

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abbas Leghrour De Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'étude
En vue l'obtention du diplôme de

Master académique



Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliqué

L'effet des paramètres biologiques sur l'ingestion
de microplastiques par des espèces de poisson à
intérêt économiques capturées dans le Golf de
Béjaia (Nord Est Algérien)

Réalisé par :

- GHEZAL Samia
- DERHEM ROMAÏSSA
- ZEGHEDANE MAROUA

Devant le jury

Président : Mr, Belkoum Noureddine

MCB, Univ Abbas laghrou de Khenchela

Examinatrice : Mme Ben Souici Karima

MCA Univ Abbas laghrou de Khenchela

Encadreur : Mr, ZIOUCH Omar Ramzi

MCA, Univ Abbas laghrou de Khenchela

CO-encadreur : Mr, ZEGHDANI Zouhir

Doctorant, Univ Bejaia

Année université : **2023/2024**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Mes premiers remerciements à Dieu Tout-Puissant, qui nous a donné la force et les moyens de préparer ce travail.

Ce travail a été réalisé au laboratoire pédagogique de l'Université de Khenchela

*Nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude à notre distingué professeur, **Ziouch Omar Ramzi**. C'est un grand honneur d'être le directeur de cette thèse, et nous le remercions pour sa présence, ses encouragements et ses précieux conseils, merci pour sa gentillesse, et*
Merci pour tout.

*Nous remercions également le Professeur **Zeghdani Zouhir**, qui a grandement contribué à la réalisation de ce travail, notamment dans la partie pratique. Merci.*

_ Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury

Belkoum Noureddine, Ben Souici Karima

Pour l'intérêt que vous avez porté à notre travail en acceptant de faire partie du jury.

_ Nous remercions tous les professeurs de l'université, et enfin, nous adressons un merci particulier à notre famille et à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement au développement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mon cher père, Que Dieu ait pitié de lui et le place dans ses refuges

A ma mère, mon paradis et la lampe de ma vie, que Dieu la protège

A mes chères sœurs Rachida, Selma, Afaf et Bouchra

A mes chers neveux Mahdi et Remas

Je vous souhaite beaucoup de succès, de prospérité et une vie pleine de joie et de bonheur.

*À mon partenaire dans les moments difficiles et pariant sur ma réussite
(Mon mari, Mohamed)*

À mes chers amies Hoyam, Amira, Wiam, Salwa et Rabab.

A mon professeur et mon encadreur ZIOUCH

Omar Ramzi, merci pour votre dévouement et vos travaux et vos sacrifices avec nous, que Dieu prolonge ta vie

Pour toute ma famille.

À tous les étudiants et collègues.

Samia

Dédicace

À mes chers parents, Amara et Louiza dont le soutien inconditionnel et l'amour indéfectible m'ont toujours guidé sur le chemin de la réussite.

Vos encouragements constants et votre foi en moi ont été ma source d'inspiration la plus

À mes frères, Kenza, Safaa, Iman, Yamama, Fawzia, Sabrina, Yasmina, Muhammad, Abdul Ghafour, Abdul Hafeez, Yasser, les personnes exceptionnelles qui ont été les piliers de ma force tout au long de ce parcours académique.

Votre présence, vos encouragements et les moments de détente que vous avez passés ont rendu ce voyage non seulement enrichissant sur le plan intellectuel, mais aussi enrichissant sur le plan

À mon amie, ma chérie et ma compagne de toujours, Heba, Chaima, Nésrine, Fairouz, Wissem Aissaoui, Mira, Chourouk Hami, merci d'être dans ma vie humaine. Merci d'être là à chaque étape.

À mes bien-aimés, Nihal, Badis, Taha, Ayoub, Bahaa El-Din, Nour Al-Islam, Younes, Alaa Al-Rahman, Manisa, Bayader Jannah, Abdel-Rahman, Hossam, Abed, je vous souhaite réussite et joie, Seigneur.

Que cette dédicace soit le témoignage de ma reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué à façonner mon parcours académique et à enrichir ma vie de manière inestimable. Merci infiniment.

Maroua

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents Noureddine, Nasser Fahima

que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, Pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grand sacrifices

A mon mari (Noureddine Tebib) pour son amour, pour sa grande patience, Je le remercie chaleureusement surtout pour son soutien moral ininterrompu et ses nombreux conseils tout le long de ma mémoire

A Mes belles filles mon cœur Rawan et Maya

A mes frères et sœur et leurs petites familles

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime

Romiassa

Sommaire

Titre	Page
liste des figures	
liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre 1 : généralité sur les microplastiques	
1. Définition de la Pollution marine:	4
2. plastique:	4
2.1. Définition:	4
2.2. Les types de plastiques:	5
2.3. L'histoire de la recherche sur les pollutions par les plastiques:	6
2.4. La gestion des déchets plastiques:	6
2.5. Cycle de vie du plastique :	7
2.6. Recyclage:	8
3. Débris de plastique en milieu marin:	9
3.1. Définition des microplastiques:	9
3.2. Les origines des microplastiques:	10
3.2.1. Microplastiques primaires:	10
3.2.2. Microplastiques secondaires:	10
3.3. La fabrication du plastique:	11
4. Dégradation des plastiques en mer	11
4.1. Les étapes de la dégradation en mer:	12
a. La bio-détérioration	12
b. La bio-fragmentation	12
c. L'assimilation	12
d. La minéralisation	13
4.2. Les principales sources de la pollution plastique:	13
4.3. Le plastique dans le système alimentaire :	13
4.4. Toxicité des plastiques et perturbation des chaînes alimentaires:	14
Chapitre 2 : Matériels et méthodes	
I. Présentation de la zone d'étude	17
1. Le Golfe de Bejaia	17
1.1. Le Climat	17
1.2. Les activités de pêches	18
1.3. Le port de Bejaia	18
1.4. Les ressources hydrauliques	19
a. Oued Soummam	19
b. L'oued Agrioun:	20
II. Echantillonnage et mensuration des poissons	20
1. Echantillonnage	20

1.1. Sardinella aurita	20
1.1.1. Comportement:	20
1.1.2. Reproduction:	21
1.1.3. Alimentation:	21
1.2. Sardina pilchardus	21
1.2.1. Appellations de la Sardine Sardina pilchardus:	22
1.2.2. Noms communs internationaux :	22
1.2.3. Caractéristiques de S. pilchardus :	22
1.3. Trachurus trachurus (saurel)	22
1.3.1. Morphologie :	24
1.3.2. Reproduction :	24
1.4. Boops bopos	24
1.4.1 Noms vernaculaires :	25
1.4.2. La croissance :	25
2. Etude biométrique	26
2.1. Mesure de la longueur et de poids	26
2.1.1. La longueur	26
2.1.2. Le poids	27
3. Dissection	28
4. Détermination du sexe	29
5. Préparation de solution	30
6. Filtration	31
7. Identification des microplastiques	32
Chapitre 3	
1. Résultats	34
1.1. Les paramètres biologiques	34
1.2. Occurrence et distribution des MPs au sein des espèces des poissons	35
1.2.1. Occurrence des MPs au sein des espèces des poissons	35
1.2.2. Fréquence des MPs ingérés:	35
1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes	36
1.2.4. Distribution des MPs selon leurs tailles	37
1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs	37
1.2.6. Distribution des MPs ingérés selon le sexe des poissons	39
1.2.7. Distribution des MPs ingérés selon la taille des poissons	40
1.2.8. Distribution des MPs ingérés selon le poids des poissons étudiés	41
1.2.9. Densité des MPs dans le tractus gastro-intestinal des espèces étudiées	42
2. Discussion	43
Conclusion :	47
Perspectives :	47
Bibliographie	49
Résumé	

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Structure chimique de polymères	4
2	Echelle de Lansink	7
3	Cycle de vie du plastique	7
4	Les différents procédés de recyclage des matières plastiques.	8
5	Microplastiques primaires	10
6	Fragments des microplastiques secondaires.	11
7	Les différentes étapes de la biodégradation du plastique par les bactéries (Dussus et Ghiglione, sous presse).	12
8	Situation géographique de golfe de Bejaia	17
9	Le port de Bejaia	18
10	Sardinellaaurita (l'Allache).	21
11	Sardina pilchardus (la Sardine).	22
12	Tachurustrachurus (saurel)	23
13	Boopsboops (la bogue).	24
14	Préparation des espèces pour la mensuration de la longueur en centimètre.	26
15	Les différentes mensurations de la longueur.	26
16	Le poids total en gramme.	27
17	Le poids éviscéré en gramme.	27
18	Le poids GIT en gramme.	28
19	La dissection et l'ouverture de la cavité abdominale des poissons.	28
20	Les gonades femelles couleur jaunâtre.	29
21	mâles couleur Les gonades blanchâtre.	29
22	Préparation de H ₂ O ₂ 15% par la dilution de H ₂ O ₂ 30%.	30
23	Tube digestif dans la solution H ₂ O ₂ 15%.	30
24	Les échantillons dans le four.	31
25	La filtration des échantillons.	31
26	L'identification de débris de plastique sous stéréomicroscope.	32
27	Distribution des MPs ingérés selon leurs formes pour les quatre espèces de poissons étudiées.	36
28	Classification de particules de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.	37
29	Distribution des MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.	38
30	Exemples de débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différentes visualisés dans les tubes digestifs.	39

31	Distribution des MPs ingérés en fonction de sexe des quatre espèces étudiées.	40
32	Distribution des MPs ingérés selon la longueur totale en cm des spécimens des quatre espèces étudiées.	41
33	Distribution des MPs ingérés en fonction de poids total des quatre espèces étudiées.	42
34	La densité minimale, moyenne et maximale des MPs (MP/g) en fonction du poids du tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées.	43

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Les différents types de polymères, leurs densités et leurs utilisations	5
2	Classement par taille des particules de plastique	9
3	Caractéristiques des plages et déversement les cours d'eau.	19
4	Position systématique de TrachurustrachurusL.	23
5	Noms vernaculaires de la bogue : Boopsboops.	25
6	Résumé statistiques des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf Béjaia.	34
7	Nombre et pourcentage des individus contaminés par les MPs	35
8	Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces étudiées	35

Liste des abréviations

MPs : Microplastiques.

Km : Kilomètre.

M : mètre.

Cm : centimètre.

G : gramme.

Mm : millimètre.

ADN : Agence Nationale des Déchets.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

Ps : polystyrène.

PE : polyéthylène.

PVC : polychlorure de vinyle.

PP : polypropylène.

µm: micromètre.

CO₂ : dioxyde de carbone.

CH₄ : méthane.

ANPE : Agence Nationale pour la protection de l'environnement.

ANRH : agence nationale des ressources hydriques.

ISTPM : institut scientifique et technique des pêches maritimes.

Ltm : longueur totale moyenne.

Ptm : poids total moyen.

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène.

GIT : Gastro-intestinale Tractus

SA : Sardinella aurita

SP : Sardine pilchardus

BP: Boops boops

Tt: Trachurus trachurus

M: Male

F: Femelle

I: Indéterminé



INTRODUCTION

Introduction

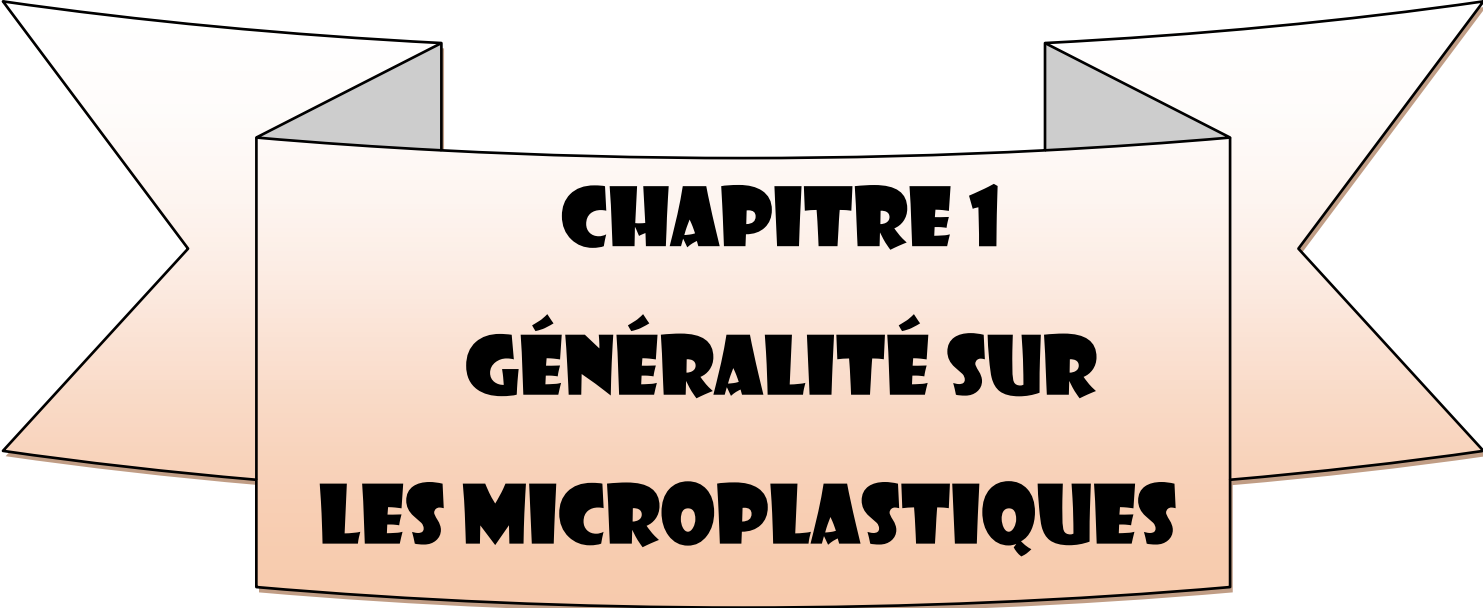
Au fil des années, les activités humaines ont été liées aux rejets accidentels ou intentionnels de grandes quantités de polluants dans les différents compartiments l'environnement, ce qui peut entraîner des effets négatifs sur l'environnement et sur la santé humaine (Oliveira et coll, 2019). La pollution marine est définie comme l'introduction directe ou indirecte de déchets, de substances, ou d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines d'origine humaine, qui entraîne ou qui est susceptible d'entraîner des effets nuisibles pour les ressources vivantes et les écosystèmes marins, avec pour conséquence, un appauvrissement de la biodiversité, des risques pour la santé humaine, des obstacles pour les activités maritimes, et notamment la pêche, le tourisme et les loisirs ainsi que les autres utilisations de la mer, une altération de la qualité des eaux du point de vue de leur utilisation, et une réduction de la valeur d'agrément du milieu marin (Goeurly, 2014).

La grande majorité de la pollution retrouvée en milieux marins c'est les déchets plastiques représentant ainsi une menace sérieuse pour la biodiversité, en raison de leur résistance à la décomposition (Gall et Thompson, 2015, Carbery et al., 2018). Les déchets plastiques se présentent sous différentes tailles et formes, notamment des bouteilles en plastique, des fûts flottants, des bouchons en plastique, des particules et fibres sub-microscopiques (Landrigan et al., 2020). En 2019, le monde a produit environ 368 millions tonnes de plastique. Il est alarmant de constater que seulement environ 9 % ont été recyclés, tandis que 12 % ont été incinérés et les 79 % restants ont été accumulés dans les décharges ou dans le milieu naturel (Borrelle et al., 2020). En 2021, environ 400 millions de tonnes de plastique ont été produites (Plastics Europe, 2022). L'Europe est le deuxième producteur mondial de plastique, après la Chine déversant 150 000 à 500 000 tonnes de macroplastiques et 70 000 à 130 000 tonnes de microplastiques dans la mer chaque année représentant une menace majeure pour la vie marine (Alessi, 2018).

Les microplastiques sont définis comme des particules de plastique allant de quelques micromètres à 5 mm (Arthur et al., 2009). L'origine des microplastiques dans l'océan peut être attribuée à deux sources principales. Ils peuvent être introduits directement depuis les terres via les ruissellements de surface, ou provenir de la décomposition in situ de débris mésoplastiques ou de macroplastiques (Andrady, 2011). Ces microplastiques ont été trouvés dans le monde entier, ils sont très persistants dans l'environnement et s'accumulent donc dans différents écosystèmes marins à un rythme croissant (Suaria et al., 2016 ; Cózar et al., 2017).

Sur un plan régional, l'Algérie possède un littoral qui s'étend sur plus de 1 600 km, mais cette zone représente un écosystème fragile et est constamment menacé par diverses pollutions. Selon l'AND, (2020), 81% des déchets marins répertoriés sur le littoral Algérien sont des déchets plastiques. Malgré un grand intérêt de recherche qui a été porté sur la pollution microplastique dans les environnements marins, dans un contexte de production croissante et d'application intensive de plastiques dans le monde entier, L'Algérie comme les pays de la rive Sud de la Méditerranée n'a pas accordé beaucoup d'intérêt à la pollution par les débris plastiques sur son littoral. Mise à part des études de [Mankou-Haddadi et al. \(2021\)](#), [Taïbi et al. \(2021\)](#) et [Tata et al. \(2021\)](#) qui fournissent les premières observations sur les déchets plastiques dans les sédiments marins dans quelques cotes Algériennes. D'autres études comme celle de [Hamoudi et Siad, \(2022\)](#) et [Badi et Dahou, \(2022\)](#), [Bouhzem et Zouaoui, \(2023\)](#), [Sekrouf et al., \(2023\)](#), quoi qu'ils ne sont pas encore publiées– donnent les premières preuves d'ingestion de débris de plastique par des poissons du littoral d'El-Kala, Annaba, skikda et Collo respectivement. À ce jour, aucune étude n'a été faite sur les MPs dans les espèces de poissons du littoral de Béjaïa. Par conséquent, l'objectif de la présente étude est d'analyser des MP aux poissons en évaluant, pour la première fois, la présence, la quantité et la typologie des MPs dans le tractus gastro-intestinal de quatre espèces commercialisées : *Sardinella Aurita*, *Sardina Pilchardus*, *Trachurus Trachurus* et *Boops Boops* prélevées du littoral de béjaïa.

Ce mémoire est composé de trois chapitres dont le premier qui correspond à une étude bibliographique sur les microplastiques, leur type, gestion et cycle de vie ; mais aussi, de la pollution par les microplastiques dans les eaux marines, les principales sources, les mécanismes de transports et leurs impacts sur le biote. Le second chapitre de ce mémoire est consacré à la présentation de la zone d'étude (la baie de Béjaïa) et aux méthodes d'échantillonnage et mensuration des poissons et les techniques d'identification et de caractérisation des microplastiques. Le troisième chapitre interprète et discute les résultats expérimentaux obtenus. En fin le mémoire s'achève par une conclusion.



CHAPITRE 1
GÉNÉRALITÉ SUR
LES MICROPLASTIQUES

Chapitre 1 : Généralité sur les microplastiques

1. Définition de la Pollution marine :

La pollution marine est une altération de la qualité du milieu marin de ces deux parties aqueuse (l'eau de mer et des océans) et particulaire (le sédiment et les fonds marins) (Ramande, 1982). La pollution marine est définie comme l'introduction directe ou indirecte de déchets, de substances, ou d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines d'origine humaine, qui entraîne ou qui est susceptible d'entraîner des effets nuisibles pour les ressources vivantes et les écosystèmes marins, avec pour conséquence, un appauvrissement de la biodiversité, des risques pour la santé humaine, des obstacles pour les activités maritimes, et notamment la pêche, le tourisme et les loisirs ainsi que les autres utilisations de la mer, une altération de la qualité des eaux du point de vue de leur utilisation, et une réduction de la valeur d'agrément du milieu marin (Goeury, 2014).

2. plastique :

2.1. Définition :

Le terme plastique provient du mot latin « plasticus » et de l'ancien grec « πλαστικός » (plastikos) qui signifie « qui peut être modelé ». Les plastiques sont définis comme des polymères organiques synthétiques, qui sont dérivés de la polymérisation de monomères issus de l'exploitation du gaz ou du pétrole (Hamaide et al., 2014).

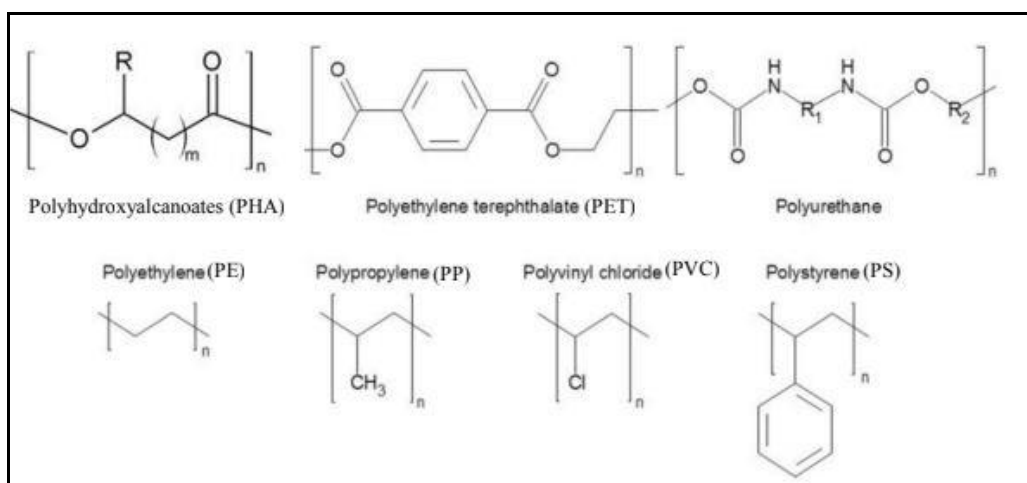


Figure 1 : Structure chimique de polymères (D'après Krueger et al., 2015)

Les plastiques sont des polymères constitués d'enchaînement de groupes identiques d'atomes, les monomères. Ce sont donc des macromolécules qui sont d'ailleurs très grandes comparées à celles constituant les produits organiques courants (Carrega et al., 2012). La structure chimique de certains polymères est reprise à la Figure 1.

2.2. Les types de plastiques :

Deux grandes familles de plastiques peuvent être distinguées.

- Les thermoplastiques sont des polymères dont les caractéristiques mécaniques varient avec la température. Sous l'effet de la chaleur, les chaînes de ces polymères glissent les unes par rapport aux autres. Cela permet donc de les ramollir un grand nombre de fois, sans quoi le recyclage de ces matières ne serait pas possible (Carrega et al., 2012).

- Les thermodurcissables sont quant à eux constitués de polymères réticulés ou en réseaux. Contrairement aux thermoplastiques, ils sont rigides et fragiles. Un apport de chaleur ne contribue qu'à figer voire dégrader la matière (Carrega et al., 2012).

Les thermoplastiques repris dans la liste ci-dessous englobaient 73,2% de la demande européenne en plastique en 2016. On y retrouve le PET (7,4%), le PVC (10%), les différents PE (29,8%), le PP (19,3%) et les différents types de PS (6,7%) (PlasticsEurope, 2017).

Tableau1 : Les différents types de polymères, leurs densités et leurs utilisations (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Type de polymère	Abréviations	Densités (g.cm-3)	Utilisations
Polyéthylène	PE	0,917-0,965	Basse densité : bouteilles, jouets, sacs, plastiques, 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	0,9-0,91	Récipients alimentaires type Tupperware, industrie automobile.
Polychlorure de vinyle	PVC	1,16-1,58	Bâtiments, transport, emballages, électronique et domaine médical
Polytéréphtalates	PET	1,37-1,45	Bouteilles, barquettes pour plats cuisinés allant au four
Polystyrène	PS	1,04-1,1	Emballages, emballages alimentaires
Polyuréthane	PUR	1,2	Rouleaux d'impression, pneus, semelles de chaussures, pare-chocs, matelas, siège auto, usages biomédicaux
Polycarbonate	PC	1.01-1.08	Bouteilles, récipients, appareils électriques, usages médicaux.
Polyméthylpentène	PMP	0.9-1.2	Matériel médical, seringues, abat-jour, radars, emballages alimentaires allant aux microondes

2.3. L'histoire de la recherche sur les pollutions par les plastiques :

Les études sur les dangers des plastiques ont commencé dès les années 1950 autour des premiers exposés, les ouvriers sensibles à quelques additifs toxiques lorsqu'ils fabriquent les plastiques. Les années 1970 marquent un tournant, une prise de conscience collective pour les questions environnementales est amorcée. En effet, Greenpeace et le World Wide Fund (WWF) se sont engagés dans la protection de l'environnement dès 1971. Vers 1972, une première conférence relative aux questions environnementales est organisée, sous le nom de conférence de Stockholm. La même année, le Club de Rome publie un rapport sous le nom « The limits to growth » qui met en lumière la pénurie des ressources sur terre. Dès 1973, on peut observer une augmentation du nombre de publications sur les déchets plastiques, leurs risques ainsi que leur impact sur l'environnement, pour arriver à 77 en 1974. Au cours de l'année 1973, les dangers des plastiques sur les oiseaux marins sont exposés. Entre les années 1977 et 1992, on observe un équilibre dans le nombre de publications sur les pollutions liées au plastique, oscillant entre 30 à 100 publications sur une année. Vers les années 1990 à 2000, le chiffre augmente considérablement. En 1992, un nouvel essor des études sur les pollutions des plastiques émerge suite au Sommet de la Terre de Rio et à l'usage de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement. Ce Sommet met l'accent sur le principe de précaution en ce qui concerne l'environnement et le principe du pollueur-payeur. L'avènement de la Chine dans les années 2000 au sein des grandes nations scientifiques a fortement augmenté le nombre de publications. À la même époque, l'épanouissement de la recherche scientifique en Inde l'a hissé à la 3e place, derrière les Etats-Unis et la Chine. A partir de 2010, le taux de publications concernant les pollutions par les plastiques augmentent annuellement, et ce proportionnellement avec le nombre de publications en relation avec les pollutions par les microplastiques ([Kedzierski, 2017](#)).

2.4. La gestion des déchets plastiques :

Selon l'échelle de Lansink (Figure2), outre la prévention, plusieurs types de gestion sont utilisés. Tout d'abord la réutilisation, le recyclage, l'incinération et enfin la mise en décharge. En Europe, 27,3% des déchets plastiques sont mis en décharge, 41,6% sont incinérés et 31,1% sont recyclés ([PlasticsEurope, 2017](#)).



Figure 2 : Echelle de Lansink

2.5. Cycle de vie du plastique :

L'utilisation du plastique en agriculture (appelé « agroplastiques ») a été introduit pour la première fois en 1948 aux États-Unis, contribuant à un meilleur rendement de production en termes de quantité, de qualité et de conservation des cultures; le plastique a progressivement remplacé les matériaux traditionnels utilisés auparavant en agriculture, comme le verre et le papier (Le Moine, 2019).



Figure 3 : Cycle de vie du plastique (Réco France, 2015).

Les plastiques sont utilisés dans un grand nombre de secteurs industriels et commerciaux. Ces gisements de plastiques sont particulièrement importants dans cinq principaux secteurs les emballages, le secteur du bâtiment et de la construction, les composants de véhicule, les composants électriques ou électroniques et l'agriculture (Balet, 2005; Plastics Europe, 2016) Les produits plastiques ne sont pas tous les mêmes, donc n'ont pas tous la même durée de vie, Ils peuvent durer un an, 50 ans ou plus (Plastics Europe, 2016).

2.6. Recyclage :

Le recyclage est la meilleure solution pour traiter les déchets plastiques car il limite l'impact environnemental et génère des bénéfices socio-économiques importants (d'Ambrières, 2019). Il existe tout d'abord le recyclage primaire, aussi appelé re-extrusion. La re-extrusion est le processus d'utilisation des déchets plastiques pour créer des produits de caractéristiques similaires au produit original (Al-Salem, 2009).

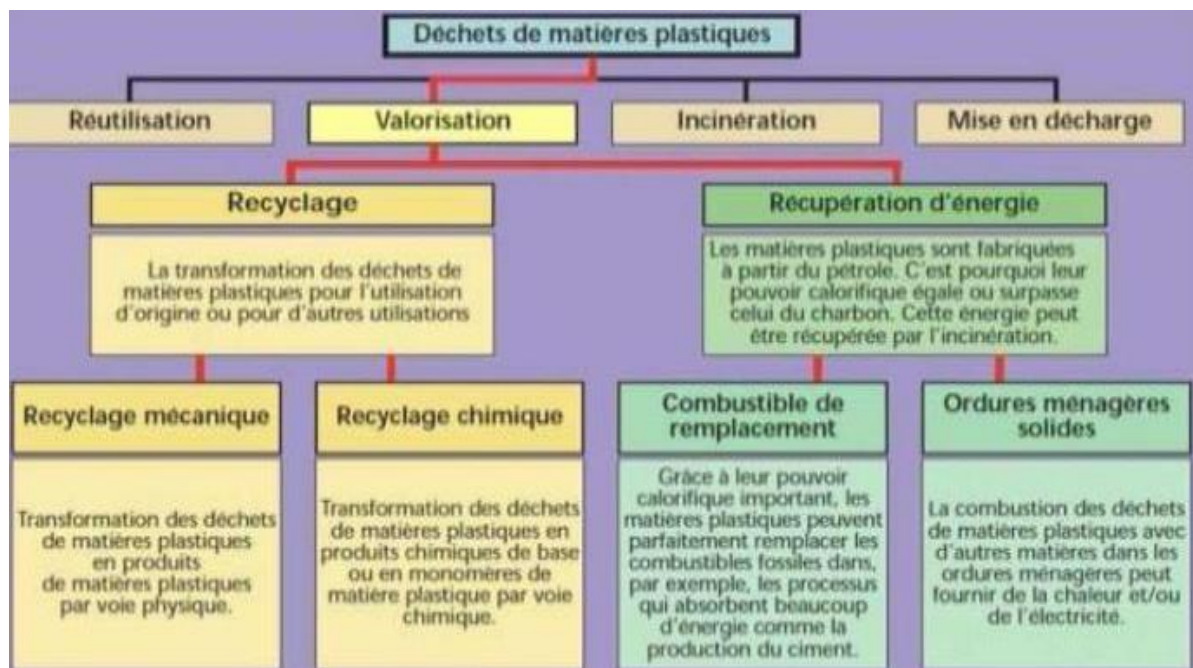


Figure 4 : Les différents procédés de recyclage des matières plastiques.

Même si les procédés de recyclage chimique peuvent tolérer davantage de contamination, ils nécessitent plus d'énergie et génèrent plus d'émissions de gaz à effet de serre que les machines recyclage (Meys et al., 2020). D'autre part, le recyclage chimique a été développé pour décomposer les plastiques en matière première pétrochimique via des processus de conversion thermochimique et catalytique (Ragaert et al., 2017). En 2018, la

première stratégie européenne sur les plastiques a été adoptée, établissant une interdiction des emballages plastiques non réutilisables et non recyclables d'ici 2030 (Schnurr et al. 2018). Cependant, seule une petite fraction des déchets plastiques peut être recyclée mécaniquement grâce à son potentiel de contamination (Al-Salem et al., 2009).

3. Débris de plastique en milieu marin :

La plupart des études sur la pollution plastique se concentrent sur les microplastiques (<5 mm) qui correspondent aux nombreux débris rejetés dans l'environnement. Toutefois, les macroplastiques (>5 mm) représentent la majeure partie et la fraction significative en termes de masse (Van Sebille et al., 2015). Les chercheurs ont estimé qu'entre 19 et 23 millions de tonnes de débris plastiques ont pénétré dans les écosystèmes aquatiques en 2016 (Borrelle et al., 2020). Les débris de plastique plus gros, tels que les lignes monofilaments, les cerclages en plastique et les sacs en plastique, peuvent s'emmêler, se garrotter, se noyer ou se faire manger par toute une diversité d'animaux marins (Derraik, 2002). Les débris de plastique flottants sont sensibles aux courants locaux et océaniques, ce qui entraîne des concentrations de microplastiques d'origine hydrique supérieures à la moyenne dans les zones de confluence (Collignon et al., 2012). Un classement du plastique par taille se fait et est représenté dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Classement par taille des particules de plastique (De Witte et al., 2017).

Plastique	Diamètre des particules
Macroplastique	> 25 mm
Mésoplastique	5-25 mm
Microplastique	0.1-5 mm
Nanoplastique	0.001-0.1 μm

3.1. Définition des microplastiques :

Les microplastiques sont préoccupants pour l'environnement car leur petite taille les rend accessibles à un large éventail de biote marin (Barnes et al., 2009). Les microplastiques sont constitués de produits polymères synthétiques fabriqués pour être de petite taille, tels que l'exfolie en cosmétique (Fendall et al., 2009). Les microplastiques peuvent agir aussi comme un vecteur des contaminants (Batel et al., 2016). Les microplastiques s'accumulent dans les gyres océaniques et ont été trouvés dans des environnements aquatiques et marins éloignés (Baldwin et al., 2016 ; Hurley et al., 2018).

3.2. Les origines des microplastiques :

3.2.1. Microplastiques primaires :

Les microplastiques primaires d'un diamètre inférieur à 5 mm sont fabriqués intentionnellement par les industries de plastique (Auta et al., 2017). Cette petite taille permet entre autre de contrôler la viscosité, la stabilité et l'aspect physique du produit ou encore d'avoir un effet abrasif (European Chemicals Agency, 2017). Les microplastiques primaires se retrouvent dans de nombreux produits cosmétiques, produits de nettoyage, dans le gazon artificiel, les filets de pêches, (European Commission, 2017). Les quatre sources principales de ces derniers sont par ordre décroissant: les pneus de voiture, les marquages à base de peinture, les résines de plastique et les vêtements synthétiques sous forme de fibres synthétiques (Hann et al., 2018).



Figure 5 : Microplastiques primaires

3.2.2. Microplastiques secondaires :

Dans l'environnement, en particulier dans l'océan, le plastique est confronté à des forces mécaniques, physiques et biologiques. En effet, suite à l'oxydation par les rayons UV, les faibles températures ainsi que l'abrasion mécanique des vagues et du sable, le plastique se dégrade et est réduit à des débris. Les microplastiques secondaires sont ainsi issus de la fragmentation des macroplastiques (Andrady, 2011 ; Auta et al., 2017).



Figure 6 : Fragments des microplastiques secondaires.

3.3. La fabrication du plastique :

Le pétrole est tout d'abord raffiné. La fraction d'essences légères, appelée naphta, est isolée puis "craquée" (distillée) à la vapeur, pour obtenir des molécules chimiques de base : les monomères. Les molécules sont alors assemblées entre elles sous forme de chaînes, linéaires ou en réseau pour obtenir des polymères. D'autres éléments interviennent dans la composition de ces polymères pour donner des caractéristiques spécifiques au produit (Brula & Thoumelin, 2007).

4. Dégradation des plastiques en mer

Plusieurs études se sont attachées à décrire les étapes physiques, chimiques et biologiques intervenant dans la décomposition du plastique (Andrady, 2011). La dégradation biologique est en majeure partie réalisée par les microorganismes, essentiellement des bactéries (Shah et al., 2008). De nombreuses bactéries sont également spécialisées dans la dégradation des hydrocarbures (bactéries hydrocarbonoclastes), composants majeurs des plastiques. La capacité de dégradation de différents types de plastiques par les bactéries, montrant une vaste diversité de bactéries capables de les dégrader (Shah et al. 2008). La dégradation des plastiques conventionnels en mer est un processus très lent (>100 ans) qui conduit à leur accumulation dans les océans. Par exemple, on estime que la concentration de microplastiques en Méditerranée augmentera de 8% dans les 30 prochaines années (Lebreton et al., 2012).

4.1. Les étapes de la dégradation en mer :

Un plastique qui arrive en mer va d'abord subir une dégradation abiotique (non biologique). Des dégradations physiques (vagues, température et UV) et chimiques (oxydation ou hydrolyse) vont contribuer à fragiliser les structures des polymères (Ipekoglu et al., 2007).

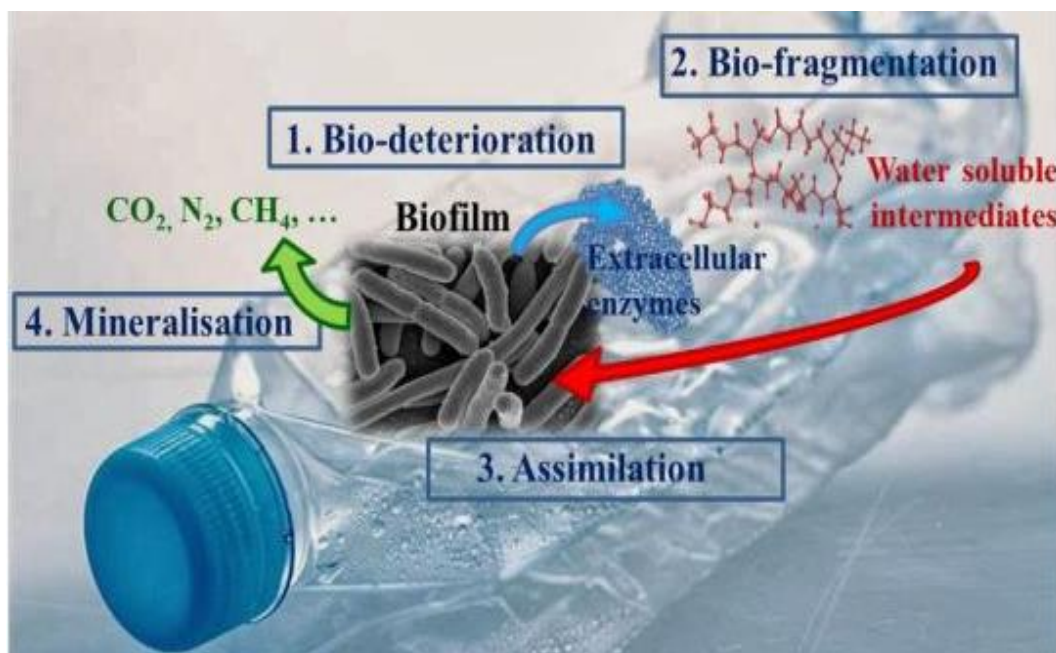


Figure 7 : Les différentes étapes de la biodégradation du plastique par les bactéries (Dussus et Ghiglione, sous presse).

a. La bio-détérioration est engendrée par l'action mécanique du biofilm bactérien qui se forme à la surface du plastique et qui va pouvoir agrandir les fissures déjà présentes (Bonhomme et al., 2003).

b. La bio-fragmentation est l'action d'enzymes bactériennes libérées à l'extérieur des cellules pour cliver les polymères plastiques en séquences plus courtes, oligomères et monomères. Les oxygénases, par exemple, rendent les polymères de plastique plus hydrosolubles et donc plus facilement dégradables par les bactéries. Les lipases et les estérases attaquent spécifiquement les groupes carboxyliques et les endopeptidases les groupements amines. Différentes espèces bactériennes sont impliquées dans ce processus (Ghosh et al. 2013)

c. L'assimilation consiste au transfert des molécules plastiques de taille <600Da (daltons) dans les cellules bactériennes et à leur transformation en composés cellulaires et en biomasse.

d. La minéralisation correspond à la dégradation complète du plastique en molécules oxydées (CO₂, N₂, CH₄, H₂O). Des études ont démontré que la souche *R. ruber* C208 incubée 30 jours sur du polyéthylène photo-oxydé conduisait à la formation d'un biofilm et contribuait à la perte de 8% du poids sec de plastique (Sivan, 2011).

4.2. Les principales sources de la pollution plastique :

La pollution plastique dans l'environnement aquatique peut avoir pour origine des plastiques rejetés lors d'activités terrestres (p. ex., détritiques, gestion inadéquate des déchets, lixiviats de sites d'enfouissement, utilisation de plastiques en agriculture, épandage de biosolides sur les terres ou rejet direct suite à l'abrasion ou à la maintenance de produits en plastique) (Boucher et Friot 2017, Alimi et coll. 2018). Les déchets sont transportés vers les côtes via les cours d'eau, les vents, les systèmes de drainages et les activités humaines. Les dépôts de déchets provenant de l'intérieur des terres se manifestent principalement par une accumulation aux embouchures des cours d'eau et des sorties d'égouts. Les déchets abandonnés sur place se concentrent aux abords des accès de plage (Frias, 2010). Plus de 80% du plastique présent dans les océans provient de déchets terrestres, tandis que le reste provient de sources océaniques telles que la pêche et la navigation maritime. Le type et l'efficacité de la gestion des déchets ainsi que l'emplacement des déchets influencent le flux des débris plastiques entrant dans les mers. Dans certaines régions du monde, 75% des déchets marins d'origine terrestre découlent de l'inexistence de stratégies de collecte des déchets. Les 25% restants sont dus à une défaillance des systèmes de collecte existants. Des études ont montré que plus de 50% des débris plastiques marins proviennent de cinq pays asiatiques : la Chine, l'Indonésie, les Philippines, la Thaïlande et le Vietnam (McKinsey, 2015).

4.3. Le plastique dans le système alimentaire :

La pollution des animaux marins par ces particules de plastique peut se produire à travers l'ingestion directe ou via le transport des aliments (Bouwmeester et al., 2015 ; EFSA, 2016; Toussaint et al., 2019). Selon une récente étude américaine, les poissons confondent les débris de plastique envahis par les bactéries et les algues avec leur nourriture, ce qui entraîne l'ingestion de ces déchets (Sylvie, L.2017). De nombreuses espèces de poissons avalent des débris plastiques. Leur ingestion peut être mortelle pour certaines espèces mais lorsqu'un prédateur est contaminé par sa proie, l'ensemble de la chaîne alimentaire accumule alors les substances toxiques, la signature chimique acquise

par les débris plastiques en mer expliquerait la prédisposition de certaines espèces à confondre le plastique avec de la nourriture. Un mécanisme chimio-sensoriel les induirait donc en erreur. Les espèces marines les plus menacées par le plastique polluant sont les tortues, les poissons et les oiseaux. Certains types de poissons peuvent même perdre de leur agilité et voir leur taille diminuer. Ces effets atteignent les différentes catégories de la chaîne alimentaire pour toucher, dans une ultime étape, le consommateur, victime de cette pollution que d'autres humains ont causée. De plus, les animaux terrestres sont tout aussi concernés par le risque de contagion, à travers certains vecteurs comme les insectes, même s'ils ne sont pas directement exposés aux microplastiques (Bouwmeester et al., 2015).

4.4. Toxicité des plastiques et perturbation des chaînes alimentaires :

Dans l'environnement, la pollution par les plastiques peut avoir plusieurs conséquences. Mise à part la pollution visuelle qu'ils engendrent, les plastiques touchent les organismes marins de manière directe ou indirecte à différents échelons de la chaîne alimentaire (Wright et al., 2013). Le temps de résidence du plastique dans de petits poissons pélagiques est évalué entre 1 jour et 1 an (Davidson & Asch, 2011).

Les fragments de microplastiques ingérés sont retrouvés dans les déjections des animaux, ils peuvent couler avec les cadavres ou encore être transférés aux prédateurs et ainsi atteindre les échelons supérieurs de la chaîne alimentaire (Cózar et al., 2014). Par exemple, exposition au polyéthylène et aux pastilles de pré-production ont provoqué un stress hépatique chez les poissons (Rochman et al., 2013). Les plastiques sont également des vecteurs de dispersion de composés toxiques qui peuvent aussi s'accumuler dans les chaînes alimentaires. Ces composés peuvent être directement présent dans la composition des plastiques, ou bien s'adsorber à leur surface. Dans le premier cas, il s'agit d'additifs (phtalates, biphényles) incorporés à certains plastiques pour augmenter leur résistance. Différents travaux ont montré que ces composés peuvent être toxiques pour certains animaux et l'homme (Lithner et al. 2011).

Une fois que les microplastiques pénètrent dans les milieux marins, le risque majeur qui leur est associé est leur biodisponibilité et/ou bioaccumulation pour les organismes marins. Étant donné que les microplastiques interagissent avec le plancton et les particules de sédiments, les organismes qui se nourrissent de suspensions et de dépôts risquent d'ingérer accidentellement ou sélectivement des débris marins (Lusher, 2015).

Les effets désastreux de l'ingestion des débris de plastiques confondus avec des proies sont également bien documentés, avec des conséquences sur les systèmes digestifs des animaux

tels que les poissons, les oiseaux, les tortues de mer et les mammifères marins, pouvant entraîner leur mort (Andrady 2011). Ces débris sont également considérés comme vecteurs de dispersion d'algues toxiques (Masó et al. 2007) et de microorganismes pathogènes (Zettler et al., 2011). Actuellement, la majorité des tests d'effets microplastiques se concentrent uniquement sur les critères d'évaluation apicaux comme la croissance, la survie et la reproduction, sans en regardant les mécanismes biologiques sous-jacents (Jeong et Choi, 2019). D'autres études montrent que l'ingestion des débris de plastiques peut provoquer des perturbations. Ces troubles peuvent varier considérablement, dans certains cas, c'est des perturbations morphologiques et/ou Hormonales. Les effets les plus courants sont une diminution de l'activité motrice et l'alimentation et la taille réduite des œufs, entraînant une perte de condition physique (Cole et al., 2015 ; Susanello et coll., 2016 ; Wright et coll., 2013).



CHAPITRE 2

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

I. Présentation de la zone d'étude

1. Le Golfe de Bejaia

La zone d'étude fait partie du littoral oriental de l'Algérie. Le Golfe de Bejaia est situé dans la partie sud du bassin méditerranéen, se caractérise par demi-cercle. Il est délimité par le cap d'el Aouana de Jijel à l'est, et le cap de Point Bouak à l'ouest (Figure. 08). Il est caractérisé par un petit plateau continental de la largeur moyenne est de 1,5 km. La profondeur maximale de la baie de Bejaia est d'environ 1000 mètres (khaled et kerkar 2023).



Figure 08 : Situation géographique de golfe de Bejaia (Google Earth, 2023)

1.1. Le Climat

La wilaya de Bejaïa bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des hivers doux et humides et des étés secs. Sur l'année, la moyenne des précipitations varie entre 600 à 1100 mm/an. Les vents principaux sont orientés de l'ouest vers le nord ouest en hiver et du nord-est vers l'est en été. La région dispose d'importantes ressources en eau superficielles drainées par un réseau hydrographique dense dont le plus important cours d'eau est l'oued Soummam (Anonyme 2, 2012). La zone côtière de la wilaya de Bejaia et son extension sous-marine correspondent à un plateau continental dont la pente régulière est de l'ordre de 1° environ. Le plateau de la baie de Bejaïa est traversé par un petit canyon de 40 à 100m de hauteur (Anonyme 2, 2012).

1.2. Les activités de pêches

Les activités de pêches génèrent beaucoup de déchets, l'équipement qui ne sert plus aux pêcheurs se retrouve le plus souvent en mer. Les comportements des pêcheurs et leur ignorance sur les impacts que peuvent avoir leurs propres faits, se remarque sur les quais même de l'embarquement où on y trouve des bouteilles de plastique des cajous...etc (Anonyme 2, 2012).

1.3. Le port de Bejaia

Le port de Bejaïa est situé à l'intérieur du golfe de Bejaia, à 4°55'00"E et 36°45'00"N. C'est un port mixte à activités multiples, et il se subdivise en :

- a. Port pétrolier :** situé à l'avant-port à l'Ouest de baie.
- b. Port commercial :** situé à l'Est de baie, c'est le plus important du point de vue activité et superficie.
- c. Port de pêche :** situe entre les précédents, il est représenté par la mole d'Abdelkader est constitué de deux quais de 120m linéaire chacun. L'un protégé de la houle, réservé aux chalutiers et grands senneurs. L'autre mal protégé du fait qu'il subit l'action des vents d'Ouest, accueil les petits métiers et les petits senneurs (Smadi and Chibout, 1994), la flottille de pêche est composée de 92 unités de pêche dans la wilaya de Bejaia et en 2019 on recense 308 unités de pêche (20 chalutiers, 52 sardiniers et 236 petits métiers) (DPRH, 2019)



Figure 09 : Le port de Bejaia

1.4. Les ressources hydrauliques :

Tableau n°03 : Caractéristiques des plages et déversement les cours d'eau.

Plages	Longueur plage	Largeur plage	Cours d'eau	Fréquentation touristique	Zone d'habitation	Zone industrielle
Melbou centre	1000m	80m	Oued Agrioun	Oui	oui	oui
Souk-El- tenine	900m	80m	/	Oui	oui	oui
Aokas centre (Aokas)	700m	40m	Oued djemaa	Oui	oui	oui
Hammadit es (Tichy)	900m	70m	/	Oui	oui	oui
El-Maghra (Boukhelifa)	1100m	60m	/	Oui	non	oui
Sidi-Ali- Labhar (Béjai)	800m	40m	Oued soummam	non	oui	oui
Boulimat (Béjaia)	1200m	30m	/	Oui	oui	non
Tighremt (Toudja)	800m	50m	Oued dass Oued MiRaid	Oui	oui	non
Ait- Mendil (Beni- Ksila)	1000m	60m	Oued N'Taida	Oui	oui	non

a. Oued Soummam

L'oued Soummam figure parmi les grands cours d'eaux d'Algérie, il draine une superficie de 9 125 km², résulte de la jonction en amont d'Akbou de deux oueds importants l'oued Boussalem venant de hauts plateaux de Sétif (Fermatou) et l'oued Sahel, formé par la confluence de l'oued Ziane et l'oued Ed-Dous provenant de Bouira (Sour El Ghzlane), il s'étend le long de la vallée de la Soummam et se jette dans la mer à Bejaïa. Son lit mineur de 80 km de longueur, se développe dans une vallée comprise entre deux massifs montagneux, les Bibans-Babors à l'est et Lakfadou-Gouraya à l'ouest. Le fond de la vallée proprement dit à une largeur moyenne de 2 km et des resserrements jusqu'à 100 m de largeur dans la gorge à l'amont de Sidi-Aich et des élargissements de 4 à 5 km dans la région d'El-Kseur ou la plaine de Bejaïa à l'embouchure. La direction générale de la vallée est du sud-ouest vers le nord-est. La ville d'Akbou est située à l'extrémité sud-ouest (limite amont) et de la ville de Bejaïa au bord de la mer méditerranée à la limite nord-est (Benhamiche, 1997 ; Amaranian et Lahlal, 1997).

b. L'oued Agrioun:

D'après des données fournies par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Bejaia, le bassin versant de l'oued Agrioun au droit de la RN 43 à Souk el Ténine s'étend sur 940 km². Il peut être décomposé en cinq entités principales :

- Le bassin versant de à l'amont du barrage d'Ighil Emda : 650 Km³
- le bassin versant de l'oued Ait Smaïl à la confluence avec l'oued Agrioun : 41 Km³
- le bassin versant de l'oued Ighzer Oufis à la confluence avec l'oued Agrioun : 61 K³
- Le bassin versant de l'oued Bourzazen à la confluence avec l'oued Agrioun : 95 Km³
- les bassins versant intermédiaires d'apports diffus totalisant : 103 km³

II. Echantillonnage et mensuration des poissons**1. Echantillonnage**

Notre manière d'échantillonnage consiste en un achat de poissons durant la période Mars-Avril 2024, les espèces de poisson (objet d'études) capturées au niveau du Golf de Bejaia ont été achetées à partir des poissonneries du port de pêche ; elles ont été transportés immédiatement dans une glacière vers les laboratoires pédagogiques à l'université Abbes Laghrour de Khenchela pour mensuration et analyses. Les 4 espèces ciblées dans cette étude sont : *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops*, c'est des espèces vendues à bas prix et à large consommation en Algérie.

1.1. *Sardinella aurita* (La sardinelle ; Valenciennes, 1847).

Le genre *Sardinella* (l'Allache) a été décrit pour la première fois par Valenciennes (1794-1865) dans son "Histoire Naturelle" des Poissons (Cuvier et Valenciennes, 1847). La sardinelle *Sardinella aurita* fait partie des poissons pélagiques néritiques (fig.9), ce poisson est souvent confondu avec d'autres espèces qui partagent les mêmes niches écologiques, en particulier avec la sardine *Sardina pilchardus*, la grande sardinelle *Sardinella maderensis* et parfois avec les aloses *Alosa alosa* et *Alosa falax* (Whitehead, 1985).

1.1.1. Comportement : la sardinelle est océanodrome, faisant des incursions temporaires en eau saumâtre, mais son milieu de vie est l'océan, jusqu'à une profondeur de -350 m, mais plus généralement vers -100 à -150 m. Les bancs d'allaches se situent dans les eaux côtières, en zone de pêche côtière, au bord du plateau continental. Ces poissons marins préfèrent une eau claire saline avec une température minimale < 24°C (Fortier, 2012).



Figure 10 : *Sardinella aurita* (l'Allache).

1.1.2. Reproduction : externe elle se déroule dans la colonne d'eau au-dessus des profondeurs moyennes du plateau continental, entre les isobathes -30 et -50 m (Baye Cheikh Mbaye, 2015). Elle se reproduit pendant toute l'année dans les eaux superficielles mais surtout de mi-juin à fin septembre en Méditerranée (Ficher *et al.*, 1987).

1.1.3. Alimentation : la sardinelle *S. aurita* est planctophage à alimentation opportuniste, plus riche en phytoplancton chez les juvéniles (Fréon, 1988). Elle sélectionne ses proies (Medina Gaertner, 1985), les copépodes constituant une part importante de son régime. On note aussi la présence d'euphausiides et de larves de cirripèdes et cladocères. Sur les côtes sénégalaises à -10 m de fond, 95% des contenus stomacaux est constitué de vase et de sable et pour les individus pêchés à la senne de plage les débris organiques prédominent. Plus au large dans des fonds de -52 m, les individus pêchés ont un régime composé essentiellement de phytoplancton (Nieland, 1980).

1.2. *Sardina pilchardus*

Les petits poissons pélagiques notamment la Sardine sont des espèces clés dans la chaîne trophique marine et leur présence est nécessaire pour maintenir l'équilibre des écosystèmes (Smith *et al.*, 2011). Car ils sont les principaux moyens de transfert d'énergie du plancton vers les grands prédateurs (poissons, oiseaux, mammifères marins (Cury *et al.*, 2000).



Figure 11 : *Sardina pilchardus* (la Sardine).

1.2.1. Appellations de la Sardine *Sardina pilchardus* : Autres noms communs français tel que : Célan, célerin, pilchard, hareng de Bergues (Manche, Picardie, Normandie) ; chardine, chardinoun, sardinou, royan (Arcachon); chardine, parrutxa (Pays Basque); coureuse (Bretagne); sarde, sarda (Roussillon); poutine (alevins), sardino, sardo (Languedoc, Provence); palaya, poutina, nonat, rafaneta, pataieta, palaia (Nice); sardella, serdella (Corse)

1.2.2. Noms communs internationaux : European sardine, European pilchard (la Grande Bretagne), Sardina (Italie), Sardina europea (Espagne), Sardine (Danemark), Sardinha (Portugal).

1.2.3. Caractéristiques de *S. pilchardus* : Cette espèce est caractérisée par une mâchoire légèrement saillante et une carène ventrale peu développée. Les opercules portent des cannelures radiaires, la nageoire dorsale est située en avant des pelviennes et la nageoire anale se caractérise par un allongement au niveau des deux derniers rayons. Le dos est de couleur bleu-vert, olive occasionnellement, les flancs dorés et le ventre argenté. Une rangée de tâches sombres se trouve le long de chaque flanc. Les écailles sont grandes, argentées, fragiles et ne s'étendent pas jusqu'à la tête. La taille maximale de la sardine est de 25 cm en Atlantique, de 22 cm en Méditerranée et la taille commune est de 10 à 20 cm, (Holden et al., 1974).

1.3. *Trachurus trachurus* (saurel)

La Saurel est un poisson Téléostéen osseux, présentant 2 nageoires dorsales presque jointives et épineuses (Actinoptérygien) (Quero, 1997). La vessie natatoire, généralement close, n'est pas en communication avec le tube digestif (physocliste). Letaconnoux (1951), rapporte que cette vessie n'est pas totalement fermée, mais possède un canal qui longe

l'aorte et s'ouvre sur la muqueuse de la cavité branchiale. Ce poisson appartient à l'ordre des Perciformes et à la Famille des Carangidés, qui est l'une des plus importantes famille dans les mers tropicales, ces derniers, comprennent près de 33 genres et 146 espèces.

- Nom scientifique *Trachurus trachurus* Linné, 1758 ;
- Nom vernaculaire français chinchard commun, caringue, saurel;
- Nom vernaculaire anglais horse mackerel.



Figure 12 : *Tachurus trachurus* (saurel).

Le chinchard commun relève de la position systématique suivante

Tableau 04 : Position systématique de *Trachurus trachurus*L.

Régne	Animal
Embranchement	chordés
Sous_embranchement	vertébrés
Super_classe	ostéichtyens
Classe	Actinoptérygiens
Sous_classe	neopterygiens
Infra_classe	téléostéens
Super_ordre	Acanthoptérygiens
Ordre	perciformes
Sous_ordre	percoideis
Famille	carangidae
Genre	Trachurus
Espèce	Trachurus trachurus linné,1758

1.3.1. Morphologie : Corps adipeux bien développé et légèrement comprimé, grands yeux, mâchoire supérieure modérément large et s'étendant jusque sous le bord antérieur de l'œil, dents petites, en une seule rangée aux deux mâchoires, branchiospines (rudiments compris). Deux nageoires dorsales, la première a épines, la seconde a une épine et 29 à 33 rayons mous, la nageoire anale a 2 épines séparées du reste de la nageoire, suivies d'une épine et 24 à 29 rayons mous. Les écailles sont modérément petites et cycloïdes (lisses au toucher) sur tout le corps sauf une petite surface en arrière des pectorales, les écailles de la partie antérieure de la ligne latérale sont agrandies et semblables aux scutelles de la partie postérieure. Pour la coloration, il n'y a pas de marques distinctives sauf une petite tache noire sur le bord de l'opercule près de son angle supérieur. Les parties supérieures du corps et de la tête, sont sombres à presque noires ou grises à verts bleuâtres. Les deux tiers inférieurs du corps et de la tête généralement plus pâles, blanchâtres à argentés (Fisher et al, 1987).

1.3.2. Reproduction : Cette espèce présente une stratégie reproductrice caractérisée d'un état gonochorique, ovipare, caractérisée par une longue ponte (Gordo et al., 1970). La période de ponte de l'espèce *T. trachurus* L. correspond à une migration vers la côte au printemps et vers le large à l'automne. Il atteint sa maturité sexuelle vers 3 ans pour les mâles et 4 ans pour les femelles et de taille entre 16 et 25 cm, le plus généralement autour 21 cm. Les mâles mûrissent à une longueur légèrement plus petite que des femelles, ils semblent avoir une activité sexuelle presque permanente et les femelles uniquement au printemps et en été avec un maximum en Juin-Juillet (Bertrand et al., 1990).

1.4. Boops boops



Figure 13 : Boops boops (la bogue).

1.4.1. Noms vernaculaires : Les noms vernaculaires diffèrent d'une région à une autre et d'un pays à un autre. Les appellations les plus utilisées sont portées dans le tableau 5 (Dieuzeide et Novella, 1959)

Règne : Animalia

Phylum : Chordata

Classe : Actinopterygii

Ordre : Perciformes

Sous-Ordre : Percoides

Famille : Sparidae

Genre : Boops cuvier, 1814

Espèce : Boops boops (Linnaeus, 1758)

Tableau 5 : Noms vernaculaires de la bogue : Boops boops.

Pays	Noms vernaculaires
Algérie	bougua
Maroc	hmrouda
Tunisie	sbougua
Espagne	boga
France et Angleterre	bogua
Italie	Boga; bogha

1.4.2. La croissance : La croissance d'un poisson peut être définie très simplement comme un changement du poids et de la taille avec le temps (Pauly et Moreau, 1997). D'une façon générale, les méthodes qu'utilisent les ichthyologistes pour estimer l'âge des poissons se rangent en deux grandes catégories : les méthodes directes (par les pièces calcifiées) et les méthodes indirectes (méthodes statistiques) (Anato, 1995). Pour les écaillés, la croissance rapide se traduit par des anneaux espacés et une zone claire. Lorsqu'elle se ralentit, les anneaux sont rapprochés et forment un anneau plus foncé appelé annulus, qui donne l'âge de poisson (Jearld, 1983).

2. Etude biométrique

2.1. Mesure de la longueur et de poids

2.1.1. La longueur

Utiliser une règle précise au millimètre près pour mesurer chaque poisson à différentes longueurs, comme indiqué ci-dessous (Fig. 14 ; Fig. 15).



Figure 14 : Préparation des espèces pour la mensuration de la longueur en centimètre.

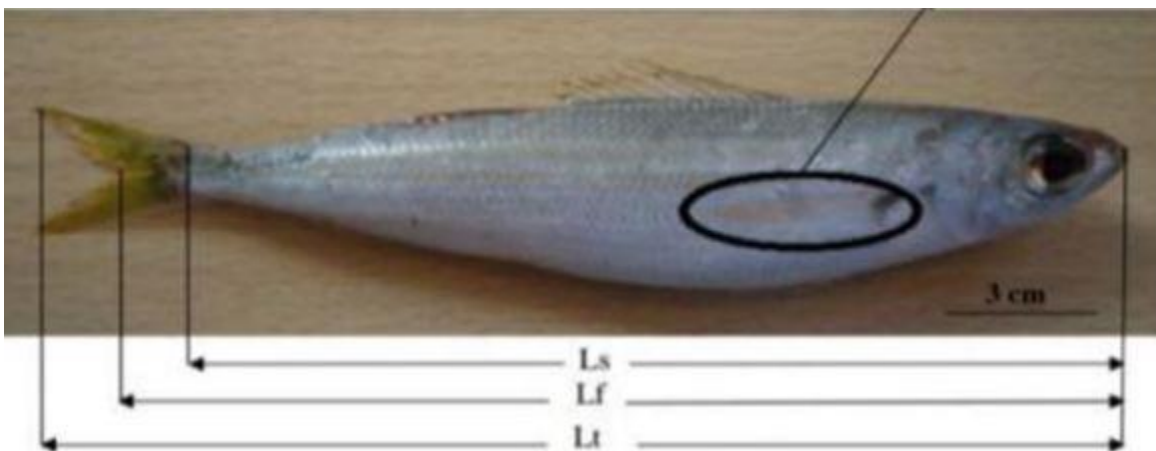


Figure 15 : Les différentes mensurations de la longueur.

- Longueur totale (TL) : Il s'agit de la longueur allant de la pointe du museau à l'extrémité du rayon le plus long de la nageoire caudale.
- Longueur à la fourche (LF) : elle va du bout du nez à l'extrémité du rayon médian de la nageoire caudale.
- Longueur standard (LS) : Il s'agit de la longueur allant de la pointe du museau au pli de la nageoire caudale.

2.1.2. Le poids

Après le processus de mesure de la longueur, Les poids ont été mesurés à l'aide d'une balance électronique.

- Poids Totale (PT) : représente le poids en gramme du poisson entier.



Figure 16 : Le poids total en gramme.

- Poids Eviscéré (PE) : c'est le poids en gramme du poisson vidé de son tube digestif, de son foie et de ses gonades.



Figure 17 : Le poids éviscéré en gramme.

- Poids Gastro intestinale (PGI): c'est le poids du tube digestif



Figure 18 : Le poids GIT en gramme.

3. Dissection

À l'aide d'outils de dissection (ciseaux chirurgicaux et pinces), les poissons ont été disséqués en ouvrant la cavité abdominale (de l'anus aux branchies) pour prélever des échantillons (les gonades, le foie et le tubes digestif).

Les échantillons ont été transférés dans des boîtes de Pétri bien fermées pour éviter toute contamination externe dans le système digestif lors de la préparation.

Chaque individu est à nouveau pesé pour obtenir le poids éviscéré (PE) et le poids gastro-intestinale de chaque individu ont mesurés aussi après la séparation des gonades.



Figure 19 : La dissection et l'ouverture de la cavité abdominale des poissons.

4. Détermination du sexe

Le sexe est déterminé visuellement après observation des gonades (après dissection du poisson) afin que leur couleur et leur forme diffèrent selon le sexe :

- Les gonades femelles : sont de couleur jaunâtre à orangé avec deux lobes de forme cylindrique (forme de sac).



Figure 20 : Les gonades femelles couleur jaunâtre.

- Les gonades mâles : sont de couleur blanchâtre de forme allongé et aplatie aux extrémités (forme de lame).



Figure 21 : Les gonades mâles couleur blanchâtre.

5. Préparation de solution

Après avoir pesé le tube digestif de tous les poissons, nous préparons la solution H_2O_2 15% en diluant une solution à 30% H_2O_2 avec de l'eau distillée, pour chaque 1g de tube digestif on ajoute 20ml de 15% H_2O_2 .



Figure 22 : Préparation de H_2O_2 15% par la dilution de H_2O_2 30%.

Tous les échantillons sont placés dans une béchers plus grande que les solutions pour éviter de perdre la solution lors de la réaction. Ensuite, nous mettons un code spécial pour chaque Béchers et la fermons hermétiquement avec du papier d'aluminium pour empêcher la solution de s'évaporer.



Figure 23 : Tube digestif dans la solution H_2O_2 15%.

Mettez ensuite tous les béchers au four à une température de 60 degrés Celsius pendant 2 à 4 jours, temps nécessaire à la décomposition de la matière organique.



Figure 24 : Les échantillons dans le four.

6. Filtration

Tous les échantillons sont filtrés sur papier Whatman (0.45 micromètre de diamètre) est une technique souvent utilisée pour séparer les particules en suspension dans un liquide. Le papier Wattman agit comme un filtre À l'aide d'une pompe à vide, Après le processus de filtration, le papier filtre est stocké dans des boîtes de Pétri codées .Enfin, les particules de plastique ont été observées à l'aide d'un stéréomicroscope.



Figure 25 : La filtration des échantillons.

7. Identification des microplastiques

Après une observation méticuleuse sous un stéréomicroscope, les microplastiques ont été classés selon [Jabeen et al., \(2016\)](#) par forme en filament, fragments, pastilles et films, les résultats varient donc d'un poisson à l'autre et d'une espèce à l'autre, selon sa consommation. Les débris de plastiques ont été comptés et photographiés. À l'aide d'un logiciel de traitement d'image (Image J) la longueur maximale de chaque particule a été mesurée (unités mm).



Figure 26 : L'identification de débris de plastique sous stéréomicroscope.



CHAPITRE 3

RÉSULTATS ET

DISCUSSION

I. Résultats

1.1. Les paramètres biologiques

Des études biométrique (mesure du poids et de la longueur) pour savoir s'il existe une relation entre la concentration de microplastiques et des facteurs biologiques dans le système digestif des poissons. Des informations détaillées sur la biométrie des échantillons de poissons sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Résumé statistiques des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf Béjaia.

Espèce	Nombre de spécimens N	Poids total moyen (Ptm) en g	Longueur total moyen (Ltm) en cm	Sexe ratio F:M:I
<i>Sardinella aurita</i>	12	58,37	19,31	1:11:0
<i>Sardina pilchardus</i>	12	13,20	12,03	1:9:2
<i>Trachurus trachurus</i>	12	57,92	18,28	2:10:0
<i>Boops boops</i>	12	39,02	15,60	0:12:0
Total	48			4:42:2

Il semble y avoir une diversité biologique significative parmi les échantillons de poissons examinés, comme l'illustre le tableau 6. Le poids total moyen le plus élevé est observé chez *Sardinella aurita*, avec une valeur de 58,37 g, suivi de près par *Trachurus trachurus*, dont le poids moyen est de 57,92 g. Ensuite, on trouve *Boops boops*, et enfin, le poids total moyen le plus bas est observé chez *Sardinella pilchardus*.

D'autre part, il semble que la longueur totale moyenne des quatre espèces étudiées suive la même tendance que le poids, avec des valeurs proportionnelles. La longueur la plus élevée est observée chez *Sardinella aurita*, estimée à 19,31 cm, suivie par *Trachurus trachurus* avec 18,28 cm. Ensuite, on trouve *Boops boops* avec une longueur moyenne de 15,6 cm, et enfin, les spécimens de *Sardinella pilchardus* présentant les longueurs les plus faibles, mesurant en moyenne 12,03 cm.

Le sex-ratio des individus étudiés (sexe femelle : sexe mâle : sexe indéterminé) est de l'ordre de F:M:I=4:42:2. Cela signifie qu'il y a 4 femelles, 42 mâles, et 2 individus dont le sexe n'a pas été déterminé. Cela montre une prédominance du sexe mâle parmi les individus des quatre espèces étudiées, avec un faible nombre de femelles et deux individus de sexe indéterminé.

1.2. Occurrence et distribution des MPs au sein des espèces des poissons

1.2.1. Occurrence des MPs au sein des espèces des poissons

Le tableau 7 représente le niveau de contamination par les débris de microplastiques des quatre types de poissons étudiés. Sur les 48 échantillons analysés précédemment, on observe un taux de contamination de 91.7%. Pour ces deux espèces, *Trachurus trachurus* et *Sardinella pilchardus*, tout les individus examinées étaient affectées par la pollution des débris de plastique, avec la présence d'au moins une particule de plastique dans leur tractus gastro-intestinal, c'est-à-dire, elles sont contaminées à 100%. Pour les deux autres espèces, *Boops boops* et *Sardinella aurita*, le taux de contamination est estimé à 83,3%.

Tableau 7 : Nombre et pourcentage des individus contaminés par les MPs.

Espèce	Nombre des individus contaminés	Pourcentage
<i>Sardinella aurita</i>	10	83,3%
<i>Sardine pilchardus</i>	12	100%
<i>Boops boops</i>	10	83,3%
<i>Trachurus trachurus</i>	12	100%
		$\bar{X}=91,7\%$

1.2.2. Fréquence des MPs ingérés :

L'observation microscopique nous a permit d'identifier et compter au sein de 48 individus examinés un nombre total de 112 de débris de MPs représentant une moyenne de 2.35 (± 1.66) débris de MPs par individu (Tab. 8).

Tableau 8 : Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces étudiées

Espèce	Nm MPs	Min	Max	Médiane	moyenne	Ecart type
Sa	25	0	7	2	2,16	1,85
Sp	32	1	7	2	2,66	1,87
Tt	25	1	5	2	2,08	1,24
Bb	30	0	6	2	2,50	1,78
total	112	0	7	2	2,35	1,66

La fréquence des microplastiques (MP) retrouvés dans le tube digestif des différentes espèces de poissons variait de 0 à 6 pour *Boops boops*, de 0 à 7 pour *Sardinella aurita*, de 1 à 5 pour *Trachurus trachurus*, et de 1 à 7 pour *Sardinella pilchardus*. L'analyse de la distribution des particules dans les échantillons de poissons montre que l'abondance des débris de microplastiques dans le tube digestif des spécimens de *Sardinella pilchardus* et *Boops boops* est presque équivalente, avec des moyennes de 2,66 ($\pm 1,87$) et 2,50 ($\pm 1,78$) respectivement. En revanche, *Sardinella aurita* et *Trachurus trachurus* présentent des moyennes légèrement différentes, variant entre 2,16 ($\pm 1,85$) et 2,08 ($\pm 1,24$) respectivement.

1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes

Sur les 48 poissons étudiés, un total de 112 débris de microplastiques a été identifiés dans leur système digestif. Ces débris se présentent uniquement sous deux formes : les filaments et les fragments, parmi lesquels les filaments sont la forme la plus courante. En effet, la répartition des débris de plastique montre que 90% d'entre eux sont des filaments, tandis que les 10% restants sont des fragments, représentant un faible pourcentage. Il est intéressant de noter que les deux espèces démersales (les deux espèces de sardine) avalent plus de fragments que les espèces pélagiques (*Trachurus trachurus* et *Boops boops*). Ces observations peuvent être visualisées dans la Figure 27.

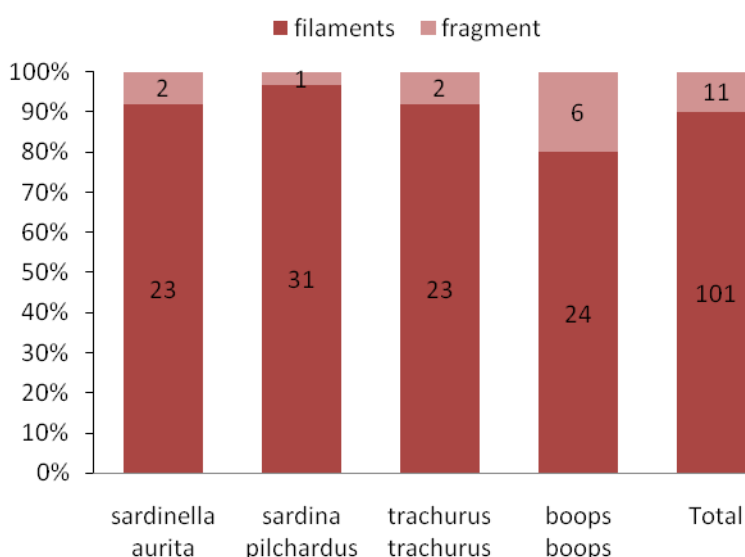


Figure 27 : Distribution des MPs ingérés selon leurs formes pour les quatre espèces de poissons étudiées.

1.2.4. Distribution des MPs selon leurs tailles

Chaque particule de plastique observée dans le tube digestif des poissons étudiés a été mesurée individuellement. 108 débris de plastique représentant 96,4% de la taille inférieure à 5mm (classés comme microplastiques) prélevés des tubes digestifs des spécimens des quatre espèces de poisson étudiées. Alors que les particules de plastique de taille comprise entre 5 et 25mm (classés comme mésoplastiques) ont été prélevées à partir des tubes digestifs des spécimens de *Boops boops* et *Trachurus trachurus* et de *sardinella pilcardus*. Par ailleurs, les spécimens de l'espèce *sardinella aurita* n'ont avalé que des filaments. Il est important de souligner que les débris de plastiques de taille supérieure à 25mm et classés comme macroplastiques n'ont pas été observés dans le tractus gastrointestinal des quatre espèces de poissons étudiés (Fig. 28).

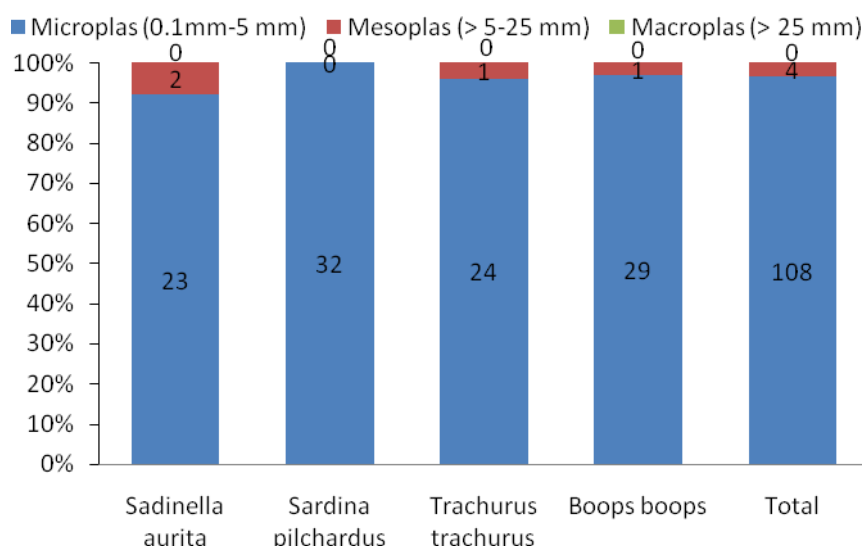


Figure 28 : Classification de particules de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.

1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs

Les particules de microplastiques présentes dans le système digestif des quatre espèces étudiées se déclinent en diverses couleurs telles que le noir, le rouge, le vert, le blanc, l'orange, le bleu et le violet. La couleur dominante est le noir, avec des pourcentages estimés à 76% pour *Sardinella aurita*, 68% pour *Trachurus trachurus*, 53,3% pour *Boops boops*, et 53,1% pour *Sardinella pilchardus*. En deuxième position en termes d'abondance, on retrouve la couleur rouge, avec des pourcentages de 23,3% chez *Boops boops*, 15,6% chez *Sardinella pilchardus*, et 12% chez *Trachurus trachurus* et *Sardinella aurita*. Les microplastiques sont également observés dans d'autres couleurs telles que le vert, le bleu,

le blanc, le violet et l'orange, avec des pourcentages plus faibles allant de 4% à 18% dans le tractus gastro-intestinal de toutes les espèces étudiées. Ces données sont illustrées dans la Figure 29.

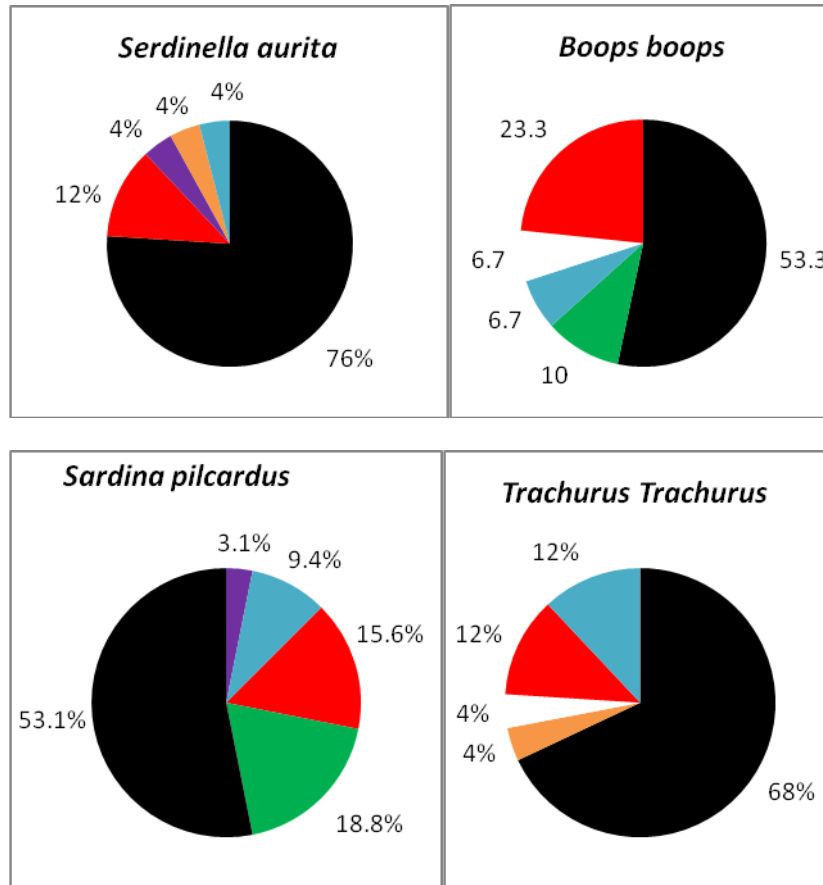


Figure 29 : Distribution des MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.

La figure 30 présente quelques exemples de débris plastiques observés au microscope avec un grossissement de 10x. Ces images révèlent une variété de débris plastiques, caractérisés par des types, des formes, des tailles et des couleurs variées. En effet,

- La figure 30 A représente un fragment noir égale à 0.44 mm ingéré par un spécimen de *Boops boops* ;
- La figure 30 B représente un filament rouge égale à 1.67mm ingéré par un spécimen de *Sardinella aurita* ;
- La figure 30 C représente un filament noir égale à 16.15 mm ingéré par un spécimen de *Sardinella aurita* ;
- La figure 30 D représente un filament noir égale 1.76 mm ingéré par un spécimen de *Sardina pilchardus*

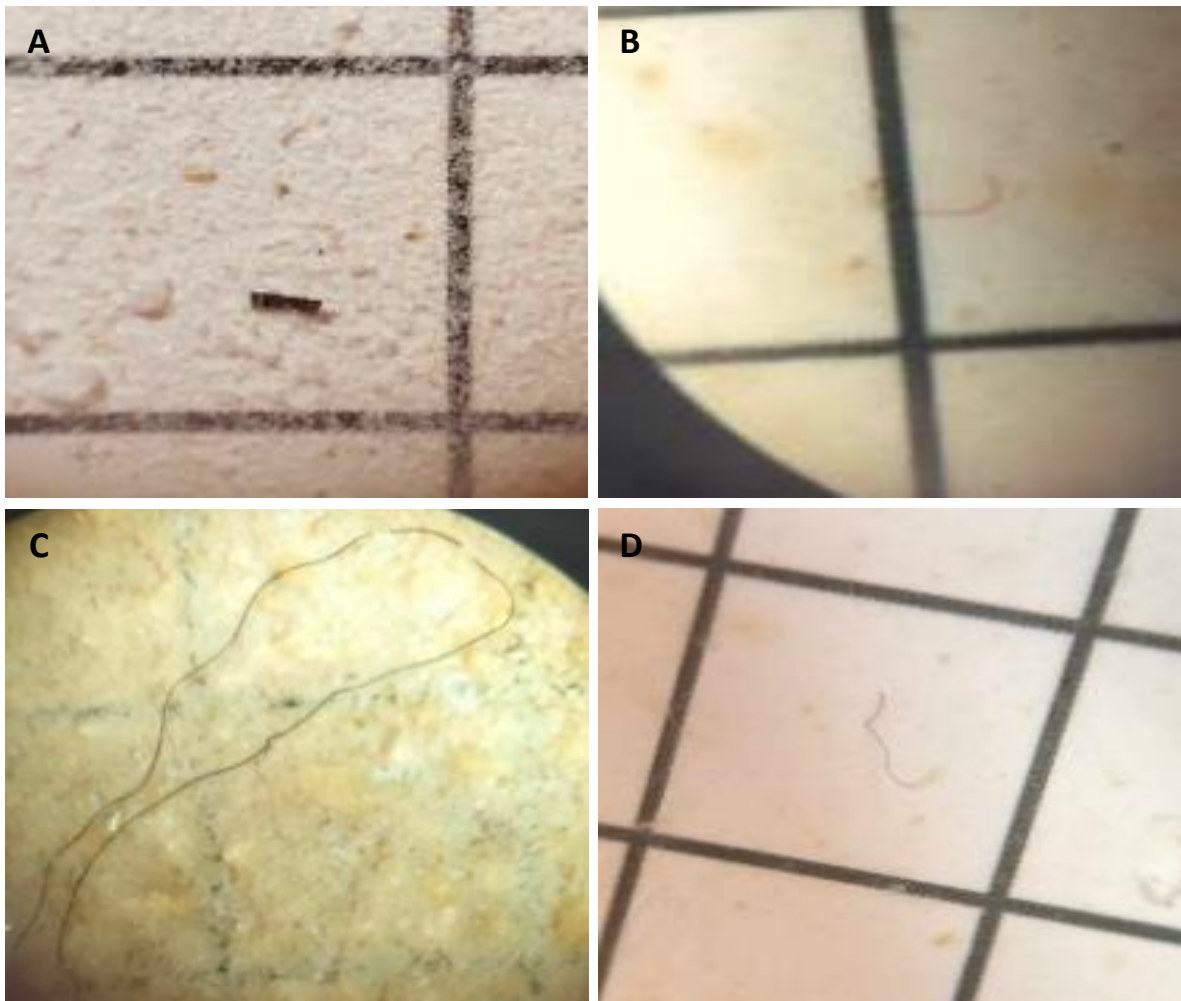


Figure 30 : Exemples de débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différentes visualisés dans les tubes digestifs des espèces de poissons étudiées.

1.2.6. Distribution des MPs ingérés selon le sexe des poissons

Parmi les 48 individus des quatre espèces étudiées, il est intéressant de noter que 91,7% étaient contaminés par des débris plastiques. Chez *Sardina pilchardus*, il semble y avoir une similarité dans la moyenne d'ingestion de MPs entre les individus de sexe mâle, de sexe femelle, et de sexe indéterminé. En revanche, chez *Trachurus trachurus*, les individus de sexe femelle ingèrent en moyenne plus de MPs que les individus à sexe mâle. Il est également remarquable de constater que tous les débris plastiques retrouvés dans l'espèce *Sardinella aurita* et *Boops boops* ont été ingérés par des poissons de sexe masculin. Pour l'ensemble des individus des quatre espèces, ce sont les mâles qui sont plus affectés par l'ingestion de MPs, comme le montre la Figure 31

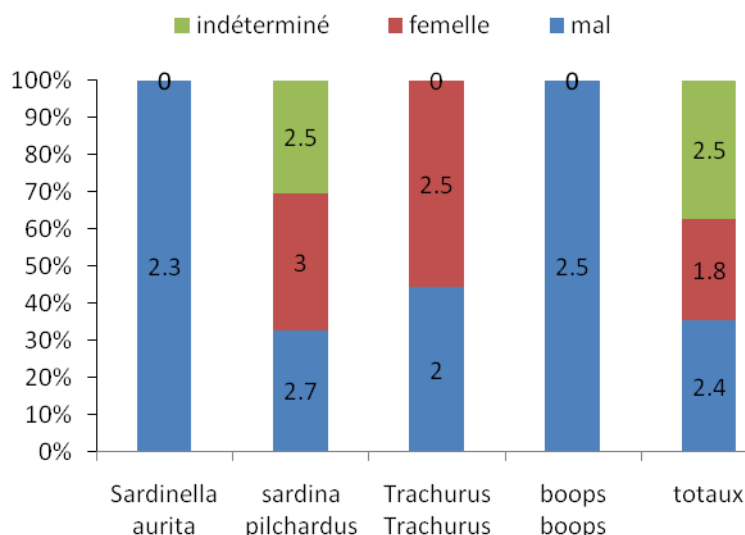


Figure 31 : Distribution des MPs ingérés en fonction de sexe des quatre espèces étudiées.

1.2.7. Distribution des MPs ingérés selon la taille des poissons

Les individus des différentes espèces ont été classés en trois catégories en fonction de la taille de poisson de chaque espèce (petite, moyenne et grande taille). Chaque classe de taille est représentée par des individus de taille moyenne comparable. Les spécimens capturés sont classés comme suit :

- Pour *Boops boops*: petite taille (14-15cm), moyenne taille (15-16cm) et grande taille (≥ 16 cm)
- Pour *Trachurus trachurs*: petite taille (16-17.5 cm), moyenne taille (17.5-19cm) et grande taille (≥ 19 cm).
- Pour *Sardina pilchardus*: petite taille (8.5-11.5 cm), moyenne taille (11.5-12.5 cm) et grande taille (≥ 12.5 cm).
- Pour *Sardinella aurita*: petite taille (18-19 cm), moyenne taille (19-20 cm) et grande taille (≥ 20 cm).

Il est intéressant de noter que, pour l'ensemble des spécimens de poissons étudiés, la classe de taille moyenne semble ingérer une quantité plus importante de MPs que les autres classes de taille, qui présentent des moyennes d'ingestion comparables. Ce schéma est également observé chez l'espèce *Sardinella aurita*, où les individus de taille moyenne ingèrent davantage de MPs. En revanche, chez l'espèce *Sardina pilchardus*, ce sont les poissons de petite taille qui ingèrent plus de MPs. En ce qui concerne les deux espèces benthiques, on constate que ce sont les individus de grande taille qui sont les plus infectés par les MPs, comme le montre la Figure 32.

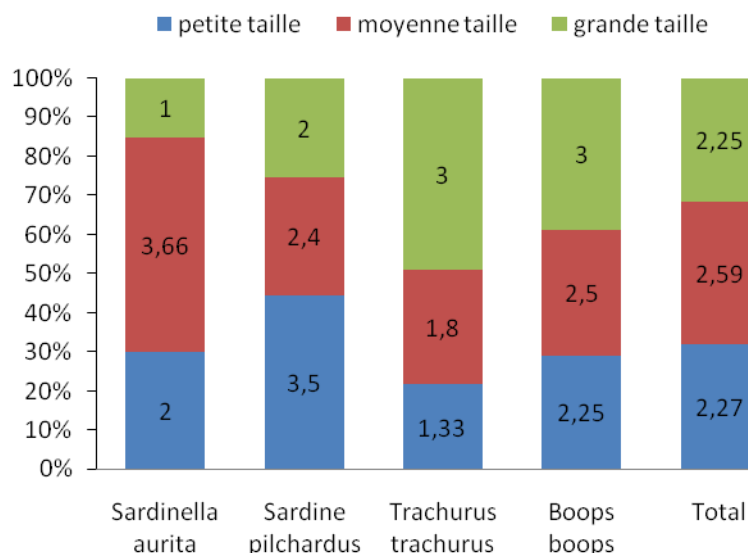


Figure 32 : Distribution des moyennes de MPs ingérés selon la longueur totale des spécimens des quatre espèces étudiées.

1.2.8. Distribution des MPs ingérés selon le poids des poissons étudiés

Les spécimens ont également été classés en trois catégories en fonction de leur poids: poids faible, poids moyen et poids élevé. En effet, en fonction du poids total moyen les spécimens des quatre espèces de poissons ont été classés comme suit :

- Pour *Trachurus trachurus*: poids faible (44-50 g), poids moyen (50-63 g) et le poids élevé (≥ 63 g).
- Pour *Boops boops* : le poids faible (27-35 g), poids moyen (35-48 g) et le poids élevé (≥ 48 g).
- Pour la *Sardina pilchardus* poids faible (3-10 g), poids moyen (10-14 g) et le poids élevé (≥ 14 g).
- Pour la *Sardinella aurita* : le poids faible (50-56 g), poids moyen (56-62 g) et le poids élevé (≥ 62 g).

Les observations présentées dans la Figure 33 mettent en évidence que la classe de poids la plus touchée par les MPs varie en fonction des espèces étudiées. Chez *Trachurus trachurus*, ce sont les individus de poids élevé qui ingèrent une quantité plus importante de MPs, tandis que chez *Sardinella aurita*, ce sont les individus de poids moyen qui sont les plus affectés par les MPs. Pour *Sardina pilchardus*, ce sont les individus de poids faible qui sont les plus touchés par les MPs. En ce qui concerne *Boops boops*, les MPs sont répartis de manière équitable entre la classe de poids faible et la classe de poids moyen, qui

ingèrent tous deux plus de MPs que les poissons de grande taille. Il est intéressant de noter que, lorsque l'on considère l'ensemble des spécimens des quatre espèces étudiées, on observe une tendance similaire à celle observée chez les individus de l'espèce *Boops boops* en ce qui concerne l'ingestion de MPs.

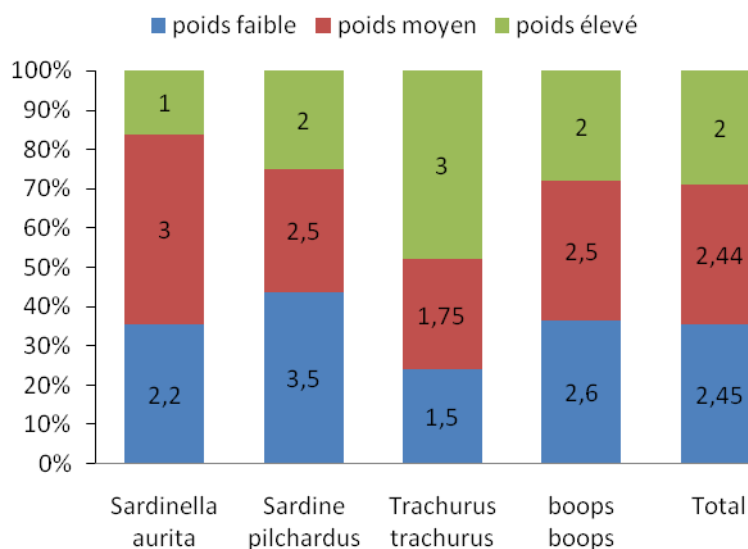


Figure 33 : Distribution des MPs ingérés en fonction de poids total des quatre espèces étudiées.

1.2.9. Densité des MPs dans le tractus gastro-intestinal des espèces étudiées

Les observations de la Figure 34 mettent en lumière la distribution de la densité des microplastiques (MPs) par gramme de tractus gastro-intestinal pour les quatre espèces étudiées. On constate que la densité minimale de microplastiques varie dans l'intervalle de 0 à 0,47 MPs/g, tandis que la densité maximale se situe entre 1,9 et 10,93 MPs/g pour toutes les espèces examinées. Notamment, un individu de l'espèce *Sardina pilchardus* présente la densité maximale la plus élevée, atteignant 10,93 MPs/g. En moyenne, pour l'ensemble des individus des quatre espèces étudiées dans le golfe de Béjaia, la densité moyenne de microplastiques par gramme de tractus gastro-intestinal est d'environ 1,58 MPs/g. Il est remarquable de noter que la densité moyenne de microplastiques par gramme de tractus gastro-intestinal chez *Sardina pilchardus* est significativement plus élevée que celle observée chez les autres espèces étudiées. En effet, elle est 6 fois plus élevée que chez *Sardinella aurita*, 3 fois plus élevée que chez *Trachurus trachurus* et 2,6 fois plus élevée que chez *Boops boops*.

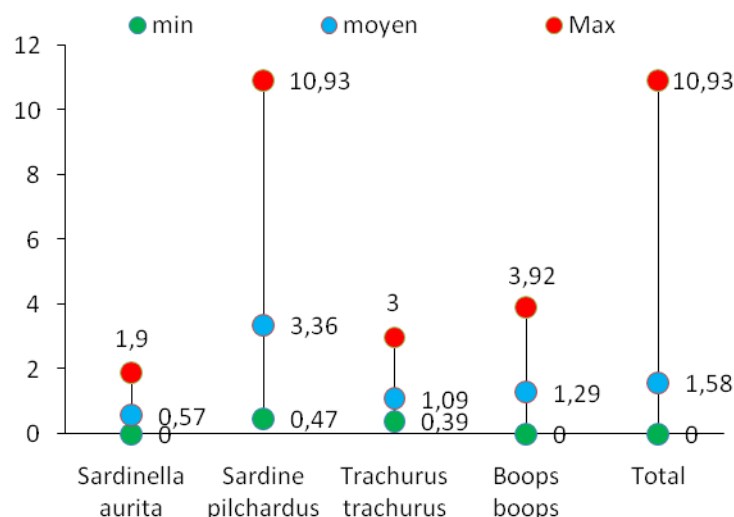


Figure 34 : La densité minimale, moyenne et maximale des MP (MP/g) en fonction du poids du tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées.

2. Discussion

La pollution par les microplastiques est en effet devenue un problème majeur et une préoccupation mondiale croissante. La prise de conscience de l'ampleur de ce problème et de ses impacts sur les écosystèmes marins et terrestres a considérablement augmenté ces dernières années. Bien que les premiers rapports sur la présence de microplastiques remontent aux années 1970 (Buchanan, 1971). Cependant, la côte algérienne a été peu évoquée, et il semble nécessaire de déterminer le niveau de pollution par les MP en partant du constat que la pêche et l'activité humaine y sont importantes, que le plastique est omniprésent dans notre vie quotidienne et que la demande ne cesse d'augmenter (plasticseurope, 2013). C'est ainsi que nous avons entrepris cette étude qui fournit les premières données sur l'ingestion de MP par quatre espèces de poissons, *Sardinella aurita*, *Sardinella pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Boob boops* capturés dans le golfe de Bejaia. En fait, l'ensemble des individus des quatre espèces étudiés sont contaminés à 83,3-100 % avec un nombre moyen de MP de l'ordre de $2,35 \pm 1,66$. Malgré la plage d'incidence semble très élevée par rapport à d'autres études (Hossain et al., 2019; Garcia et al., 2021; Siddique et al., 2022), la fréquence des MP s'avère inférieure à celle répertoriée dans les memes espèces de poisson du golf d'Annaba (Badi and Dahou, 2022) et de Skikda (Zouaoui and Bouhzem, 2023). Il semble que la zone d'habitat ait largement influencé la contamination des espèces par les MP. Il est à noter que la densité moyenne des MP dans les espèces pélagiques (*Sardinella aurita* et *Sardina pilchardus*; 2.38 débris/individus) est

légèrement supérieure à celle des espèces démersales (*Trachurus trachurus* et *Boops boops*; 2.29 débris/individus). Une étude de [Rummel et al. \(2016\)](#) confirme que la colonne d'eau contient une forte concentration, mais n'est pas plus polluée que les autres compartiments. Dans le système digestif des poissons, on a observé que le nombre de MPs était plus élevé chez les mâles que chez les femelles. Cette constatation semble paradoxale par rapport aux conclusions de l'étude de [Foltz et Norden, \(1977\)](#) qui suggèrent que les femelles sont susceptibles d'ingérer plus de MPs que les mâles en raison de leurs besoins énergétiques plus importants.

Cette étude ne montre pas une corrélation claire entre les paramètres biométriques (poids et longueur) des poissons examinés et la fréquence d'ingestion des particules de MPs. Les spécimens de moyenne taille et de poids moyen montrent une fréquence d'ingestion de MPs plus élevée que les spécimens des autres classes. Ces résultats semblent paradoxaux avec les conclusions d'études récentes menées par [Horton et al. \(2018\)](#) et [Garcia et al. \(2021\)](#), qui suggéraient que les poissons de plus grande taille étaient susceptibles de présenter des charges de MPs plus élevées, étant donné que ces individus pourraient avoir besoin de quantités accrues de nourriture.

En ce qui concerne la taille des débris plastique, il a été observé que 96,7 % des particules de plastique retrouvées dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés mesurent moins de 5 mm, ce qui les qualifie donc comme des microplastiques. Le reste des particules, sont des mésoplastiques, ont une taille comprise entre 5 mm et 25 mm. En outre, aucun gros débris dépassant les 25 mm, considérés comme des macroplastiques, n'a été détecté. Des recherches récentes ont révélé que les débris plastiques de taille inférieure à 5 mm (microplastiques) sont les plus couramment observés dans les écosystèmes marins, comme le soulignent [Lusher et al. \(2013\)](#) et [Bessa et al. \(2018\)](#).

Les résultats de l'étude indiquent que les filaments constituent la majorité des microplastiques observés, représentant 90,2% des débris plastiques répertoriés dans le tractus gastro-intestinal des espèces échantillonnées. Cette constatation est cohérente avec d'autres études telles que celles de [Neves et al. \(2015\)](#) et [Ferreira et al. \(2018\)](#), qui ont également identifié les filaments comme les MPs les plus prévalent dans l'environnement marin. De plus, des travaux antérieurs, comme ceux de [Sathish et al. \(2020\)](#) et [Merga et al. \(2020\)](#), soutiennent l'idée que les filaments sont les MPs les plus abondants dans les écosystèmes marins. Les fragments constituent le deuxième type de MPs en termes d'abondance, représentant un pourcentage minimal de 3 à 8% dans le tube digestif des spécimens examinés.

Il est intéressant de noter que, en termes de diversité des couleurs des MPs retrouvés dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés, le noir est la couleur la plus fréquemment observée, représentant 62,6 % de l'ensemble des MPs découverts. Ces résultats sont en ligne avec d'autres recherches récentes qui indiquent que le noir est la couleur dominante dans les environnements marins, comme cela a été souligné par [Morgana et al. \(2018\)](#) et [Wu et al. \(2020\)](#). En outre, la deuxième couleur la plus fréquemment observée est le rouge, avec un taux de 15,8 %. [Nelms et al. \(2018\)](#) ont confirmé précédemment que la dégradation des filets de pêche est une importante source de MPs de couleur rouge. Ces constatations sont cohérentes avec les études antérieures de [Cole et al. \(2011\)](#) et de [Lusher et al. \(2013\)](#).

La densité de MPs par gramme de tube digestif chez les quatre espèces étudiées affiche des concentrations moyennes élevées (1,58 MPs/g), avec des valeurs maximales atteignant (10,93 MPs/g) observées chez *Sardinella pilchardus*, suivie par *Boops boops*, *Trachurus trachurus*, et *Sardinella aurita*. Ces résultats sont comparables à ceux des études sur des espèces de poissons capturées sur les côtes Algériennes tel que: [Badi et Dahou, 2022](#); [Hamoudi et Siad, 2022](#), [Zouaoui et Bouhzem, 2023](#); [Bouadjehine et al., 2023](#). La densité des MPs dans le tractus gastro-intestinal des poissons de la baie de Béjaïa, exposée à diverses sources de pollution plastique, dépasse les densités de MPs observées dans les poissons capturés dans autres côtes du monde ([Tiwari et al., 2019](#); [Dowarah et Devipriya, 2019](#); [Dhineka et al., 2022](#)).

En fin, les rejets industriels de l'entreprise (MERIPLAST) qui est située à proximité d'Oued Soummam, et de l'entreprise (ADNPLST) qui est à proximité d'Oued Ghir, les activités de pêche et les activités et rejets urbains sont parmi les facteurs qui contribuent grandement à la pollution de la Baie de Bejaia par les particules plastiques. Ces effluents nécessitent l'installation des STEPs pour dépollution des eaux avant qu'elles soient rejetées en mer.



CONCLUSION

Conclusion

Conclusion :

Cette étude fournit les preuves de l'ingestion des débris de plastique par quatre espèces de poissons à large consommation du Golfe de Béjaia en Algérie.

- Les résultats obtenus montrent que tous les individus des quatre espèces examinées (91,7%) sont contaminés par les MPs avec des niveaux très élevés, atteignant en moyenne de $2,35 \pm 1,66$ MPs/individu.
- Les spécimens mâles, de poids moyen et de taille moyenne sont les plus infectés par les débris plastiques.
- La forme la plus courante des MPs observés est le filament, représentant 90,2% des cas.
- La couleur dominante des MPs est le noir, observée dans 62,6% des cas.
- La grande majorité des particules trouvées (96,7%) sont des microplastiques (<5 mm), avec seulement 15,33% des particules étant des mésoplastiques (>5-25 mm).
- Parmi les espèces étudiées, *Sardina pilchardus* présente la fréquence moyenne la plus élevée d'ingestion de MPs ($2,66 \pm 1,87$) ainsi que la densité moyenne la plus élevée de MPs (3,36 MPs/g).
- Il n'y a pas de tendance claire entre les paramètres biologiques des poissons et l'ingestion de MPs.
- Les niveaux de contamination entre les espèces pélagiques et démersales sont comparables.
- Les rejets industriels des entreprises MERIPLAST et ADNPLST, les activités de pêche et les activités et rejets urbains nécessitent des STEPs pour réduire la pollution par les plastiques.

Perspectives :

- Sensibiliser aux dangers de la pollution de l'eau, qui constitue une menace pour tous les organismes vivants, afin de la réduire.
- Recycler les déchets plastiques pour les réduire et bénéficier de l'aspect économique.
- Mise en place d'usines d'épuration des eaux industrielles pour chaque unité industrielle.
- Éduquer les touristes sur les dangers du plastique et développer un système de collecte des déchets, notamment sur les plages.
- Remplacer les sacs en plastique par du papier.
- Travailler à sensibiliser les pêcheurs aux méfaits de l'utilisation des filets de pêche.
- Éviter d'utiliser du plastique à usage unique.



BIBLIOGRAPHIES

Bibliographies

- Agence Nationale des Déchets (AND) (2020), Rapport sur l'état de la gestion des déchets en Algérie, ME, Algérie. <https://and.dz/site/wp-content/uploads/rapport%20DMA2.pdf>
- Alessi, E. 2018. Pollution plastique en Méditerranée. Sortons du piège. WWF Initiative Marine Méditerranéenne ». WWF - Fond Mondial pour la Nature. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc201806/180608_rapport_plastiques_mediterranee.pdf.
- Al-Salem S.M., 2009. Establishing an integrated databank for plastic manufacturers and converters in Kuwait. *Waste Manag.* 29(1), 479–484.
- Anato C.B. 1995. Contribution à l'étude de la Bogue: Boops boops (Linné, 1857) Poisson Téléostéen sparidae des cotes Tunisiennes. Thèse doctorat. Université de Tunis, 100p.
- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 159-1605.
- Anonyme 1, 2012- Direction de l'environnement, cadastre des rejets industriels.
- Anonyme 2, 2012- Direction de la pêche et des ressources halieutiques, rapport sur la salubrité du port de pêche.
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H., 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. Group 530.
- Auta, H.S., Emenike, C.U., & Fauziah, S.H., 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176.
- Badi, D. Dahou, F. 2022: Mise en évidence de macro et micro débris de plastique ingérés par les poissons de la région d'Annaba. Mémoire de master Univ: Abbès Laghrour Khenchela.
- Balet, J.-M. 2005. Aide-mémoire : gestion des déchets.
- Barnes, D. K. A.; Galgani, F.; Thompson, R. C.; Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2009, 364, (1526), 1985-1998.
- Baye Cheikh Mbaye, 2015. Etude de l'impact de l'environnement biophysique sur les premiers stades de vie de *Sardinella aurita* dans le système d'upwelling sénégal-mauritanien: modélisation saisonnière et interannuelle. *Océanographie*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015.146p.
- Bertrand J., Durand J.L., Gueguen J., Knockaert L. C., Lorange P., Masse J. 1990. Ressources halieutiques d'intérêt potentiel pour la pêche industrielle et la grande pêche françaises. Ifremer. *Organic Geochemistry*, 30, 101-117
- Bessa, F., Barriá, P., Neto, J.M., Frias, J.P.G.L., Otero, V., Sobral, P., Marques, J.C., 2018. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 128, 575–584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>.

- Blettler, M.C.M., Abrial, E., Khan, F.R., Sivri, N., Espinola, L.A., 2018. Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Res.* 143, 416–424.
- Bonhomme S, Cuer A et al. 2003. Environmental biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*, 81: 441-452.
- Borrelle SB, Ringma J, Law KL, Monnahan CC, Lebreton L, McGivern A, et al. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*. 2020;369(6510): 1515–8. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Borrelle, S.B., Ringma, J., Law, K.L., Monnahan, C.C., Lebreton, L., Mc Givern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G.H., Hilleary, M.A., Eriksen, M., Possingham, H. P., Frond, H.D., Gerber, L.R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C.M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369, 1515–1518.
- Bouadjehine, M. Sekrouf, K, Khachi, R. 2023. Ingestion de macro et micro débris de plastique par quelques espèces de poissons de la région de Collo, Nord Est Algérien. Mémoire de Master. Univ. Abbas Laghrour kenchela.
- Bouhzem, R, Zouaoui S. 2023. Identification et caractérisation de débris de plastique ingérés par les poissons de la région de Skikda Nord Est Algérien (Mémoire de Master Spécialité Protection des Écosystèmes) .Abbas Laghrourkenchela.
- Bouwmeester, H., Hollman, P.C.H., Peters, R.J.B, 2015. Potential Health Impact of Environmentally Released Micro-and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. American Chemical Society. *Environmental Science Technology*, 49, 8932-8947.
- Brula P. & Thoumelin P., 2007. Risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets (recyclage et réutilisation).
- Carrega, M. et al., 2012. *Matières plastiques : propriétés, mise en forme et applications industrielles des matériaux polymères*. 3e éd., Paris: Dunod L'usine nouvelle.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, S.C., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62, 2588–2597.
- Collignon, A.; Hecq, J.-H.; Galgani, F.; Voisin, P.; Collard, F.; Goffart, A., Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 2012, 64, (4), 861-864.
- Cózar A, Echevarría , et al., 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28): 10239-10244.
- Cozar, ´ A., Sanz-Martín, M., Martí, E., Gonzalez-Gordillo, ´ J.I., Ubeda, B., G´ alvez, J.A., ´ Irigoien, X., Duarte, C.M., 2015. Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PLoS One* 10 (4), e0121762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>
- Cury P., Bakun A., Crawford R.J.M., Jarre A., Quiñones R.A., Shannon L.J. & Verheye H.M. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES Journal of Marine Science : Journal du Conseil*, 57 : 603 - 618.

- Cuvier G. et Valenciennes A., 1847. Histoire naturelle des poissons. *Sénégal: Biologie et évaluation des ressources. PhD thesis, Université de Bretagne Occidentale*. Tome 19ème. P Bertrand, Paris. 544 p
- D'Ambrières, W. 2019. Plastics recycling worldwide: current overview and desirable changes. *Field Actions Science Reports. The journal of field actions*, (Special Issue 19), 12-21.
- Davison P et Asch RG, 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Marine Ecology Progress Series*, 432: 173-180.
- De Witte, B., 2017. Microplastics in the food chain: risk characterization for human health and prevalence, 13th Symposium of the Scientific Committee of the Belgian Federal Agency for Safety of the Food Chain, Brussels, Belgium.
- Derraik, J. G. B., The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 2002, 44, (9), 842-852
- Dhineka, K., Sambandam, M., Sivadas, S., Kaviarasan, T., Pradhan, U., Begum, M., Mishra, P., Murthy, M., 2022. Characterization and seasonal distribution of microplastics in the nearshore sediments of the south-east coast of India, Bay of Bengal. *Front. Environ.Sci. Eng.* 16, 1–11. doi:10.1007/s11783-021-1444-0.
- Dieuzeide, R., Novella, M., & Roland, J., 1955. Catalogue des poissons des côtes algériennes. III.Ostéoptérygiens (suite et fin). *Bull. Trav. Stat. Aquic. Pêche, Castiglione*, (6): 384 p.doi:10.1016/j.scitotenv.2019.07.065
- Dowarah, K., Devipriya, S.P., 2019. Microplastic prevalence in the beaches of Puducherry, India and its correlation with fishing and tourism/recreational activities. *Mar.Pollut. Bull.* 148, 123–133. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.07.066.
- Dprh. 2019. Annuaire statistique de la wilaya de bejaia. Bejaia
- EFSA CONTAM Panel (European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain), 2016. Statement on the presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 2016;14(6):4501, 30 pp
- European Chemicals Agency. (2017). Call for evidence and information on the intentional uses of microplastic particles in products of any kind. https://echa.europa.eu/documents/10162/22286145/rest_microplastics_cfe_background_note_v2_en.pdf/11e12346-fbdd-0929-c8e0-30d5181aa44f, Consulté le 10 décembre..
- European Commission. (2017). Sources Explanation list. Consulté le 2019, sur EuropeanCommission:http://sec.europa.eu/inf/sites/inf/files/sources_explanation_list.pdf
- Fendall, L. S.; Sewell, M. A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin* 2009, 58, (8), 1225-1228
- Ferreira G.V.B., Barletta M., Lima A.R.A., Morley S.A., Justino A.K.S., Costa M.F., 2018 High intake rates of microplastics in a Western Atlantic predatory fish, and insights of a direct fishery effect. *Environ. Pollut.* ; 236:706–717.
- Fisher W., Schneider M.L. et Bauchot M.L., 1987. Identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Fiches F.A.O., révision 1, Vol2, FAO Ed (Rome), Tome I et II : 1366p.
- Fisher, W., Bauchot, M. L., et Schneider M., (1987). Fiche F.A.O. d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (révision 1). Méditerranée et mer noire. Zone de

pêche 37. Volume 11. Vertébrés. F.A.O. vol. 2: 761-1530. Fisheries Technical Paper. N°115 (révision1) : 223p.

- Foltz, J.W., Norden, C.R., 1977. Seasonal changes in food consumption and energy content of smelt (*Osmerus mordax*) in Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.* 106, 230-234
- Fontanille, M., Gnanou, Y., 2014. *Chimie et physico-chimie des polymères*, Dunod.ed
- Fortier J., 2012. Catalogue poisson eau de mer, *Sardinella aurita*. Aquaportail, publié le 14/07/2012. <https://www.aquaportail.com/fiche-poisson-2796-sardinella-aurita.html>
- Fréon P., 1988. Réponses et adaptation des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. *ORSTOM Etudes et thèses, Paris.* 287
- Gall Sarah C., Thompson Richard C.
- Garcia, F., de Carvalho, A.R., Riem-Galliano, L., Tudesque, L., Albignac, M., ter Halle, A., Cucherousset, J., 2021. Stable isotope insights into microplastic contamination within freshwater food webs. *Environ. Sci. Technol.* 55 (2), 1024–1035. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.0C06221>.
- 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.
- Goeury D., 2014, "La pollution marine", in Woessner Raymond (dir.), *Mers et océans*, Paris : Atlante, Clefs concours
- Gordo L.S., Abaunza P., A.T.G.W., Costa A., Eltink I., Figueiredo., Lucio P. 1970. Determinate versus indeterminate fecundity in horse mackerel. *Fisheries Research* 89 (2008) 181–185.
- Halle, A., Cucherousset, J., 2021. Stable isotope insights into microplastic
- Hamaide, T., Deterre, R., Feller, J.-F., 2014. *Impact environnemental des matières plastiques*. Paris :Lavoisier.
- Hamoudi, M., Siad, I., 2022. Première preuve d'ingestion de débris du plastique par quelques espèces de poissons de la région d'El-Kala (Mémoire de Master Spécialité Protection des Écosystèmes). Univ. Abbas Laghrourkhenchela
- Hann, S., Sherrington, C., Jamieson, O., Hickman, M., Kershaw P., Bapasola, A., Cole, G., 2018. Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. UK: Eunomia. Report for DG Environment of the European Commission. <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/investigating-options-for-reducing-releases-in-the-aquatic-environment-of-microplastics-emitted-by-products/>, Consulté le 15 mars 2019.
- Hartmann, N.B., Hüffer, T., Thompson, R.C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A.E., Rist, S., Karlsson, T., Brennholt, N., Cole, M., Herrling, M.P., Hess, M.C., Ivleva, N.P., Lusher, A.L., Wagner, M., 2019. Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environ. Sci. Technol.* 53, 1039–1047. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>
- Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. 2012. Microplastics in the Marine.

- Holden, M.J et Rait, D.F.S. (1974). Manuel des sciences halieutiques par&eII.
- Horton, A.A., Dixon, S.J., 2018. Microplastics: an introduction to environmental transport processes. Wiley Interdiscip. Rev. Water 5 (2), 1268. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1268>.
- Hossain, M.S., Sobhan, F., Uddin, M.N., Sharifuzzaman, S., Chowdhury, S.R., <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.003>.
- Ipekoglu B, Böke H and Cizer O., 2007. Assessment of material use in relation to climate in historical buildings. Building and Environment, 42: 970-978.
- Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., Shi, H., 2016. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. Environmental Pollution 221, 141–149. J.R
- Jearld A., 1983. Age determination In: Fisheries Techniques Nielsen L. Ed. Blacksburg: 301-324.
- Jeong, J., Choi, J., 2019. Adverse outcome pathways potentially related to hazard identification of microplastics based on toxicity mechanisms. Chemosphere 231,249–255.
- Kedzierski, Mikael. 2017. Pollutions du milieu littoral par les microplastiques, 240.
- Khaled,N, Kerkar, L. 2023. Etude de la biologie de la Sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) du golfe de Bejaia (Mémoire de Master Spécialité Biologie animale. Univ. A. MIRA - Béjaia.
- Labadla, C., Souaissid, S., 2021. Evaluation de la pollution marine du littoral Est algérienne par le plastique : méso et macro-plastiques (Mémoire de Master Spécialité biodiversité et envirement).
- Le Moine, X. Ferry, Plasticulture: economy of resources, Acta Hortic. 1252 (2019) 121–130, <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2019.1252.17>
- Lebreton LCM, Greer SD and Borrero JC, 2012. Numerical modelling of floating debris in the world’s oceans. Mar Pollut Bull 64(3): 653–661.
- Lecomte M., 2015. De verwijdering van microplastics in riool water zuiverings installaties: een case-study voor Vlaanderen 24–26.
- Letaconnoux R., (1951). Contribution à l’étude des espèces du genre Trachurus et spécialement du Trachurus trachurus (Linné, 1758) Off. Scie. Tech. Pêches Mari. Memoire N°15 : 70 p
- Lithner D, Larsson A and Dave G, 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. Sci. Total Environ. 409: 3309e3324.
- Lusher Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects2015
- Lusher, A. L., McHugh, M. & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Mar. Pollut. Bull. 67, 94-99. Maddison, O’Connor Wayne, Palanisami Thavamani
- Masó M, Garcés E, Pagès F and Camp J, 2007. Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species. Sci. Mar. 67: 107-111.

- Medina-Gaertner M., 1985. Etude du zooplancton côtier de la baie de Dakar et de son utilisation par les poissons comme source de nourriture. *Thèse*, Université de Bretagne Occidentale, Brest : 141 p.
- Merga, L. B., Redondo-Hasselerharm, P. E., Van den Brink, P. J., & Koelmans, A. A. 2020. Distribution of microplastic and small macroplastic particles across four fish species and sediment in an African lake. *Science of The Total Environment*, 140527. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140527
- Morgana, S., Ghigliotti, L., Estévez-Calvar, N., Stifanese, R., Wieckzorek, A., Doyle, T., Christiansen, J.S., Faimali, M., Garaventa, F., 2018. Microplastics in the Arctic: a case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environ. Pollut.* 242, 1078–1086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001>.
- Nelms SE, Galloway TS, Godley BJ, Jarvis DS, Lindeque PK. 2018. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environ Pollut.* 238:999-1007,
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119– 126.
- Nieland H., 1980. In Ghéno, Y. et Fontana, A. 1981. Les stocks de petits pélagiques côtiers les sardinelles. In: *Milieu marin et ressources halieutiques de la république populaire du Congo*, A. Document. ORSTOM, Paris. 138: 213-25.
- Olivier, M. 2019. Notions de base sur les matières plastiques.
- PlasticsEurope. 2013. *Plastics – the Facts. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data.*
- PlasticsEurope 2016. *Plastics – the Facts. An analysis of European plastics production, demand and waste data.*
- PlasticsEurope, 2017. *Plastics – the Facts 2017 An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data.*
- PlasticsEurope, 2021, *Plastics - The Facts 2021 - An analysis of European plastics production, demand and waste data.*
- Quero J. C., 1997. *Les poissons de mer des pêches françaises*. Ed : delachaux et Niestlé. Paris.
- Ragaert, K., Delva, L., Van Geem, K., 2017. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Manag.* 69, 24–58. Publié le 30 mai 2015.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T., Teh, S.J., 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Sci. Rep.* 3, 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep03263>
- Rummel, C.D., Löder, M.G.J., Fricke, N.F., Lang, T., Griebeler, E.-M., Janke, M., Gerdt, G., 2016. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea, *Marine Pollution Bulletin.* (102) 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.043>.

- Sathish, N., Jeyasanta, I., & Patterson, J. 2020. Occurrence of microplastics in epipelagic and mesopelagic fishes from Tuticorin, Southeast coast of India. *Science of The Total Environment*, 137614. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137614.
- Schnurr REJ, Alboiu V, Chaudhary M, Corbett RA, Quanz ME, Sankar K, Srain HS, Thavarajah V, Xanthos D, Walker TR (2018) Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): a review. *Mar Pollut Bull* 137:157–171. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.001>
- Shah AA, Hasan F, Hameed A and Ahmed S, 2008. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnology advances*, 26 (3): 246-265.
- Siddique, M.A.M., Uddin, A., Rahman, S.M.A., Rahman, M., Islam, M.S., Kibria, G., 2022. Microplastics in an anadromous national fish, Hilsa shad *Tenualosa ilisha* from the Bay of Bengal, Bangladesh. *Mar. Pollut. Bull.* 174, 113236. doi:10.1016/j.marpolbul.2021.113236.
- Sivan A, 2011. New perspectives in plastic biodegradation. *Current Opinion in Biotechnology*, 22: 422-426.
- Smith A., Brown C., Bulman C., Fulton E., Johnson P., Kaplan I., Lozano-Montes H., Mackinson S., Marzloff M., Shannon L., Shin Y. & Tam J. 2011. Impacts of fishing low– trophic level species on marine ecosystems. *Science*, 333: 1147 - 1150.
- Suaria, G., Avio, C.G., Mineo, A., Lattin, G.L., Magaldi, M.G., Belmonte, G., Moore, C.J., Regoli, F., Aliani, S., 2016. The Mediterranean plastic soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Sci. Rep.* 6, 37551. <https://doi.org/10.1038/srep37551>.
- Sylvie Latieule, *Cosmétiques : Des solutions biosourcées pour remplacer les microbilles de plastique*, 2017. Disponible en ligne au <http://www.formule-verte.com/cosmetiques-des-solutions-biosourcees-pourremplacer-les-microbilles-de-plastique/> (Accédé le 15.11.2018)
- Thompson et Thiel, 2012, *Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification*. *Environmental Science & Technology* 46, 3060–3075.
- Tiwari, M., Rathod, T., Ajmal, P., Bhangare, R., Sahu, S., 2019. Distribution and characterization of microplastics in beach sand from three different Indian coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 140, 262–273. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.01.055.
- Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., RioEchevarria I., Van den Eede, G., 2019. Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(5):639-673.
- Valenciennes, 1847. *Sardinella aurita*.
- Valente, T., Sbrana, A., Scacco, U., Jacomini, C., Bianchi, J., Palazzo, L., de Lucia, G.A., Silvestri, C., Matiddi, M., 2019. Exploring microplastic ingestion by three deepwater elasmobranch species: a case study from the Tyrrhenian Sea. *Environ. Pollut.* 253, 342–350.
- Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., van Franeker, J.A., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F., Law, K.L., 2015. A global inventory of small floating plastic debris. *Environ. Res. Lett.* 10, 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>

- Whitehead P.J.P., 1985. FAO species catalogue. Vol 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). Part 1. Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. *United Nations Development Program, Rome*. -X-Y-Z- Bibliographie 210.
- Wright SL, Thompson RC and Galloway TS, 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178: 483e492.
- Wu, J., Lai, M., Zhang, Y., Li, J., Zhou, H., Jiang, R., Zhang, C., 2020. Microplastics in the digestive tracts of commercial fish from the marine ranching in east China sea, China. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100066>.
- Zettler ER, Mincer TJ and Amaral-Zettler LA, 2013. Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris. *Environmental Science and Technology*, 47 : 7137-7146.
- Zhang, X., Li, M., Wen, F., Zuo, C., Chen, H., Wu, K., Zeng, R. Different impact of high-density lipoprotein-related genetic variants on polypoidal choroidal vasculopathy and neovascular age-related macular degeneration in a Chinese Han population. *Exp. Eye Res.* 2013;108:16–22. doi: 10.1016/j.exer.2012.12.005.

Résumé :

La pollution par les microplastiques (MPs) a fait l'objet d'une attention accrue au cours des dernières années. La contamination par les MPs a été étudiée, dans le tractus gastro-intestinal de quatre espèces de poissons commerciaux (*Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus*, *Boops boops*) de la baie de Béjaia, en Mars-Avril 2024. Tous les individus des quatre espèces étaient sujets à des mesures biométriques avant de leur prélever le tractus gastro-intestinal. La matière organique a été éliminée en utilisant du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), et les particules de plastique ont été ensuite visualisées sous un stéréoscope à un grossissement de $\times 10$. Cette méthode permet de d'observer, de compter et de photographier (logiciel Image J) les MPs présents dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés. Les résultats montrent que 91,7% des quatre espèces sont contaminées, avec une moyenne de 2,35 ($\pm 1,66$) débris de MPs par individu. Les spécimens de sexe mâles, de poids moyen, et de taille moyenne sont les plus infectés par les débris plastiques. 90,2% des MPs observés sont des filaments, avec une dominance de la couleur noire, observée dans 62,6% des cas. Parmi les 112 particules de plastique ingérées, 96,7% sont des microplastiques (< 5 mm), le reste étant des mésoplastiques. L'abondance moyenne la plus élevée ($2,66 \pm 1,87$), et ainsi que la densité moyenne la plus élevée de MPs (1,58 MPs/g) sont observées chez l'espèce *Sardina pilchardus*. Les niveaux de contamination entre les espèces pélagiques et démersales sont comparables. Les rejets industriels des entreprises MERIPLAST et ADNPLST, les activités de pêche et les activités et rejets urbains nécessitent des STEPs pour réduire la pollution par les plastiques.

Mots clés : Microplastique, pélagiques, démersales, tractus gastro-intestinal, baie de Béjaia.

Abstract

Microplastic (MP) pollution has gained increasing attention in recent years. The contamination by MPs was studied in the gastrointestinal tract of four commercial fish species (*Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus*, *Boops boops*) from Bejaia Bay, during March-April 2024. All individuals of the four species were subjected to biometric measurements before their gastrointestinal tract was removed. The organic matter was eliminated using hydrogen peroxide (H₂O₂), and the plastic particles were then viewed under a stereoscope at a magnification of $\times 10$. This method allowed the observation, counting and photographing (using Image J software) of MPs present in the gastrointestinal tract of the studied fish. The results show that 91.7% of the four species are contaminated, with an average of $2.35 (\pm 1.66)$ MP debris per individual. Males specimens of average weight and size were the most infected with plastic debris. 90.2% of the observed MPs were filaments, with a dominance of black color, observed in 62.6% of cases. Among the 112 ingested plastic particles, 96.7% were microplastics (< 5 mm), the rest being mesoplastics. The highest mean abundance (2.66 ± 1.87), and as well as the highest mean density of MPs (1.58 MPs/g) were observed in the *Sardina pilchardus* species. Contamination levels between pelagic and demersal species are comparable. Industrial waste from MERIPLAST and ADNPLST companies, fishing activities, and urban activities and discharges require STPs to reduce plastic pollution.

Keywords: Microplastic, pelagic, demersal, gastrointestinal tract, Bejaia Bay

ملخص

حظيت ظاهرة تلوث البلاستيك الدقيق (MPs) باهتمام متزايد خلال السنوات الأخيرة. تم دراسة تلوث الأسماك بالميكروبلاستيك في الجهاز الهضمي لأربعة أنواع من الأسماك التجارية (Boops boops، Trachurus trachurus، Sardina pilchardus، Sardinella aurita) في خليج بجاية، وذلك خلال شهري مارس وأبريل 2024. تم قياس السمات الحيوية لجميع الأفراد من الأنواع الأربعة قبل استخراج الجهاز الهضمي. تم التخلص من المواد العضوية باستخدام بيروكسيد الهيدروجين (H₂O₂)، ثم تمت مشاهدة جزيئات البلاستيك تحت المجهر الضوئي stereoscope بتكبير $\times 10$. سمحت هذه الطريقة بمراقبة وعدّ وتصوير (باستخدام برنامج Image J) جزيئات الميكروبلاستيك الموجودة في الجهاز الهضمي للأسماك المدروسة.

أظهرت النتائج أن 91.7% من جميع العينات من الأنواع الأربعة ملوثة، بمتوسط $2.35 (\pm 1.66)$ قطعة ميكروبلاستيك لكل فرد. كان الذكور ذوي الوزن والطول المتوسطين أكثر عرضة للإصابة بشظايا البلاستيك.

تم العثور على أن 90.2% من جزيئات الميكروبلاستيك الملاحظة عبارة عن خيوط، مع هيمنة اللون الأسود، حيث لوحظ في 62.6% من الحالات. من بين 112 قطعة بلاستيكية تم ابتلاعها، كان 96.7% منها ميكروبلاستيكًا (> 5 مم)، والباقي عبارة عن ميسوبلاستيك.

لوحظ أعلى وفرة متوسطة (1.87 ± 2.66) وأعلى كثافة متوسطة للميكروبلاستيك (1.58 MPs / g) في *Sardina pilchardus*.

كانت مستويات التلوث قابلة للمقارنة بين الأنواع الساحلية والقاعية، تشير النتائج إلى ضرورة معالجة مخلفات الشركات الصناعية MERIPLAST و ADNPLST، وأنشطة الصيد، والأنشطة والمخلفات الحضرية من خلال محطات معالجة مياه الصرف الصحي (STEPS) للحد من التلوث البلاستيكي.

الكلمات المفتاحية: ميكروبلاستيك، أسماك سائحة، أسماك قاعية، الجهاز الهضمي، خليج بجاية