

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

**Évaluation des microplastiques aux
niveaux de l'estomac d'une espèce
pélagique dans la zone marine de Bejaia**

Présenté par :

Lydia BOUDRIES & Celia SAIDI

Soutenu le 19 juin 2023

Devant le jury composé de :

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

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciement

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

Nous souhaitons avant tout remercier notre encadreur **Mr. Belhadi Youcef** qui nous est très cher, pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Ses conseils, son sérieux et son exigence nous ont grandement stimulé.

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

Nous sommes aussi tellement heureuses et fières de présenter notre modeste mémoire devant le professeur **Mr. Remdane Zouhir** et **Mme. Diaf Assia** et nous les remercions du fond de cœur d'accepter d'être parmi nos jurys.

Nous adressons nos sincères remerciements 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 remercions en particulier l'ingénieure du laboratoire LZA pour sa contribution précieuse.

Au final nous présentons nos remerciements les plus chaleureux à nos parents qui étaient toujours la source de notre détermination et qui faisaient l'impossible pour notre réussite, ainsi que nos familles et amis.

Je dédie ce travail

À La personne qui a tenu ma main mon premier jour d'école, celle qui m'accompagne dans mon chemin chaque matin depuis mes cinq ans, la personne qui a sacrifier sa vie pour la mienne, **mon père** chéri.

À la meilleure maman qui puisse exister, la plus belle personne que mes yeux ont pu voir, cette âme pure qui veille pour mon bien, mon paradis sur terre qui grâce à ses prières que je suis sur le chemin de réussite.

À l'homme de ma vie, mon meilleur ami et ma bénédiction de Dieu, celui qui soutient tout ce que je fais et celui qui rend ma vie plus belle, mon très cher mari.

À ces deux piliers que j'ai toujours trouvé à mes épaules, mes frères et leurs petites familles.

À ces lumières qui illuminent ma vie, mes sœurs que j'ai trouvées dans le pire avant le meilleure, et leurs petites familles.

À la personne qui a toujours cru en moi et qui me soutient dans tout ce que je fais, ma meilleure amie et nièce : **Maiva**.

À ma meilleure amie d'enfance et nièce : **Lyna**.

À mes neveux et nièces que j'aime le plus au monde et à qui je souhaite que de la réussite et le bonheur.

À ce petit être que j'appelle ma fille, celle que j'aime inconditionnellement : ma petite **Farah**.

À toute ma famille paternel surtout ma grand-mère, et toute ma famille maternelle.

À toute ma belle-famille.

À la meilleure binôme au monde **Celia** avec qui j'ai passé une belle expérience et des souvenirs qui resteront dans ma mémoire à jamais.

Lydia

Dédicaces

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance envers deux êtres exceptionnels qui m'ont toujours soutenue et encouragée qui me portent un immense amour ma merveilleuse **mère** et **mon père** bien-aimé.

Je souhaite également dédier ce travail à mes frères **Anis** et **Aksil**, ainsi qu'à ma sœur **Iina**, qui ont toujours été là pour moi,

Et j'adresse à mes chers grands-parents mes remerciements les plus sincères pour leur amour, et leur soutien indéfectible.

Je ne saurais oublier ma chère cousine **Lyn**, qui a toujours été présente à mes côtés.

À mes amis fidèles **Habiba**, **Souhila** et **Akila**, je tiens à leur exprimer toute ma reconnaissance pour leurs encouragements incessants et leur soutien.

Enfin, je souhaite remercier ma chère binôme **Lydia**, avec qui j'ai partagé la réalisation de ce mémoire et de merveilleux moments.

À toutes ces personnes formidables, à ma famille dans son ensemble, je dédie ce travail avec amour et gratitude. Votre soutien a été la clé de ma réussite.

Celia

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
Synthèse Bibliographique.....	3
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.....	4
2. Plastique.....	4
2.1. Définition	4
2.2. Composition du Plastique.....	4
2.3. Les Catégories du Plastique	5
3. La pollution par le plastique	5
3.1. Source de la pollution plastique dans la mer	5
4. Microplastiques	6
4.1. Classement des microplastiques.....	6
4.2. La dispersion du plastique et du microplastique en mer	7
4.3. L'impact des Microplastiques sur la biodiversité Marine	7
5. Les différentes méthodes d'identification des microplastiques	8
A. La stéréomicroscopie et la microscopie optique	8
B. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).....	8
C. La spectroscopie Raman.....	8
D. La microscopie électronique à balayage (MEB)	9
E. Les méthodes thermiques d'analyse	9
F. L'imagerie hyperspectrale (HSI).....	9
Matériels et Méthode	11
1. Présentation de la zone d'étude.....	10
1.1. Courantologie de la zone d'étude.....	11
1.2. Le port de pêche de Bejaia	11
2. Echantillonnage des poissons	12
2.1. Descriptions des espèces	12
3. Mesure de la taille et du poids.....	15

a. Le poids total.....	15
b. La longueur totale.....	15
4. La dissection des poissons.....	16
5. La détermination du sexe	17
6. Le poids viscéral.....	18
7. La méthode utilisée pour l'évaluation des microplastiques	18
8. L'observation et l'analyse des microplastiques.....	20
Chapitre III :Résultats.....	21
1. Les différentes formes et couleurs observés	21
1.A. Les formes retrouvées	21
1.B. Les couleurs retrouvées.....	21
2. Distribution des microplastiques selon les espèces	22
3. Distribution des microplastiques selon le poids	23
4. Distribution des microplastiques selon la taille.....	24
5. Distribution des microplastiques selon la masse viscérale du poisson	25
6. Distribution des microplastiques selon le sexe du poisson	26
7. Distribution des microplastiques selon leur forme	28
8. Distribution des microplastiques selon leur couleur	29
Discussion	30
Conclusion	32
perspectives	33
Références Bibliographiques	34
Résumés	

Liste des Abréviations

MEEDDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat.

OCDE : l'Organisation de coopération et de développement économiques.

MPs : les microplastiques.

PEMA : La Protection de l'environnement marin arctique.

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration.

l'UICN : l'union internationale pour la conservation de la nature.

µm : le micromètre qui est une unité de mesure de longueur du Système international (SI), valant 0,000001 mètre .

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.

NW : Nord-ouest

N : Nord

NE : Nord Est

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.

nbr : nombre .

mprh: Le Ministère de la pêche et des ressources halieutiques.

Liste des figures

Figure 1: Illustration de la zone d'étude	10
Figure 2: <i>Sardina pilchardus</i>	12
Figure 3 : <i>Engraulidae encrasicolus</i>	12
Figure 4: <i>Pagelus acarne</i>	13
Figure 5: <i>Trachurus trachurus</i>	13
Figure 6: Boops boops	14
Figure 7 : Pesage du poids totale d'un poisson.	15
Figure 8 : Mesure de la taille totale d'un poisson.	15
Figure 9: dissection d'un poisson	16
Figure 10 : la disposition de la matière viscérale dans des boîtes de pétri étiquetées.....	16
Figure 11: Gonade d'un male du poisson (Boops boops)	17
Figure 12: Gonade d'une femelle du poisson (Boops boops)	17
Figure 13: Pesage du poids viscéral	18
Figure 14: les différentes étapes du protocole de manipulation	19
Figure 15: observation des microplastiques sous la loupe OPTIKA.....	20
Figure 16: différentes formes et couleurs de microplastiques.	21
Figure 17 : histogramme représentant le pourcentage des microplastiques selon le poids total des individus	23
Figure 18: histogramme représentant le pourcentage des microplastiques selon la taille totale des individus	24
Figure 19: boursier représentant la densité des microplastiques par rapport au poids viscéral	25
Figure 20: diagramme représentant le pourcentage des microplastiques selon le sexe. ..	26
Figure 21: histogramme représentant le pourcentage des microplastiques selon le sexe pour chaque espèce.....	27
Figure 22:. diagramme représentant le pourcentage des microplastiques selon leurs couleurs.....	29

Liste des tableaux

Tableau I : Le pourcentage des microplastiques chez les différentes espèces22

Tableau II : Nombre et pourcentage des microplastiques de 143 poissons selon leur forme.
28

Introduction

Introduction

Les activités humaines en développement continue retentissent défavorablement sur les différents compartiments de l'environnement tel que la mer.

Et cette exposition de l'hydrosphère est face à différentes pollutions extensives et multiformes (Ramade, 2007) tel que la mer méditerranée où 80% de sa pollution proviennent des activités terrestres et 20 % des activités maritimes (MEEDDM. 2010).

L'une de ces activités est la production du plastique qui est indispensable pour multiples applications : emballages, bâtiment et construction, transports, électricité et électronique, agriculture, médecine et sports, passant d'une production mondiale de 234 à 460 millions de tonnes entre 2000 et 2019 selon un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) de février 2022. Par conséquence près de 300 millions de tonnes de déchets plastiques sont déverser dans l'environnement (Tourism in a pandemic world: tackling plastic pollution) qui ont comme destinataire finale les océans où ils causent d'énormes dégâts sur la biodiversité marine , passant de l'étouffement et l'étranglement par les sachets et filets en plastiques , à la bioaccumulation des microplastiques au niveau de leurs organismes.

Sous l'action combinée de certains paramètres : la lumière, l'oxydation, l'érosion mécanique, une partie de ces plastiques se fractionne en microparticules granuleuses ou fibreuses de taille souvent inférieure à 5 mm, dont le comportement dans l'océan est proche de celui du plancton marin ce qui provoque plusieurs problèmes en ce milieu marin (Thompson *et al.* 2004) car ils peuvent être ingérés par divers organismes aquatiques (Li *et al.*, 2021a; McIlwraith *et al.*, 2021).

Les premières observations et études sur les microplastiques sont réalisées par Carpenter et Smith, en 1972, et à partir des années 80, les menaces causées par les déchets qui font peser sur l'environnement marin ont été identifier (Marek *et al.*, 2020).

Et récemment des études ont mis en évidence la prévalence préoccupante des déchets plastiques dans le tube digestif des animaux à tous les niveaux trophiques (Rummel *et al.* 2016 ; Wilcox *et al.* 2018 ; Choy *et al.* 2019 ; Jamieson *et al.* 2019).

Afin d'avoir une idée précise sur la contamination des poissons du littoral de Bejaia par les microplastiques quelques mémoires de fin de cycle ont été réalisés au niveau de l'université de Bejaia (Ouadi Ilesse et Ouali Idir .,2022 ; Zehira Ait aissa et Lyna Kherfallah .,2022 ; Sabrina

Mehdoui et Yamina Mehdoui .,2020), qui est également le sujet de notre étude qui porte sur l'évaluation quantitative et qualitative des microplastiques (MPs) présent chez quelques espèce au niveau de la zone marine de Bejaia en développant des méthodes et protocoles de travail à la fois sauve et efficace.

Ce manuscrit comporte 5 parties : D'abord la Synthèse Bibliographique, ensuit la partie Matériels et Méthodes dans laquelle on va présenter la zone d'étude et la Méthodologie de travail suivi des Résultats qualitatifs et quantitatifs des différentes expériences qui seront par la suite discuté. En estimant que cette étude sera parmi les premières qui abordent le sujet des microplastiques chez des espèces marines en Algérie. Et enfin une conclusion sera attribuée à ce sujet.

Chapitre I :
Synthèse
Bibliographique

1. Définition et classement de la pollution :

Le terme pollution provient du latin <polluere > qui signifie polluer, souiller (Larousse, 1984). Elle signifie la dégradation de l'environnement par multiple facteurs tel que les substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.) (Larousse) comme elle fait référence à l'ajout d'éléments ou d'énergie par l'homme, de manière directe ou indirecte, dans l'environnement, ce qui a des conséquences préjudiciables qui peuvent mettre en danger la santé humaine, nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, altérer les caractéristiques naturelles et interférer avec d'autres utilisations légitimes de l'environnement (OCDE,1994),

On peut classer les pollutions selon leur lieu ou leur mode d'introduction (Carbiener, 1969), et les polluants peuvent se répandre dans l'environnement selon diverses conditions de démission, telles que la température, la vitesse et la structure de l'écoulement à la sortie des cheminées. En outre, les conditions météorologiques, notamment la pression atmosphérique et le vent, jouent un rôle crucial dans la dispersion ou la conservation de ces polluants (Salomon, 2003).

1.1. La Pollution Marine :

C'est l'introduction directe ou indirecte des substances ou d'énergie dans le milieu marin causées par l'homme, (Berne, 2008) aboutissant à des effets dommageables tels que la diminution des ressources vivantes, des risques sanitaires pour l'homme, une perturbation des activités marines, y compris la pêche, une détérioration de la qualité de l'eau de mer et une diminution de la qualité de vie marine ainsi que la réduction des agréments de la mer (Lemorvan, 1977).

Il existe deux types de pollution marine : les pollutions accidentelles qui sont des déversements involontaires limités dans le temps, et les pollutions occasionnelles. Les pollutions chimiques, radioactives, thermiques et mécaniques peuvent être identifiées en fonction du polluant déversé dans la mer (Pantelodimou,2013).

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

La wilaya de Bejaia est caractérisée par plusieurs activités qui sont majoritairement situées dans la zone côtière de la wilaya tels que l'activité industrielle qui s'élève à 12 674 entreprises (DPAT, 2015), l'Agriculture dont 51,12% de la superficie de la wilaya est agricole, l'activité du tourisme, le transport de l'hydrocarbure, qui déversent leurs rejets (liquides, solides, gazeux) directement ou indirectement dans la mer. Cela a un impact négatif sur la pêche car la plupart des déchets sont déversés sans aucun traitement préalable (Boutarcha, 2011).

2. Plastique :

2.1. Définition :

Le terme "plastique" englobe une vaste gamme de composés chimiques artificiels qui ont la capacité d'être moulés ou façonnés de manière à être utiles sous différentes formes (Health and Environment Alliance, 2020). Cette substance est robuste, adaptable et durable. Elle est souvent incluse dans la production d'articles courants, notamment des produits conçus pour une utilisation temporaire ou jetable (PlasticsEurope, 2018).

2.2. Composition du Plastique :

Le processus de fabrication du plastique implique le chauffage et le raffinage du pétrole ou du gaz naturel, qui donne lieu à une résine très visqueuse (Lavallée, 2016) ce dernier est composé d'une multitude de monomères identiques reliés les uns aux autres en une chaîne continue. Les chimistes utilisent le terme "monomère" pour décrire les unités moléculaires individuelles et "polymère" pour décrire l'ensemble des monomères liés ensemble (Marais, 2005) et toutes les matières plastiques sont composées de polymères à longue chaîne avec une masse moléculaire hyper élevée (Sperling, 2006), Compte tenu de toute sorte de plastique pouvant être produites, les propriétés chimiques et physiques des particules plastiques existantes dans l'environnement seront complexes (Rochman *et al.* 2019)

2.3. Les Catégories du Plastique :

Il existe deux catégories de plastiques qui sont classées selon leurs natures :

A. Les Thermoplastiques : Les thermoplastiques peuvent être chauffés pour passer de l'état solide à liquide, puis refroidis pour retrouver leur forme solide initiale sans altérer leurs propriétés mécaniques. Ils sont recyclables (Lavallée, 2016).

B. Les Thermodurcissables : une fois façonnés, sont permanents et ne peuvent pas être réajustés. Ils ne sont pas recyclables et leur seule méthode d'élimination est l'incinération (Lavallée, 2016).

3. La pollution par le plastique :

La pollution plastique est définie comme toute pollution causée par des déchets plastiques qui sont jetés, éliminés ou abandonnés dans l'environnement sans être traités comme des déchets gérés (Gouvernement Canada, 2020) , ce qui a fait que 60-80 % des débris marin sont des débris plastiques causant des impacts rapportés notamment ceux qui concernent leur ingestion par les mammifères marins (Derraik,2002) ainsi qu'à différents niveaux trophiques à l'échelle du premier maillon par l'adsorption de particules qui limitent la photosynthèse du phytoplancton (Bhattacharya *et al.*, 2010) ou sur des espèces pélagiques(Murray, Cowie, 2011) , et parmi les aspects de la pollution plastique la libération de contaminants ou d'additifs dans l'eau, et le transport sur de longues distances d'organismes fixés sur les débris. Il est important de noter que plus le plastique est petit, plus son impact sur la vie marine est significatif (Galgani, 2021).

3.1. Source de la pollution plastique dans la mer :

L'une des majeures sources de la pollution plastique dans l'eau est le rejet accidentel de matières plastiques brutes comme le déversement pendant le transport (Driedger *et al.* 2015) ou par le rejet d'effluents du système de traitement des eaux usées (Murphy *et al.*, 2016 ; Boucher et Friot 2017 ; Kay *et al.* 2018), car il est estimé qu'une seule Station d'eau usées rejette en moyenne 2 millions de particules de microplastiques par jour (Sun *et al.* 2019) et par ailleurs

on retrouve des rejets par des communautés qui ne disposent pas de grands systèmes de gestion des déchets (PEMA. 2019).

4. Microplastiques :

Les microplastiques représentent les particules de taille inférieure à 5 mm en utilisant les critères développés par l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) des États-Unis (Arthur *et al.* 2009), ils résultent de la dégradation des matériaux en plastique (Ivar do Sul *et al.*, 2014), La plupart sont constitués principalement de polyéthylène, de polypropylène et de polystyrène expansé. Cependant, il existe également une douzaine d'autres polymères utilisés en quantités plus modestes (Kershaw *et al.* ; 2019), Tous ces polymères sont moins denses que l'eau de mer, ce qui leur permet de flotter à la surface (Galgani *et al.* ; 2020).

4.1. Classement des microplastiques :

Les microplastiques peuvent être classés en deux catégories en fonction de leur source : les microplastiques primaires et les microplastiques secondaires. (Avio *et al.* ; 2016)

4.1.A. Les Microplastiques primaires :

Les microplastiques primaires se réfèrent à des particules microscopiques produites intentionnellement sous forme de granulés de plastique, de cosmétiques exfoliants ou de fibres textiles synthétiques. (Mato *et al.*, 2001 ; van Wezel *et al.*, 2015 ; Chang, 2015; Napper *et al.*, 2015).

4.1.B. Les Microplastiques Secondaires :

Les microplastiques secondaires représentent les fragments qui proviennent de la dégradation des matières plastiques présentes dans l'environnement en grandes tailles à des fragments de plus petites tailles (Arthur *et al.* 2009 ; Cole *et al.* 2011), ils représentent 70 à 80 % des microplastiques présents dans les mers et les océans (Xu *et al.*, 2020).

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

Selon l'union international pour la conservation de la nature l'UICN plus de 200000 tonnes de plastique arrivent en méditerranée chaque année à cause de la mauvaise gestion des déchets et que cela pourra doubler jusqu'à atteindre les 500000 entre 2020 et 2040 , comme ils ont constaté que plus d'un million de tonnes de plastique sont déjà accumulés dans la mer méditerranée et qui finissent par se disposer principalement dans les sédiments sous forme de microplastique (<https://iucn.org/fr/news/marine-and-polar/202010/plus-de-200-000-tonnes-de-plastique-sont-deversees-chaque-annee-en-mediterranee-rapport-de-luicn>)

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

La présence de microplastiques est répandue de manière beaucoup plus importante et affecte une gamme plus étendue d'espèces dans la chaîne alimentaire marine (Galgani *et al*, 2020).

En raison de leur petite taille, ils peuvent être facilement avalés par de nombreuses espèces différentes (Galgani *et al*, 2020). En laboratoire, il a été observé que les microplastiques, une fois consommés, peuvent causer soit une obstruction du système digestif, soit simplement passer à travers sans causer de dommages majeurs (Mazurais *et al*, 2015).

La simple ingestion de microplastiques entraîne de profonds changements biologiques chez l'animal, même s'il ne s'agit que d'un transit dans le tube digestif. Ces changements affectent la digestion et peuvent perturber la capacité de l'animal à absorber l'énergie de son alimentation (Sussarellu *et al.*2016), Ils constituent une cause directe de stress cellulaire, entraînant des perturbations au niveau des principales fonctions physiologiques telles que la croissance et les défenses immunitaires (Paul-pont *et al.* 2016), et la reproduction (Sussarellu *et al.*2016).

En outre, les substances chimiques ajoutées aux plastiques peuvent se libérer dans des conditions spécifiques du système digestif pendant le transit, ce qui peut causer des perturbations chimiques (Koelmans. *et al.* 2016).

5. Les différentes méthodes d'identification des microplastiques :

A. La stéréomicroscopie et la microscopie optique :

La stéréomicroscopie est une méthode consistant en l'identification des microplastiques de taille inférieure à 1mm et limitée à 100 μm , à l'aide d'un stéréomicroscope qui est une loupe binoculaire grossissant l'image (fois 16 par exemple) (Bayard *et al*, 2021), et à fin de faire une différence entre les fibres biologiques et les particules plastiques plusieurs critères ont été proposés par (Norén, 2007) : les fibres synthétiques ont une épaisseur similaire sur toute leur longueur, les fibres organiques ne sont pas entièrement droites, aucune cellule ou structure organique n'est visible sur du plastique, les particules transparentes ou vertes doivent être examinées avec plus de soin.

Le microscope optique est un appareil possédant un grossissement plus élevé (fois 16000) mais on peut visualiser avec que les particules fines (Bayard *et al*, 2021).

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

La spectroscopie infrarouge est utilisée depuis 2004 pour identifier les microplastiques (Thompson, 2004). Elle repose sur la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), qui 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 pour l'analyse visuelle et chimique des microparticules⁹⁵. Cependant, il faut noter que l'échantillon doit avoir une épaisseur minimale et être placé sur un substrat transparent aux infrarouges, comme les filtres en oxyde d'aluminium (Löder; Gerdt, 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 Raman :

C'est une autre méthode d'identification largement utilisée pour les microplastiques. Cette technique implique une méthode de diffusion utilisant un laser de longueur d'onde définie pour exciter les molécules cibles. La fréquence du rayonnement de l'échantillon donne une mesure de sa composition élémentaire. Par rapport à d'autres techniques, la technique d'analyse Raman permet d'étudier des particules de tailles différentes et de taille beaucoup plus petite avec des résolutions spatiales inférieures à 1 μm en raison des fréquences diffusées produites par l'échantillon (Imhof et al., 2016).

D. La microscopie électronique à balayage (MEB) :

C'est une technique de caractérisation visuelle largement utilisée dans le domaine de la recherche pour la détection de microplastiques. Le MEB est utilisé pour étudier la morphologie des MPs. La surface des MPs est balayée à l'aide d'un faisceau d'électrons focalisé. Ces électrons interagissent avec les atomes à la surface des MPs et génèrent des signaux appropriés qui, combinés à la position du faisceau, produisent une image avec la taille et les détails morphologiques de l'échantillon (Vernon-Parry, 2000). Des études ont été menées pour l'utilisation du MEB dans l'identification des MPs.

E. Les méthodes thermiques d'analyse :

La dégradation thermique des microplastiques s'avère bénéfique car elle permet d'identifier le type de polymère et de détecter les composés organiques, les additifs et les gaz présents dans la formulation complexe. De telles techniques peuvent être réalisées en une seule étape, sans utilisation de solvants tels que l'éthanol ou l'eau, afin d'éviter la contamination de fond (La Nasa et al., 2020). La technique utilise généralement des produits de pyrolyse à une température spécifique en l'absence d'oxygène. Ces produits sont couplés à des dispositifs de chromatographie en phase gazeuse (GC) et de spectrométrie de masse (MS) pour quantifier les polymères au niveau moléculaire (Fries et al., 2013).

F. L'imagerie hyperspectrale (HSI) :

C'est une technique novatrice utilisée pour la détection des microplastiques (MPs). Cette méthode consiste à mesurer les spectres de réflectance pour collecter des images à l'aide d'un spectromètre d'images ou d'une caméra hyperspectrale. Cette caméra peut extraire des informations spectrales sous forme de pixels. Chaque pixel identifie plus rapidement et plus précisément le composé chimique présent (Shan et al., 2018). Ces composés sont pixélisés sous forme d'images haute résolution pour une analyse ultérieure. À l'aide d'une combinaison de

modèles mathématiques, les informations de chaque pixel peuvent également être stockées sous forme de cubes de données, ce qui permet d'analyser les composants en plastique et non plastiques selon les bandes spectrales (Huang et *al.*, 2020).

Chapitre II :

Matériels et Méthode

1. Présentation de la zone d'étude :

Notre étude est réalisée au niveau de la wilaya de Bejaia qui est une ville côtière située au centre Est de l'Algérie, s'étalant sur une superficie de 3268 km² et s'ouvrant sur la Mer Méditerranée (<https://asal.dz/?p=432>). D'après Dr.Meradi, 2017 et selon le rapport du cadastre du littoral de la wilaya de Bejaia la région d'étude possède un littoral d'une superficie de 532 km² et qui se caractérise d'un climat tempéré avec des précipitations importantes en hiver, atteignant une moyenne de 600 mm/an, et des températures chaudes et sèches en été (<https://www.aniref.dz/index.php?layout=edit&id=114>). La côte de Bejaia présente des reliefs prononcés qui s'étendent vers la mer. Dans de nombreux endroits, la configuration des couches de roche est orientée de manière défavorable à la stabilité, c'est-à-dire perpendiculaire à la pente. Cette disposition peut partiellement expliquer la fréquence plus élevée des glissements de terrain observés le long des versants côtiers (Hallal et *al.*, 2018).



Figure 1: Illustration de la zone d'étude

(<https://berthoalain.com/2010/05/11/football-emeute-a-bejaia-mai-2010/>).

1.1. Courantologie de la zone d'étude :

Le littoral de Bejaia est exposé à une multitude de types de vagues provenant des secteurs NW, N et NE, avec des hauteurs significatives variées selon la direction. Les plages situées du côté NW, sont particulièrement sensibles aux vagues du secteur NW, qui peuvent entraîner des courants de retour potentiellement érosifs. Les plages de la région NE, sont exposées aux vagues du secteur NW, avec une incidence oblique, en raison de l'orientation du trait de côte. Les caractéristiques côtières telles que les caps et les promontoires influencent la dissipation des vagues. (Mezhoud et *al*, 2017).

1.2. Le port de pêche de Bejaia :

Le port de pêche de Bejaia se situe entre le port commercial et le port pétrolier, il dispose d'une surface totale des terre-pleins : 27 140 m², dont bâti : 2 019,5 (<https://www.portdebejaia.dz/caracteristiques-techniques/>) permettant ainsi la pratique de diverses formes de pêche telles que la pêche côtière, la pêche au large, la pêche hauturière, la pisciculture en milieu continental et en mer ouverte (DPSB STATS , 2017).avec un stock de pêche estimé à 10.000tonnes/AN (DPRH, 2020) , ce port est divisé en deux quai mesurant 120m de long chacun, l'un d'eux est destiné aux chalutiers et aux sardiniers, l'autre qui est mal protégé des houles et des vents de l'ouest est réservé aux petits métiers (Bilan d'activité, la DPRH de la wilaya de Bejaia, 2009).

2. Echantillonnage des poissons :

Une campagne d'échantillonnage a été effectuée pendant trois mois de mars à mai 2023, pour la collecte de 143 individus de poissons appartenant à cinq différentes espèces pélagique définis comme suit : 1. Sardine (*Sardina pilchardus*), 2. L'anchois (*Engraulidae encrasicolus*) ,3. Pageot acarné (*Pagelus acarne*), 4. Chinchard (*Trachurus trachurus*) ,5. Bogue (*Boops boops*). fait soit par l'achat chez les poissonniers de la ville de Bejaia ou par la récupération au niveau du port de la pêche de Bejaia,

2.1. Descriptions des espèces :

A. *Sardina pilchardus* (Walbaum 1792) : la vraie sardine, présente en abondance dans le golfe de Gascogne et en méditerranée occidentale, est une espèce pélagique, migratrice et se nourrissant de plancton. Elle peut atteindre une longueur de 25 cm et fait l'objet d'une exploitation significative (Seret et Opic. 2011). (**Figure 2**)



Figure 2: *Sardina pilchardus*. (Photo originale).

B. *Engraulidae encrasicolus* (Linnaeus 1758) : Il s'agit d'un poisson de petite taille, mesurant environ quinze centimètres. Il se distingue par sa forme allongée et arrondie. Il appartient à une espèce côtière pélagique qui a la capacité de former d'importants bancs. Ce poisson se nourrit de plancton et effectue des migrations saisonnières de courte distance. On le trouve couramment en Méditerranée et dans l'Atlantique oriental (Seret et Opic. 2011) (**Figure 3**) .



Figure 3 : *Engraulidae encrasicolus*. (Photo originale).

C. *Pagelus acarne* (Risso 1827) : Il s'agit d'une espèce mesurant entre 25 et 36 cm, qui se distingue par un régime alimentaire carnivore. Elle se trouve aussi bien près du fond que dans les eaux libres. Les jeunes individus se regroupent en bancs et présentent des caractéristiques hermaphrodites (<https://www.fishipedia.fr/fr/poissons/pagellus-acarne>). **(Figure 4)**

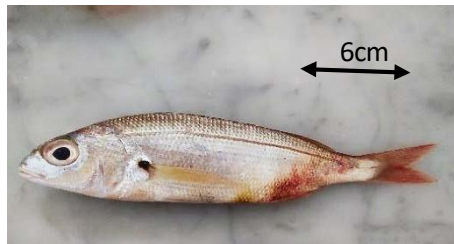


Figure 4: *Pagelus acarne*. (Photo originale).

D. *Trachurus trachurus* (Linnaeus 1758) : Il s'agit d'une espèce marine pélagique côtière et qui peut atteindre une longueur maximale de 70 cm. Ces poissons se regroupent parfois en grands bancs (Seret et Opic. 2011). Ils ont une alimentation variée, étant omnivores et capables de consommer une large gamme de proies (Rahmani et Koudache, 2019). **(Figure 5)**



Figure 5: *Trachurus trachurus*. (Photo originale).

E. *Boops boops* (Linnaeus 1758) : Il s'agit d'une espèce côtière (75-200m) qui forme des bancs près du fond ou en pleine eau. Elle se nourrit principalement d'algues et de petits crustacés. On la trouve couramment en Méditerranée et dans l'Atlantique oriental. Sa taille peut atteindre 30 cm (Seret et Opic. 2011). (**Figure 6**)



Figure 6: *Boops boops*. (Photo originale).

3. Mesure de la taille et du poids :

a. 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 7**)



Figure 7 : Pesage du poids totale d'un poisson. (Laboratoire LZA).

b. La longueur totale : c'est également un paramètre d'identification biométrique qui consiste en la mensuration de la taille du poisson commençant de la porte du museau jusqu'à atteindre le lobe de la nageoire caudale à l'aide d'une règle graduée. (**Figure 8**)



Figure 8 : Mesure de taille totale d'un poisson. (Photo originale).

4. La dissection des poissons :

Après le pesage du poids et de la taille commence le protocole de dissection qui débute par une gerçure au niveau abdominal du poisson (**Figure 9**) ensuite vient le vidage des entrailles dans des verres de montre étiquetés en indiquant le nom et le nombre de cet échantillon (**Figure 10**) qui passe directement au pesage du poids de l'estomac récupérée et cela après détermination du sexe du poisson.



Figure 9: dissection d'un poisson. (Photo originale).

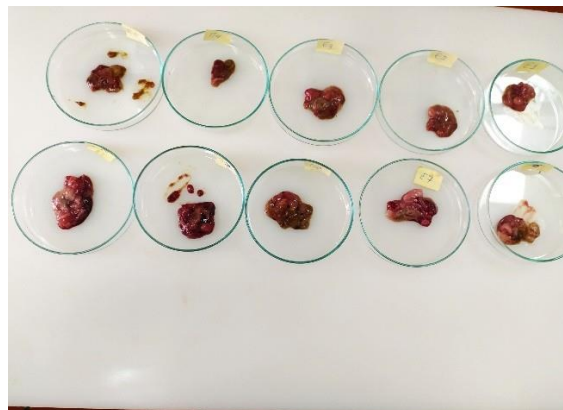


Figure 10 : la disposition de la matière viscérale dans des verres de montre étiquetés. (Photo originale).

5. La détermination du sexe :

C'est l'une des étapes qui se font lors de la dissection qui se réalise facilement par l'observation des gonades, pour les males c'est une forme plutôt lisse d'une couleur blanche ou rose blanchâtre (**Figure 11**) et pour les femelles c'est une sorte de sac de couleur jaune orangée avec un touché granuleux (**Figure 12**).



Figure 11: Gonade d'un male du poisson (*Boops boops*). (Photos originales).



Figure 12: Gonade d'une femelle du poisson (*Boops boops*). (Photos originales).

6. Le poids viscéral : c'est une étape qui se fait pendant la dissection des poissons pour les tripes des poissons en utilisant balance KERN PCB de précision 0,1g. (**Figure 13**)



Figure 13: Pesage du poids viscéral. (Laboratoire LZA).

7. La méthode utilisée pour l'évaluation des microplastiques :

Pour cette partie de l'étude on a opté pour la méthode de séparation par densité qui se base sur le principe de flottaison qui dépend uniquement de la masse de l'échantillon, de l'agitation, du rapport échantillon/volume et de la densité de la solution mais cette méthode elle a comme inconvénient la non élimination de la matière organique (Claessens *et al.* 2013 ; Sun *et al.* 2019a ; Nuelle *et al.* 2014) pour cela on a rajouté une étape qui consiste en l'utilisation de la solution aqueuse du peroxyde d'hydrogène H₂O₂ en raison de son efficacité en tant que produit chimique oxydatif fort dans les transformations chimiques impliquant des réactions organiques (Strukul. 1992). Le choix de cette méthode s'est fait en se basant sur quelques critères qui sont la simplicité de la manipulation et une méthode moins couteuse et sans risques.

Le protocole se fait comme suit (**Figure 14**) :

- **Le séchage des échantillons :** on dispose les verres de montre après récupération du contenu stomacal dans l'étuve à 55° pendant une nuit.
- **La récupération des échantillons :** on retire les échantillons qui sont bien secs depuis l'étuve.

- **La préparation d'une solution hyper saline** : on prépare une solution de NaCl saturée en mélangeant 70g de sel pour 200ml d'eau distillé, et on fait passer le mélange à l'agitateur.
- **L'ajout de de la solution NaCl aux échantillons** : on rajoute 50ml de la solution préparée pour chaque échantillon après un léger broyage à l'aide d'un broyeur et on laisse reposer dix minutes.
- **La filtration des échantillons** : on passe ensuite à la filtration par des filtres en microfibrilles puis on retire toute la matière restante du verre de montre du départ.
- **L'ajout de l'eau oxygénée** : on rajoute quelques gouttes de H₂O₂ de concentration 15 % et on laisse reposer quelques minutes.
- **Le séchage des échantillons** : on dépose les échantillons dans l'étuve pendant une nuit à 50° ensuite on les retire pour l'observation.



Figure 14: les différentes étapes du protocole de manipulation, (photos originales).

8. L'observation et l'analyse des microplastiques :

L'observation s'est réalisée par l'observation de chaque échantillon sous la loupe OPTIKA (Figure 15), et les résultats ont montré une variété de forme et de couleur des microplastiques (Figure 16).



Figure 15: observation des microplastiques sous la loupe OPTIKA. (Laboratoire LZA).

Chapitre III :

Résultats

1. Les différentes formes et couleurs observés :

1.A. Les formes retrouvées : les filaments, les fragments, les tubes et les films

1.B. Les couleurs retrouvées : le noir, le bleu, le rouge, le vert, le jaune, le transparent et multi couleur.

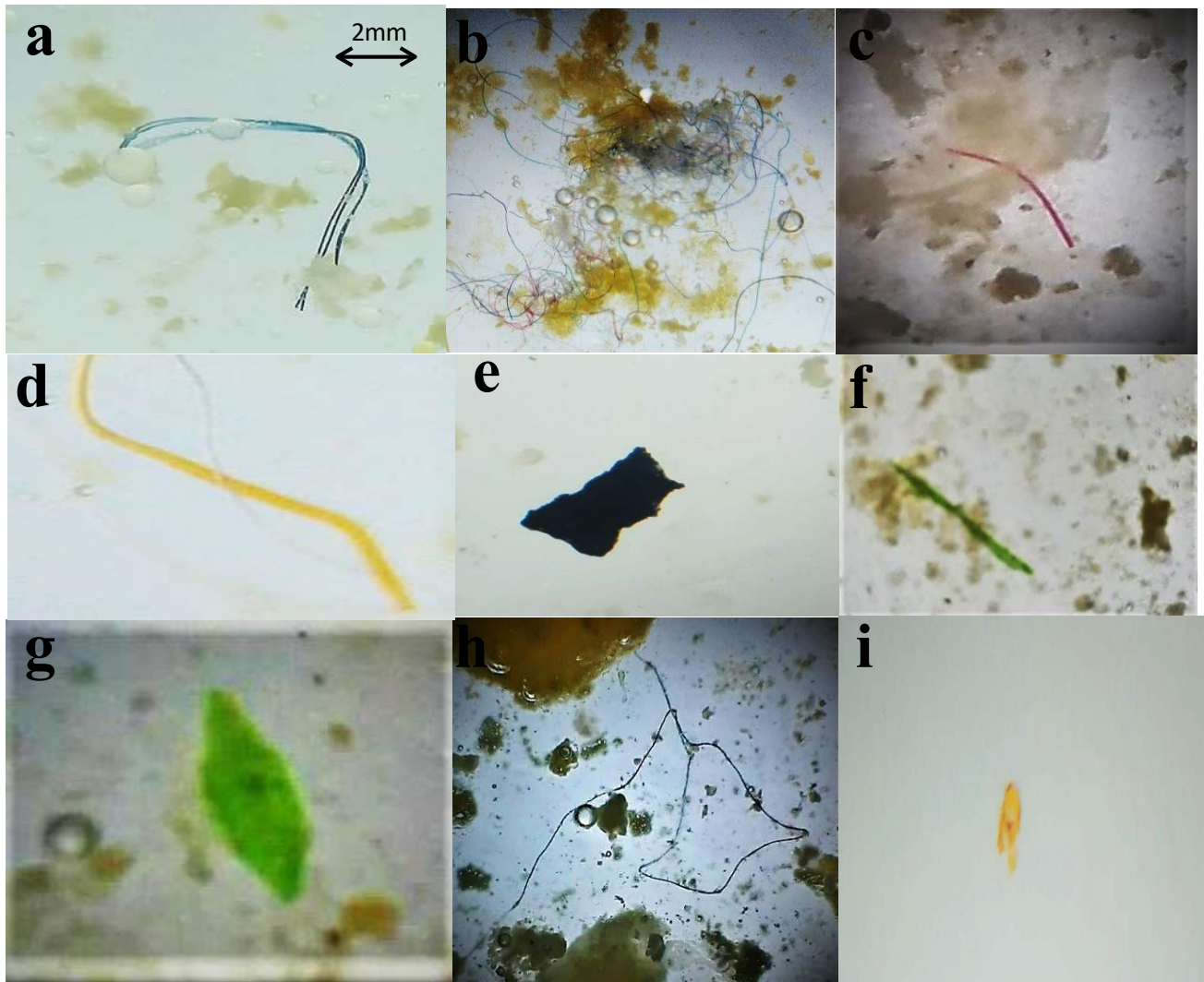


Figure 16: différentes formes et couleurs de microplastiques : a. filament bleu, b. amas de filament rouge et bleu, c. filament rouge, d. filament jaune et filament transparent, e. fragment noir, f. tube vert, g. film vert, h. filament noir, i. film jaune (photos originales).

2. Distribution des microplastiques selon les espèces :

L'étude s'est faite sur un total de 143 poissons reparti sur 5 espèces avec un nombre différent pour chaque espèce selon le besoin et la disponibilité, un résultat de 1209 microplastiques ont été retrouvé de façon variable selon ces espèces comme le tableau ci-dessus l'indique.

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

Espèce	Nombre d'individu	Nombre de microplastiques	Pourcentage des MPs selon le nombre d'individus (%)
Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>)	31	229	16,88
L'anchois(<i>Engraulidae encrasicolus</i>)	31	167	12,97
Pageot acarné (<i>Pagelus acarne</i>)	10	108	24,71
Chinchard(<i>Trachurus trachurus</i>)	35	362	23,66
Bogue (<i>Boops boops</i>)	36	343	21,78

D'après les résultats obtenus lors des observations on remarque que le Pageot acarné est l'espèce qui a ingéré le plus de microplastique suivi par le chinchard avec une différence de 1,05 % de microplastiques seulement, et en dernier on a l'anchois avec un pourcentage de 12,97.

3. Distribution des microplastiques selon le poids :

D'après les résultats du pesage des poissons on a trouvé un résultat très varié de poids allant de 8g à 111g qu'on a regroupé en deux classes.

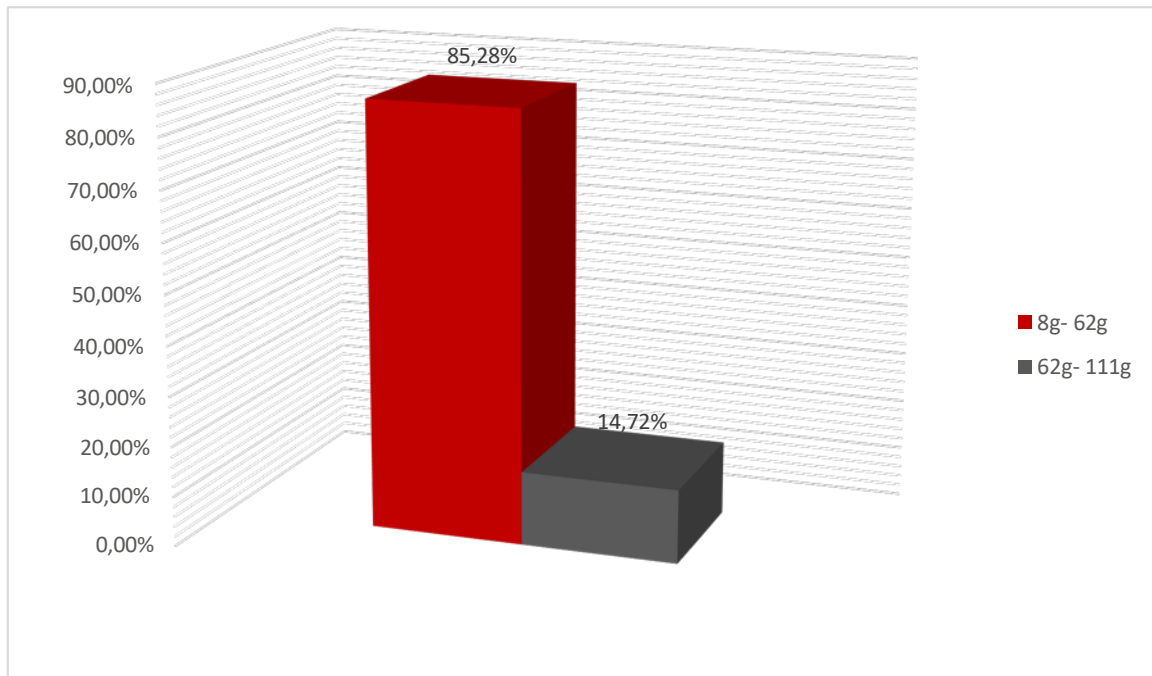


Figure 17 : histogramme représentant le pourcentage des microplastiques selon le poids total des individus.

Selon le graphique correspondant au poids total des poissons on remarque que les individus d'un poids inférieur à 62g ingèrent une plus grande quantité de microplastiques.

4. Distribution des microplastiques selon la taille :

D'après les résultats de la mesure de la longueur des poissons on a trouvé un résultat très varié allant de 11cm a 23cm qu'on a regroupé en deux classes.

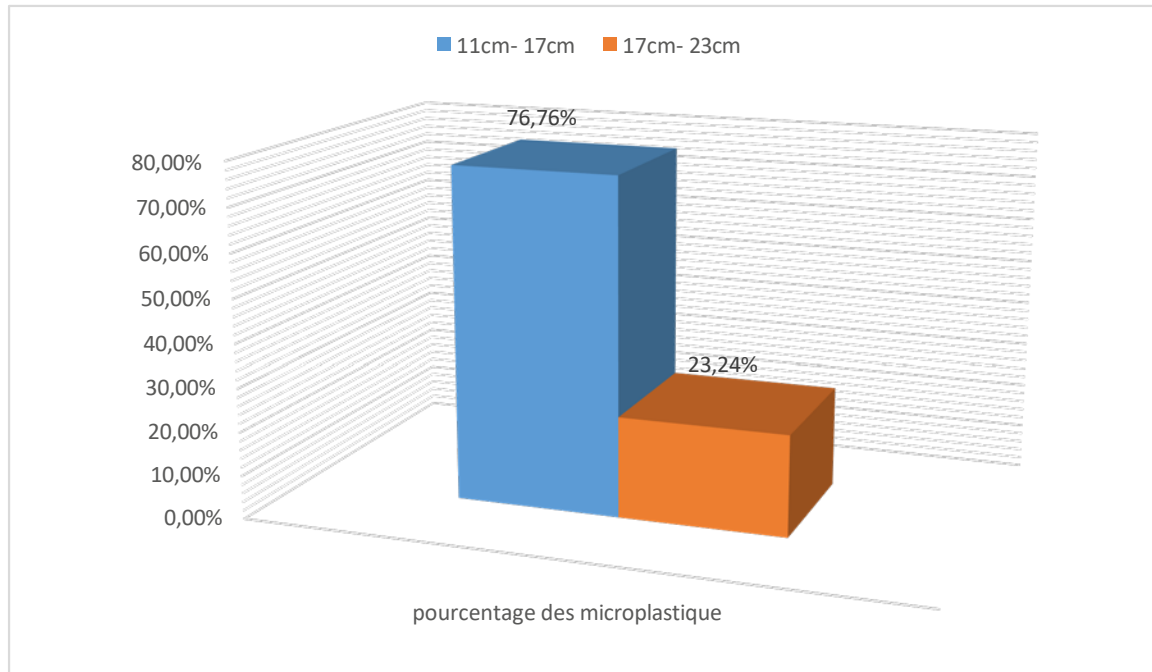


Figure18: histogramme représentant le pourcentage des microplastiques selon la taille totale des individus.

Selon le graphisme correspondant à la taille totale des poissons on remarque que les individus d'une taille inférieure à 17cm ingèrent une plus grande quantité de microplastiques.

5. Distribution des microplastiques selon la masse viscérale du poisson :

La densité moyenne, maximale et minimale des microplastiques par rapport au poids viscéral a été calculé en divisant respectivement le nombre moyen des Mps sur le nombre moyen des P.V, le nombre maximal de microplastiques trouvé sur le P.V de l'échantillon correspondant ainsi que le nombre minimal de microplastiques trouvé sur le P.V de l'échantillon correspondant, pour chaque espèce ce qui nous a donné les résultats suivant.

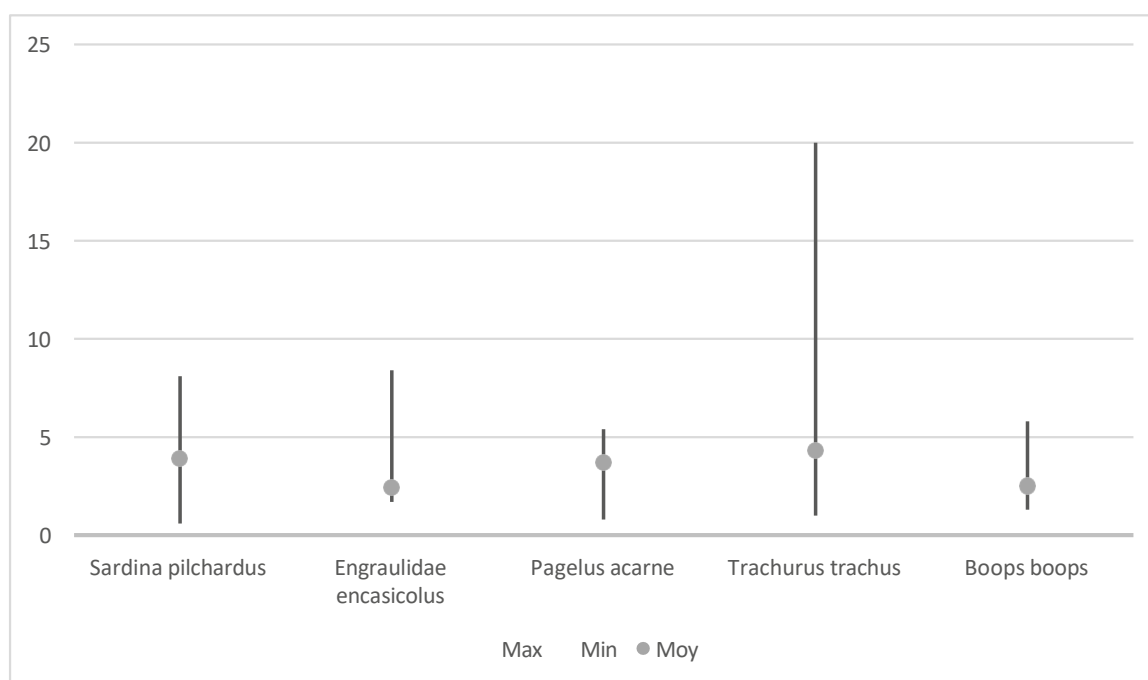


Figure19: boursier représentant la densité des microplastiques par rapport au poids viscéral.

Suivant le boursier représentant la densité des microplastiques par gramme gastro-intestinal on peut constater que la densité moyenne la plus élevée est présente chez le Chinchard avec une valeur de 4,29(Mps/g) qui est exprimé par des points gris sur la figure, tandis que l'Anchois et la Bogue possèdent la plus faible densité moyenne de 2,43(Mps/g).

6. Distribution des microplastiques selon le sexe du poisson :

Lors de notre étude on a désigné 39 femelles et 41 males pour un total de 85 poissons des différentes espèces et les résultats des microplastiques indiqués est de 486 et 355 respectivement.

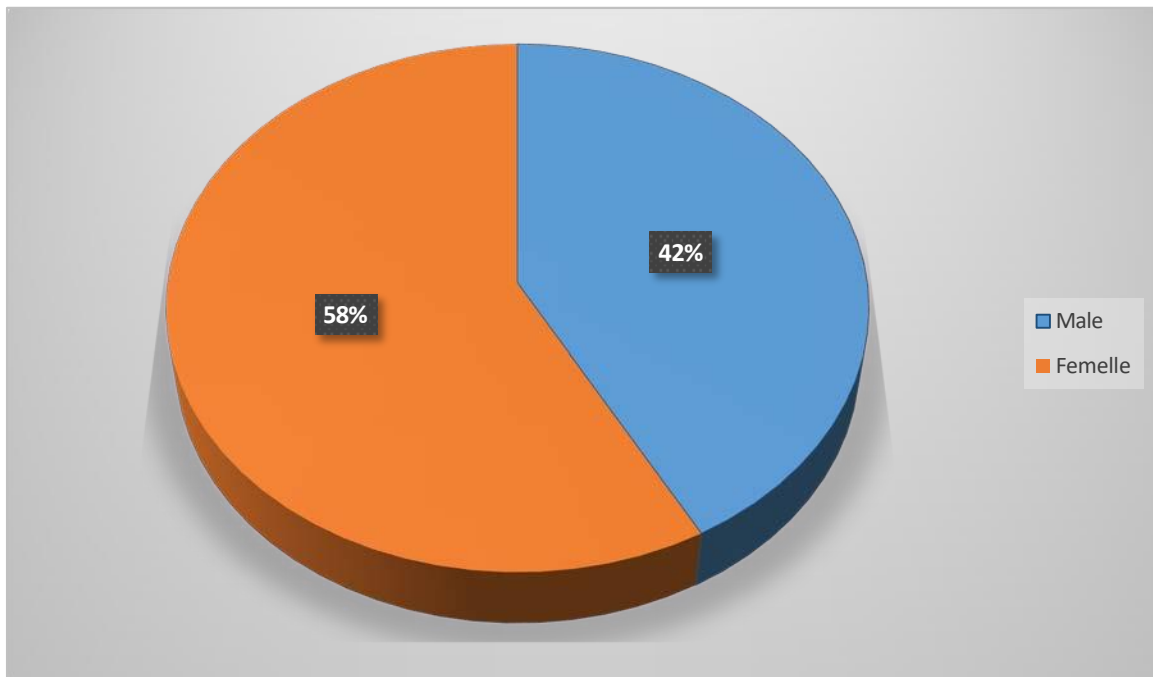


Figure20: diagramme représentant le pourcentage des microplastiques selon le sexe.

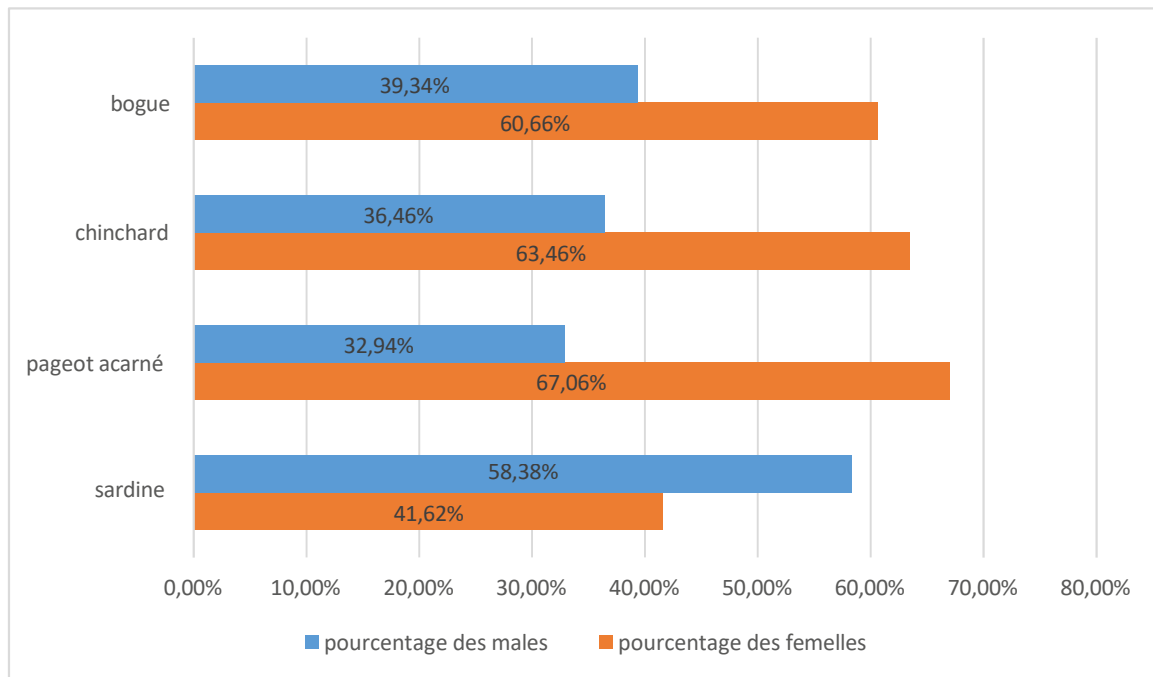


Figure 21: histogramme représentant le pourcentage des microplastiques selon le sexe pour chaque espèce.

Le diagramme dans (**Figure 20**) montre que les microplastiques sont plus abondant chez les femelles que chez les mâles, sauf chez la sardine où les mâles ingèrent plus de microplastiques que les femelles comme l'histogramme dans la (**Figure 21**) l'indique.

7. Distribution des microplastiques selon leur forme :

Les résultats de l'observation des microplastiques sous le stéréomicroscope ont démontré la présence de 4 formes et de nombre différent pour chaque forme.

Tableau II : nombre et pourcentage des microplastiques de 143 poissons selon leur forme.

Forme du Mps	Nombre du Mps retrouvés	Pourcentage des Mps (%)
Les filaments	1158	95,77
Les fragments	33	2,72
Les tubes	16	1,32
Les films	2	0,19

Les filaments sont les microparticules les plus présentes chez les estomacs des poissons examinés avec un pourcentage de 96% suivi des fragments et les tubes avec un pourcentage inférieure a 3% et on dernier on a les films qui sont presque nul.

8. Distribution des microplastiques selon leur couleur :

Les résultats de l'observation des microplastiques sous le stéréomicroscope ont démontré la présence de 7 différentes couleurs d'un nombre différent pour chacune.

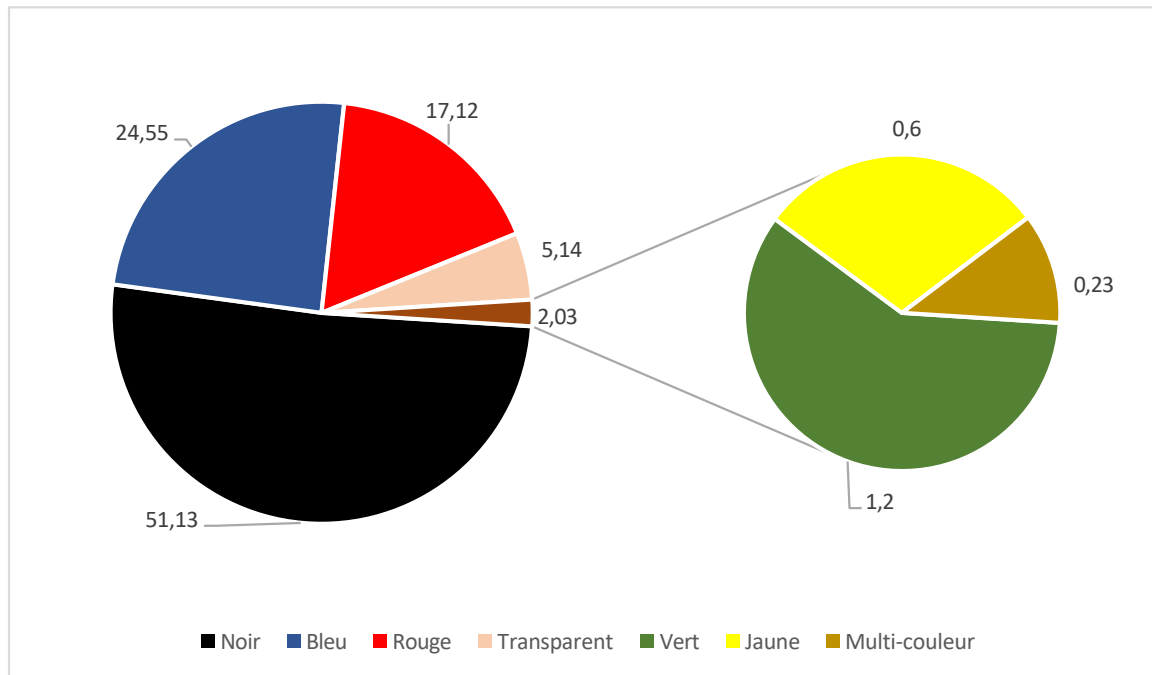


Figure 22 : diagramme représentant le pourcentage des microplastiques selon leurs couleurs.

Parmi les sept couleurs retrouvées, le noir est la couleur prédominante avec un pourcentage de 51,13% suivi par le bleu et le rouge, tandis que le vert, le jaune et le multi-couleur sont presque nul.

Discussion

Discussion :

Tous les individus des cinq espèces de poissons étudiés contiennent des microplastiques dans leurs estomacs, et cela quel que soit leur régime alimentaire. Les mêmes résultats ont été trouvés au Brésil pour 82 individus (Pazos *et al.*, 2017) ce qui nous indique que la zone du littoral de Bejaia est fortement polluée par le plastique, cela a été confirmé par l'étude de (van der Hal *et al.*, 2017) sur les eaux de la méditerranée orientale où ils ont trouvé que 100% de ces dernières sont contaminées.

Le Pageot acarné (*Pagelus acarne*) et le Chinchard (*Trachurus trachurus*) sont les espèces qui possèdent le plus de microplastiques dans leurs estomacs avec un total de 48,37% due à leur régime alimentaire carnivore, comme les résultats de Alfaro-Núñez *et al.*, 2021 l'indiquent où ils ont trouvé que les espèces carnivores ingèrent plus de microplastiques, on peut expliquer ça par une bioaccumulation à cause de l'ingestion directe dans la colonne d'eau ou de l'ingestion indirecte d'organismes de niveau trophique inférieur qui ont initialement accumulé des microplastiques (Lusher *et al.*, 2016 ; Al-Salem *et al.*, 2020). Ensuite on a la Sardine (*Sardina pilchardus*) et l'anchois (*Engraulidae encrasicolus*) qui sont des planctophages avec un total de 29,85% et d'après l'étude de Demir-Yilmaz *et al.*, 2022 les microplastiques entrent dans les agrégats de planctons qui sont ensuite ingérés. Et enfin la Bogue (*Boops boops*) a ingéré 21,78% de microplastiques avec un régime alimentaire omnivore.

Les spécimens avec un poids total compris entre 8g et 62g et d'une taille totale comprise entre 11cm et 17cm ont ingéré une quantité de microplastiques supérieure avec des pourcentages de 85,28% et 76,76% respectivement, ce qui peut nous indiquer qu'il existe une relation entre l'ingestion des microplastiques et les paramètres biométriques car les individus en moins bonnes conditions physiques ingèrent des quantités de microplastiques plus importantes que les individus en meilleures conditions physiques (Sbrana *et al.*, 2020).

Les valeurs les plus élevées de densité de microplastiques par poids gastro-intestinale ont été détectées chez le Chinchard (*Trachurus trachurus*) avec une densité moyenne de 4,29 (MPs/g) et une densité maximale de 20 (MPs/g) due à la bioaccumulation et bioamplification des microplastiques et leur transfert trophique (Farrel et Nelson, 2013).

Les femelles ont ingéré une quantité de microplastiques plus que les mâles avec un pourcentage de 58% et 42% respectivement, sauf chez *Sardina pilchardus* où les mâles dépassent les femelles dans l'ingestion de ces derniers. Les études qui ont pour but de quantifier

les microplastiques selon le sexe sont très rare mais des recherches de deux mémoire de fin d'étude réalisés au niveau de l'université de Bejaia ont trouvé les mêmes résultats.

Les filaments sont la forme la plus fortement trouvée dans cette étude avec un pourcentage qui dépasse 95% et plusieurs études avaient eu de similaire résultats (Lusher *et al.*, 2013 ; Neves *et al.*, 2015 ; Bellas *et al.*, 2016) les sources de ces filaments peuvent être les produits d'hygiène et de cosmétique, les textiles et l'industrie de la pêche (Andrady, 2011 ; Browne *et al.*, 2011). Les fragments viennent en deuxième place avec 2,72% et qui peuvent avoir plusieurs origines tel que 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,).

Avec un pourcentage de 51,13% Le noir est la couleur de microplastique la plus fréquemment trouvée dans cette étude et dans deux autres études (Bellas *et al.*, 2016 ; Frère, 2017) probablement parce qu'ils sont plus semblables aux granulés alimentaires, (Ory *et al.*, 2017) ce qui induit à la confusion des poissons. Et en deuxième place on a le bleu avec un pourcentage significatif de 24,55% cela est expliquer par l'étude de Neves *et al.*, 2015 qui indique que le bleu est la couleur la plus dominante, suivi par la couleur rouge avec un taux de 17,12%, la présence de ces deux couleurs (bleu et rouge) indique que ces microplastiques sont relativement nouveaux dans l'environnement (Nithin *et al.*, 2021) donc récemment ingérer par les poissons. Et en ce qui concerne le restant des couleurs leurs présences est relativement nul.

Cette étude nous a révéler la pollution du milieu pélagique marin, suggérant que les petits poissons pélagiques pourraient être de bons indicateurs des conditions environnementales (Lefebvre *et al.*, 2019), cela peut être expliquer par le fait que les microplastiques sont des particules moins denses que l'eau de mer et flottant donc à la surface de la mer (Löder et Gerdts, 2015), Ceci a été confirmer par l'étude de collignon *et al.*, 2012 ou ils ont identifiés les MPs dans 90 % des échantillons d'eau de surface prélevés dans le nord-ouest de la Méditerranée occidentale.

Conclusion

Conclusion :

Cette étude est faite dans le but d'examiner la présence des microplastiques dans l'estomac des espèces pélagiques marines sur le littoral de Bejaia et les résultats obtenus ont révélé des quantités préoccupantes de microplastiques de différentes formes et couleurs chez tous les individus examinés de cinq espèces différentes ciblées.

Ces résultats indiquent des taux élevés de pollution dans la baie de Bejaïa par les microplastiques qui peuvent représenter des menaces pour la santé des espèces marines et un énorme danger sur l'environnement en raison de leurs petites tailles de moins de 5mm, et leur durabilité qui renforce leur bioaccumulation au niveau de la chaîne trophique. Ils peuvent également menacer la santé des espèces marines et leur survie en provoquant des lésions physiques et chimiques, altérer la digestion, perturber le fonctionnement du système immunitaire et même entraîner la mort des individus.

Les microplastiques sont définis aussi comme des transporteurs de substances chimiques toxiques par l'adsorption de ces dernières sur la surface des microplastiques, comme les additifs plastiques et les polluants persistants, qui finissent ainsi par être ingérés par les organismes vivants. Ils se bioaccumulent jusqu'à leur arrivée à l'être humain.

Nos résultats mettent en évidence la nécessité de prendre des mesures pour la réduction de la production et de la consommation du plastique dans la région de Bejaïa en minimisant l'utilisation du plastique à usage unique, inciter l'utilisation des emballages en carton, promouvoir le recyclage et sensibiliser le grand public à l'importance de la préservation de notre environnement marin et des espèces qui en dépendent car ils sont des enjeux cruciaux pour les générations présentes et futures.

Perspectives :

1. Étendre l'étude à un éventail plus large d'espèces marines sous une démarche comparative pour mieux comprendre la répartition et l'impact des microplastiques sur l'ensemble de l'écosystème marin.
2. Analyser les différentes sources de microplastiques pour avoir une meilleure identification afin d'élaborer des stratégies de gestion plus efficaces
3. Évaluer les effets des microplastiques sur la santé des espèces marines comme l'étude des effets physiologiques et écologiques des microplastiques sur les différentes espèces étudiées
4. Développer des méthodes de détection et d'analyse améliorées qui pourraient permettre d'obtenir des données plus fiables et de mieux quantifier la présence de microplastiques chez différentes espèces marines
5. Étudier les interactions entre les microplastiques et d'autres polluants ce qui pourrait avoir des implications sur les risques et les effets cumulatifs sur les écosystèmes marins
6. Évaluer l'efficacité des mesures de gestion existantes et proposez des recommandations pour renforcer les politiques et les actions de protection de l'environnement.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Andrady, 2011.** Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1596–1605.
- **Alimi.; Farner Budarz.; Hernandez.; Tufenkji. 2018.** Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. *Environmental Science & Technology*.
- **Alfaro-Núñez, Diana Astorga , Lenin Cáceres Farías, Lisandra Bastidas , Cynthia Soto Villegas , Kewrin Macay & Jan H. Christensen., 2021.** Microplastic pollution in seawater and marine organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos. *Scientific reports* 11:6424.
- **Al-Salem., Uddin., Lyons., 2020.** Evidence of microplastics (MP) in gut content of major consumed marine fish species in the State of Kuwait (of the Arabian/Persian Gulf). *Mar. Pollut. Bull.* 154, 111052.
- **Arthur., Baker. et Bamford., 2009.** Dans Actes de la Recherche Internationale Atelier sur l'occurrence, les effets et le devenir des débris marins microplastiques, 9–11 septembre 2008, NOAA Technical, Memorandum NOS-OR&R30.
- **Avio, Gorbi et Regoli. 2016.** Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat, *Marine Environmental Research*.
- **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.
- **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.
- **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, *Traité internationaux (et droit des relations extérieures de la Suisse), Recueil de textes 2008*, p. 33

- **Bhattacharya , Lin , Turner. 2010.** Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *J Physic Chem*; C114:16556-61.
- **Bilan d'activité, la DPRH de la wilaya de Bejaia, 2009.**
- **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.
- **Browne., Crump., Niven., Teuten., Tonkin., Galloway., Thompson., 2011.** Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45, 9175–9179.
- **Carbiener, paru en 1969.** Bulletin de la Section de Géographie du Comité des Travaux historiques et scientifiques, t. LXXX, 1967,
- **Chang., 2015.** Réduction des microplastiques des nettoyants exfoliants pour le visage dans les eaux usées par le traitement par rapport aux décisions sur les produits de consommation. *Mar. Pollut.*
- **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., Lindeque., Halsband. et Galloway, 2011.** Les microplastiques en tant que contaminants dans le milieu marin : un bilan. *Bulletin de la pollution marine*, 62(12), 2588-2597.
- **Collignon., Hecq., Glagani., Voisin., Collard., & Goffart. 2012.** Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 64(4), 861–864.
- **Claessens, Michiel, Lisbeth Van Cauwenberghe, Michiel B. Vandegheuchte, et Colin R. Janssen. 2013.** « New Techniques for the Detection of Microplastics in Sediments and Field Collected Organisms ». *Marine Pollution Bulletin* 70 (1 - 2): 227 - 33.
- **Demir-Yilmaz, Yakovenko, Roux, Guiraud, Collin, Coudret, Ter Halle, Formosa-Dague. 2022.** *Science of the Total Environment*, The role of microplastics in microalgae cells aggregation: A study at the molecular scale using atomic force microscopy.

- **Deng. ; Zhang. ; Lemos. ; Ren. 2017**, Tissue Accumulation of Microplastics in Mice and Biomarker Responses Suggest Widespread Health Risks of Exposure. *Sci. Rep.* 7 (1).
- **Derraik. 2002**. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar Poll Bull* ;44 :842-52
- **Doyle.; Watson.; Bowlin.; Sheavly. 2011**, Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Mar. Environ. Res.* 71, 41–52.
- **DPRH. (2020)**. rapport annuel du secteur de la pêche et des ressources halieutiques. Bejaia: mprh.
- **DPAT_STATS. (2015)**. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia. Bejaia.
- **DPSB STATS . (2017)**. Annuaire statistique 2018 de la wilaya de Bejaïa. Bejaia.
- **Driedger, Dürr, Mitchell, Van Cappellen. 2015**. Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: A review. *J Great Lakes Res.* 41(1):9-19. Dris R, Gasperi J, Rocher V, Saad M, Renault N, Tassin B. 2015. Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris. *Environ Chem.* 12(5):592-599.
- **Dr. MERADI. Décembre 2017**. Pour une industrie touristique au sein de l'espace littoral de Bejaia : le fossé qui s'épave la dotation de la vocation. *Journal of Industrial Economics.* Vol 13, p 447-485.
- **Farrel , Nelson . 2013**. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ Pollut* 177:1–3.
- **Frère., 2017**. Les microplastiques : une menace en rade de Brest ? *Sciences de la Terre.* Université de Bretagne occidentale, Brest.
- **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.
- **Friot, Boucher. 2017**. Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources. Gland, (CH): [IUCN] International Union for Conservation of Nature. 43 p.
- **Galgani. 20 octobre 2021**. Océans de plastique, Actes du Colloque, 18e Colloque franco-japonais d'Océanographie.
- **Galgani, Bruzaud, Duflos, Fabre, Casdaldi, et al. 2020**. Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques *Pollution of oceans by plastics and microplastics.* Techniques de l'Ingenieur. hal-03067254

- **Gouvernement Canada. Octobre 2020.** Évaluation scientifique de la pollution plastique environnement et Changement climatique Canada, Santé Canada.
- **Hallal & Dubois & Bougdal & Djouder. 2018.** Instabilités gravitaires dans la région de Béjaïa (Algérie): Inventaire et appréciation de l'importance relative des différents paramètres conduisant au déclenchement, au maintien ou à l'activation des instabilités. *Bull Eng Geol Environ* 77:631–645.
- **Health and Environment Alliance. 2020.** Plastique: Inverser La Tendence : Les Produits Chimiques En Plastique Qui Mettent Notre Santé En Danger.
- **Huang., Qureshi., Liu., Sun., Zhang., Wang., 2020.** Hyperspectral imaging as a potential online detection method of microplastics. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1–10.
- **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.
- **Ivar do Sul and Costa, 2014.** The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185: 352-364.
- **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.
- **Kay , Hiscoe , Moberley , Bajic , McKenna . 2018.** Wastewater treatment plants as a source of microplastics in river catchments. *Environ Sci Pollut Res Int.* 25(20):20264-20267.
- **Kershaw., Turra. & Galgani. editors. 2019.** GESAMP - Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean, Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.
- **Koelmans et al. -** Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic Environment: critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies. *Envir. Sci. Technol.* 50, 3315–3326 (2016).
- **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.

- **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.
- **Larousse, 1984,** Paris, Librairie Larousse, tome 8, p. 8270.
- **Lavallée.** (2016). *Les végéplastiques: Comment mettre un terme à la pollution par le plastique.* Canada: Éditions MultiMondes.
- **Lefebvre., Saraux., Heitz., Nowaczyk., & Bonnet. 2019.** Microplastics FTIR characterisation and distribution in the water column and digestive tracts of small pelagic fish in the Gulf of Lions. *Marine pollution bulletin*, 142, 510–519.
- **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.
- **Li., Liang., Liu., Fu., Ma., Chen., Su., Craig., Shi., 2021a.** Fish ingest microplastics unintentionally. *Environ. Sci. Technol.* 55 (15), 10471–10479.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01753>.
- **Löder.; Gerdts. 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.
- **Lusher., McHugh., Thompson., 2013.** Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 67, 94–99.
- **Lusher., O’Donnell., Officer., and O’Connor. 2016.** Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. – *ICES Journal of Marine Science*, 73: 1214–1225.
- **Marais. (2005).** *L’âge du plastique: Découvertes et Utilisations.* (n.p.): Editions L’Harmattan.
- **Marek, Parisot , Guyomard, Marcoux, Rondel,et al. 2020.**Lutte contre la pollution plastique en milieu marin Etat des lieux, réglementation, recensement et analyse des initiatives. [Contrat]ADEME; ECOGEOS;LEESU. hal-02874035.

- **Mato., Isobe., Takada., Kanehiro., Ohtake., Kaminuma., 2001.** Plastique granulé de résine comme moyen de transport pour les produits chimiques toxiques dans le milieu marin. *Environ. Sci. Technol.* 35,318e324.
- **Mazurais et al. 2015-** Evaluation of the impact of polyethylene microbeads ingestion in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Mar. Environ. Res.* 112, 78–85.
- **McIlwraith., Kim., Helm., Bhavsar., Metzger., Rochman., 2021.** Evidence of microplastic translocation in wild-caught fish and implications for microplastic accumulation dynamics in food webs. *Environ. Sci. Technol.* 55 (18), 12372–12382.
- **Mezhoud, Cherif, Houma-bachari .2017.** Evaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Bejaïa, Algérie. EDITION 4, SPLIT, CROATIA (2017).
- **Murphy , Ewins , Carbonnier , Quinn . 2016.** Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environ Sci Technol.* 50(11):5800-5808.
- **Murray , Cowie . 2011.** Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Mar Poll Bull*;62:1207-17.
- **MEEDDM.(10 au 15 juillet 2009).** Le livre bleu des engagements du Grenelle de la Mer, Paris, p. 21.
- **Napper, Bakir., Rowland, Thompson, 2015.** Caractérisation, quantité et propriétés de sorption des microplastiques extraits des cosmétiques. *Mar. Pollut. Taureau.* 99, 178e185.
- **Neves., Sobral., Ferreira., Pereira., 2015.** Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Mar. Pollut. Bull.* 101, 119–126.
- **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.
- **Norén., 2007.** Small plastic particles in Coastal Swedish waters. Tech. Rep. 0. KIMO.
- **Nuelle, Marie-Theres, Jens H. Dekiff, Dominique Remy, et Elke Fries. 2014a.** << A New Analytical Approach for Monitoring Microplastics in Marine Sediments >>. *Environmental Pollution* 184 (janvier): 161-69.

- **O’Brine.; Thompson. 2010**, Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 2279– 2283.
- **OCDE, 14 novembre 1994**, Recommandation du Conseil concernant des Principes relatifs à la pollution transfrontalière, C(74) 224.
- **Ory., Sobral., Ferreira., & Thiel. (2017)**. Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *The Science of the total environment*, 586, 430–437.
- **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.
- **Pazosa 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.
- **PEMA. 2019**. la Protection de l’environnement marin arctique.
- **PlasticsEurope, 2018**. *Plastics – the Facts 2018: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Plastics Europe: Association of Plastic Manufacturers.
- **Rahmani , Koudache .2019**. Étude du régime alimentaire du chinchard commun (*Trachurus trachurus* L.1758) dans la baie de Béni Saf, Nord-Ouest algérien. *Afrique SCIENCE* 15(4) ,191 – 202.
- **Ramade. (2007)**. *Introduction à l’écotoxicologie : fondements et applications*. France : Tec & Doc.618p.
- **Reddy.; Basha.; Adimurthy.; Ramachandraiah. 2006**, Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang-Sosiya ship-breaking yard, India. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.* 68, 656–660.
- **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.

- **Rochman, Brookson, Bikker , Djuric , Earn , Bucci , Athey , Huntington , McIlwraith , Munno , et al. 2019.** Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environ Toxicol Chem.* 38(4):703-711.
- **Salomon. (2003).** Danger pollutions !. France: Presses universitaires de Bordeaux. 169p.
- **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.
- **Seret et Opic. (2011).** Poissons de mer de l'ouest Africain tropical. Edition : Institut de recherche pour le développement. Marseille.
- **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.
- **Sperling. 2006.** Introduction to physical polymer science. 4th ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc. 845 p.
- **Strukul. 1992.** Catalytic oxidations with hydrogen peroxide, Kluwer Academic Publishers: Netherlands,.
- **Sun, Jing, Xiaohu Dai, Qilin Wang, Mark C. M. van Loosdrecht, et Bing-Jie Ni. 2019a.** « Microplastics in Wastewater Treatment Plants: Detection, Occurrence and Removal ». *Water Research* 152 (avril): 21-37..
- **Sussarellu et al. 2016-** Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 2430–2435
- **Thompson. 2004.** Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304 (5672), 838–838.
- **Thompson, Olsen , Mitchell, et al. 2004.** Lost at sea: where is all the plastic? *Science*;304:838

- **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.
- **van Wezel., Caris., Kools., 2015.** Release of primary microplastics from conproduits d'été aux eaux usées aux Pays-Bas. *Environ. Toxicol. Chim. SETAC.*
- **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.
- **Wilcox , Puckridge , Schuyler , et al. 2018.** A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. *Scientific Reports* 8: 1–11.
- **Xu, Rachel S. Cheong, Lan Liu, Laura M. Hernandez, Azimzada, Bayen, and Tufenkji. 2020.** Primary and Secondary Plastic Particles Exhibit Limited Acute Toxicity but Chronic Effects on *Daphnia magna*. *Environmental Science & Technology* 54 (11), 6859-6868

Références Numériques

- <https://asal.dz/?p=432>
- « Tourism in a pandemic world: tackling plastic pollution »
https://www.unep.org/news-and-stories/story/tourism-pandemic-world-tackling-plastic-pollution?_ga=2.24628090.1300880059.1676463307-876075225.1676463307.
- <https://www.aniref.dz/index.php?layout=edit&id=114>
- <https://iucn.org/fr/news/marine-and-polar/202010/plus-de-200-000-tonnes-de-plastique-sont-deversees-chaque-annee-en-mediterranee-rapport-de-luicn>
- <https://www.portdebejaia.dz/caracteristiques-techniques/>
- <https://www.fishipedia.fr/fr/poissons/pagellus-acarne>

- <https://berthoalain.com/2010/05/11/football-emeute-a-bejaia-mai-2010/>

Résumé :

Dans le but d'affirmer la présence des microplastiques chez les espèces pélagiques dans la zone marine de Bejaia, nous avons examiné 143 individus de poissons appartenant à cinq espèces différentes, dont l'examen à l'aide d'un stéréomicroscope nous a révélé la contamination de la totalité des individus avec un total de 1209 particules de microplastiques avec différentes proportions chez les différentes espèces et les deux sexes, ainsi que la présence de différentes formes et couleurs.

Les résultats indiquent la forte contamination de la région marine de Bejaia par le plastique et la nécessité de prendre des mesures de protection de cet écosystème.

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

Abstract :

In order to confirm the presence of microplastics in pelagic species in the Bejaia marine zone, we examined 143 fish individuals belonging to five different species. Examination using a stereomicroscope revealed contamination of all individuals with a total of 1209 microplastic particles, with different proportions in the different species and both sexes, as well as the presence of different shapes and colors.

The results indicate the high level of plastic contamination in the Bejaia marine region, and the need to take measures to protect this ecosystem.

Keywords : Microplastics, pollution, fish, Bejaia coastline.