorbent la lumière infrarouge. Les microscopes FTIR modernes offrent une résolution allant jusqu'à 5 µm, permettant une analyse visuelle et chimique précise des microparticules. Cependant, l'échantillon doit avoir une épaisseur minimale et être placé sur un substrat transparent aux infrarouges, comme les filtres en oxyde d'aluminium (Löder; Gerdts, 2018). Des recherches sont en cours pour trouver d'autres substrats appropriés (Alimi et al, 2018). La spectroscopie FTIR est principalement utilisée pour les particules de plus de 20 µm, tandis que d'autres techniques sont préférées pour les particules plus petites (Silva et al,2018). Néanmoins, les agglomérats de particules plus petites du même polymère peuvent être analysés car leur absorbance cumulée produit un signal détectable (Deng, 2017).

C. La spectroscopie électronique à balayage (MEB) :

La microscopie électronique à balayage (MEB) est une technique d'imagerie précieuse dans le domaine de la recherche pour identifier les microplastiques (Vernon-Parry, 2000). Elle permet d'étudier en détail la morphologie de ces minuscules particules, offrant des informations cruciales sur leurs caractéristiques.

D. Les méthodes thermiques d'analyse :

La dégradation thermique s'impose comme une technique prometteuse pour l'identification et l'analyse des microplastiques, ces fragments de plastique omniprésents dans notre environnement (La Nasa et al. 2020). Son principal atout réside dans sa capacité à identifier précisément le type de polymère constituant le microplastique, fournissant des informations précieuses sur son origine et sa composition (La Nasa et al., 2020). De plus, elle permet de détecter les additifs et composés organiques présents dans le matériau, offrant un aperçu plus complet de sa nature chimique. L'analyse des gaz dégagés lors de la dégradation thermique apporte une couche d'informations supplémentaire, permettant une meilleure compréhension de la structure du polymère (La Nasa et al., 2020). Un avantage majeur de cette technique réside dans sa simplicité : elle se déroule en une seule étape, éliminant le recours aux solvants et réduisant ainsi les risques de contamination de l'échantillon (La Nasa et al., 2020). Couplée à des techniques d'analyse avancées comme la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse, la dégradation thermique offre une analyse fine au niveau moléculaire des microplastiques (Fries et al., 2013).

E. La spectroscopie Raman :

La technique d'analyse Raman, décrite par (Imhof et al. 2016), utilise un laser pour examiner des particules microscopiques, dont les microplastiques. Le laser éclaire la particule et analyse la lumière qui rebondit. Cette lumière contient des informations uniques sur la composition de la particule, comme son type de plastique.

F. L'imagerie hyperspectrale (HSI) :

L'imagerie hyperspectrale se présente comme une technique révolutionnaire pour la détection des microplastiques (Shan et al. 2018). Elle consiste à mesurer les spectres de réflectance pour générer des images haute résolution à l'aide d'un spectromètre d'images ou d'une caméra hyperspectrale. Chaque pixel de ces images révèle la composition chimique d'un composant, permettant une identification rapide et précise des MPs. Des modèles mathématiques sophistiqués permettent de stocker les informations spectrales sous forme de cubes de données, facilitant la distinction entre les composants plastiques et non plastiques selon leurs signatures spectrales (Huang et al. 2020).

Résumé

Afin de confirmer la présence de microplastiques chez les espèces benthiques de la zone marine de Bejaia, on a examiné 150 individus de poissons appartenant à cinq espèces différentes. L'analyse minutieuse de ces spécimens à l'aide d'un stéréomicroscope a révélé une contamination généralisée par les microplastiques, touchant l'ensemble des poissons examinés. Au total, 1174 particules de microplastiques ont été dénombrées, avec des proportions variables selon les espèces. De plus, l'étude a mis en lumière la diversité des formes et des couleurs des microplastiques retrouvés.

Les résultats démontrent une contamination alarmante de la zone marine de Bejaia par les microplastiques, rendant indispensable la mise en place de mesures de protection pour préserver cet écosystème.

Mots clés : Micro plastiques, pollution, poisson benthique, littoral de Bejaia.

Abstract:

In order to confirm the presence of microplastics in benthic species in the Bejaia marine area, 150 fish individuals belonging to five different species were examined. Careful analysis of these specimens using a stereomicroscope revealed widespread contamination by microplastics, affecting all of the fish examined. In total, 1174 microplastic particles were counted, with varying proportions depending on the species. In addition, the study highlighted the diversity of shapes and colors of the microplastics found.

The results demonstrate an alarming contamination of the Bejaia marine area by microplastics, making it essential to put in place protective measures to preserve this ecosystem.

Key words: Micro plastics, pollution, benthic fish, Bejaia coastline.