



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abbés Laghrour de Khenchela

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Écologie et Environnement



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Protection des Écosystèmes

Thème

**Première preuve d'ingestion de débris du plastique par
quelques espèces de poissons de la région d'El-Kala**

Présenté par :

Hamoudi Manar el houda
Siad Islah

Devant le Jury:

Président: Mr. DAIFALLAH Tarek

MCA. Univ. ABBES Laghrour Khenchela

Examinatrice: Melle DALI Naouel

MCA. Univ. ABBES Laghrour Khenchela

Encadreur: Mr. ZIOUCH Omar Ramzi

MCA. Univ. ABBES Laghrour Khenchela

Co-encadreur: Mr. ZEGHDANI Zouhir

Doctorant, Univ. Abderrahmane Mira-Bejaia

Année universitaire : 2021/2022

Dédicaces

*Oh Dieu, louange à toi avant le contentement, et louange à toi si tu es satisfait,
mais louange à toi après le contentement, Nous remercions Dieu Tout-Puissant
de nous avoir permis d'accomplir cet humble travail ;*

*A celle qui a mis le ciel sous ses pieds, à celle qui s'est privée et ma donne, à
celle qui me donne la vie, ma **CHÈRE MÈRE** ;*

*A celui qui rend mon affiliation avec lui plus fière et à ceux qui sont restes
éveillés tard le soir pour mon éducation, **MON PÈRE**, que Dieu ait pitié de lui ;*

A toute la généreuse qui m'a soutenu et encore ;

*A notre encadreur **ZIOUCH OMAR RAMZI**;*

*A mes chères amies : **MANAR, MASSILIA, WIDAD, SABAH, MERIEM** ;*

A toutes les personnes chères à mon cœur ;

MERCI ;

ISLAH

Dédicace

Mon premier remerciement vient à Allah Sobhanou qui m'a donné la force et les moyens de préparer ce travail ;

À mes très chères parents (LYAMINE et ARBIA), pour leur soutien tout au long de mes études, leur amour, leur tendresse, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie ;

À mes très chers frère et sœurs: AHLEM, KHOLOUD, HASSNI, KAOUTHER, AYAA, ROMOUZ EL JANNA, DJOOD pour leur soutien ;

À ma chère grand-mère YIMA MASOUDA, j'espère que tu vivras plus longtemps ;

À mon partenaire et le plus cher d'un ami à mon amour et ma beauté et la chose la plus précieuse que j'ai rencontrée dans ma vie KHAOULA AGUER que Dieu l'honore grâce à toute sa famille ;

À mon petit ange MOUAD que Dieu le bénisse ;

À notre enseignant ZIOUCH OMARE RAMZI, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, merci d'être toujours là pour moi ;

À tous mes enseignants du primaire à l'enseignement supérieur ;

À toutes les personnes que je n'ai pas pu citer mais qui restent dans mon cœur ;

Merci ;

MANAR

REMERCIEMENT

Dieu merci pour la santé, la volonté, la passion et la détermination qui nous ont accompagnés durant la période de préparation de cette mémoire de Master et qui nous ont permis de mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur, le **DR ZIOUCH OMAR RAMZI** pour sa présence, ses précieux conseils et orientations, son travail acharné, et sa grande contribution à l'aboutissement de ce travail. On le remercie pour nous avoir donné la chance de vivre cette expérience.

Nous remercions également le professeur **MR. ZEGHDANI ZOUHIR** qui nous a dirigés durant cette période de recherche et pour ses conseils.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux honorables membres du jury pour leur approbation d'examiner notre modeste travail.

Sans oublier de remercier tous les enseignants du primaire au stade universitaire qui ont contribué à nous fournir des fournitures scientifiques tout au long de la période de notre étude.

Finalement nos remerciements sont dressés plus particulièrement à nos familles et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques	4
1. La pollution marine	5
2. Les débris de plastique	6
2.1. Le plastique.....	6
2.1.1. Historique de plastique	6
2.1.2. Cycle de vie de plastique	7
2.1.3. L'origine de plastique.....	7
2.1.4. Caractéristiques particulières des plastiques dans l'océan	8
2.1.5. Dégradation des débris de plastique	10
2.2. La pollution par le plastique.....	11
2.3. Le plastique dans l'environnement (rivières, mer, océan...)	12
2.4. Le plastique dans le système alimentaire (dans les poissons)	12
2.5. Le devenir du plastique.....	13
2.5.1. Devenir des déchets marins	13
2.5.1.2. Devenir du plastique en mer	14
2.6. Les impacts des débris plastique	15
2.6.1. Impact directe des déchets marin	15
2.6.2. Impacte indirecte des déchets marin	15
2.7. Les risques de plastique et ça toxicité.....	16
Chapitre II : Matériels et méthodes.....	18
1. Présentation de la zone d'étude.....	19
1.1. Description du littoral d'El Kala	19
1.2. Climat	20
1.3. Apports continentaux.....	20
1.4. Anthropisation et occupation des sols	21
1.5. Activités de pêche.....	21
2. Echantillonnage et mensuration des poissons	22
2.1. Echantillonnage.....	22
2.1.1. Sardinella aurita	22
2.1.2. Sardina pilchardus	23
2.1.3. Trachurus trachurus.....	25
2.1.4. Boops Boops	25
2.2. Mensurations	27

2.2.1. La taille	27
2.2.2. Le poids	27
2.2.3. Dissection	28
4. Identification de sexe et prélèvement de tractus digestif	29
5. Identification et étude des microplastiques	29
Chapitre III : Résultats et discussion.....	32
1. Résultats	33
1.1. Les paramètres biologiques.....	33
1.2. Occurrence et distribution des MPs au sein des espèces des poissons:	34
1.2.1. Occurrence des MPs au sein des espèces des poissons:	34
1.2.2. Fréquence des MPs ingérés.....	34
1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes	35
1.2.4. Distribution des MPs ingérés selon leurs tailles	36
1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs	36
1.2.6. Distribution des MP ingérés selon le sexe des poissons.....	38
1.2.7. Distribution des MP ingérés selon la taille des poissons.....	39
1.2.8. Distribution des MP ingérés selon la taille des poissons.....	40
1.2.9. Fréquence des MP dans le tractus gastro-intestinal des espèces étudiées	40
2. Discussion.....	41
Conclusion.....	45
Références bibliographiques	47
Résumé.....	53

Liste des abréviations :

Vit : Vitesse.

Km : Kilomètre.

PVC : Polychlorure de vinyle.

Kg : Kilogramme.

mg : milligramme.

STEU : Science de la terre et de l'Univers.

Ans : Années.

Mm : Millimètre.

ONU : Organisation des Nations Unies.

MPs : Microplastiques.

e.g : exemple.

PIB : Produit intérieure brute.

Ml : Millilitre.

µm : micromètre.

NP : Nanoplastique.

POP : Polluants organiques persistants.

PE : Polyéthylène.

Mg : Milligramme.

E : Est.

N : Nord.

S : Seconde.

M : Mètre.

PNEK : Parc national d'El Kala.

Hab : habitant.

Cm : Centimètre.

H₂O₂: Peroxyde d'hydrogène.

F : Femelle.

M : Mâle.

I : Indéterminé.

PE : Poids éviscéré.

Pgi : Poids gastro-intestinal.

Pt : Le poids du poisson entier.

Ptm : Poids total moyen en gramme.

N : Nombre de spécimens.

Ltm : Longueur totale moyenne en centimètre.

Liste des figures :

Figure 1 : Cycle de vie du plastique.....	7
Figure 2 : Microplastiques primaires	10
Figure 3: Microplastiques secondaires.....	10
Figure 4 : Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille	10
Figure 5 : Dégradation de plastique (Lehner, 2015).....	11
Figure 6 : Bioaccumulation des PCBs dans la chaîne alimentaire marine.....	13
Figure 7 : Devenirs des déchets dans les environnements (Hénaff et philippe, 2014)	14
Figure 8 : Ingestion de déchets de plastique par le fulmer (<i>Fulmarus glacialis</i>).....	17
Figure 9 : Situation géographique du littoral d'El Kala.....	19
Figure 10 : Caractéristiques morphologiques de l'allache <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	23
Figure 11 : Photographie de la sardine <i>S. pilchardus</i> (Wabaum, 1792)	24
Figure 12 : Photographie de <i>Trachurus trachurus</i> (Linné, 1758).	25
Figure 13 : Morphologie générale de la bogue <i>Boops boops</i> (Linne, 1758).....	26
Figure 14 : Préparation des échantillons pour la mesure de la longueur.	27
Figure 15 : Déterminer le poids total (PE).	27
Figure 16 : Ouverture de la cavité abdominale des poissons.	28
Figure 17 : Détermination du poids éviscéré (PE).....	28
Figure 18 : Contenu abdominal du poisson dans une boîte de pétrie.	29
Figure 19 : Détermination du sexe; A gauche : male ; A droite : femelle.	29
Figure 20 : Extrait le contenu de système digestif.....	30
Figure 21 : Ajout deux ou trois gouttes de l'eau oxygénée (H_2O_2).....	30
Figure 22 : Boîtes de pétrie dans un four de séchage.	30
Figure 23 : L'identification de débris de plastique sous microscope.....	31
Figure 24 : Distribution de particules de MPs ingérées selon leurs formes pour chaque espèce étudiée.	35
Figure 25 : Distribution de particules de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.	36
Figure 26 : Distribution de particules de MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.	37
Figure 27 : 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.	38

Figure 28 Distribution de particules de MPs ingérés en fonction du sexe des quatre espèces étudiées. 39

Figure 29 : Distribution de particules de MPs ingérés en fonction de la longueur totale (cm) des spécimens des quatre espèces étudiées. Les spécimens capturés sont classés comme: Petits:17-19cm, Moyens:19-20cm, Grands: 20-23cm pour *Sardinella aurita*; Petits:15-16cm **Error! Bookmark**

Figure 30 Distribution de particules de MPs ingérés en fonction du poids total (g) des spécimens des quatre espèces étudiées. Les spécimens capturés sont classés comme: Petits: 30-50g, Moyens: 50-70g, Grands: 70-90g pour *Sardinella aurita*; Petits: 20-30g, Moyens **Error! Bookmark**

Figure 31 : La densité minimale, moyenne et maximale des MPs par gramme de contenu digestif de toutes les espèces étudiées..... 41

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Types des particules de plastiques.....	9
Tableau 2 : Résumé statistique des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf d'Annaba.....	33
Tableau 3 : Nombre et pourcentages des individus contaminés par les MP.	34
Tableau 4 : Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces de poissons étudiés.	34

Introduction

Introduction

Introduction :

L'augmentation des populations et le développement des agglomérations, des unités industrielles et des terres cultivées ont eu pour corollaire une dégradation de la qualité des réserves d'eaux et puis la dégradation de l'écosystème dans son ensemble. De nombreux polluants d'origine humaine perturbent les écosystèmes continentaux et marins et il semblerait que parmi ces pollution se trouve le plastique.

Ces dernières années, la pollution plastique dans le milieu marin a fait l'objet d'une grande attention en raison de sa large distribution et de sa durabilité dans le milieu marin. La pollution plastique marine a des effets nocifs à long terme sur l'écologie, la biologie, la société et l'économie. [Jambeck et al. \(2015\)](#) estiment qu'entre 4,8 et 12,7 millions de tonnes de plastique sont importées dans le milieu marin chaque année.

D'après [Welden \(2018\)](#) les plastiques sont des matériaux polymères qui se forment à certaines températures et pressions, le plastique de grande taille est formé à partir de résine fondue et de fibres modifiées. Alors que les microplastiques (MPs) sont définis comme des particules de moins de 5 mm ([Arthur et al., 2009](#)) de longueur générées par la décomposition des plastiques légers par dégradation biologique, photolytique et fragmentation physique et mécanique. Les MPs peuvent être classés selon leurs caractères morphologiques, à savoir la taille, la forme et la couleur ([Campbell., 2017](#)).

Les MPs sont un contaminant environnemental émergent de plus en plus préoccupant en raison de leur abondance et de leur persistance dans l'environnement. Il pénètre dans les rivières via les systèmes de ruissellement et de drainage, l'apport d'effluents et la décomposition de la litière in situ. Une fois dans le milieu aquatique, il est fort probable que ceux-ci soient rencontrés et ingérés par les espèces pélagiques, y compris le zooplancton, qui conduit à une bioamplification potentielle par le transport des aliments ([Campbell et al., 2017](#); [Desforges et al., 2015](#); [Setala et al., 2014](#)). A l'heure actuelle, de nombreuses études ont rapporté que les MPs peuvent être ingérés par un large éventail d'espèces marines telles que les oiseaux, le zooplancton, les microalgues et les poissons, tandis que l'ingestion de MPs par les poissons a été expliquée pour la première fois par [Carpenter et al. \(1972\)](#).

Les poissons jouent un rôle important dans le réseau trophique. Certains poissons peuvent transporter des microplastiques du zooplancton et du phytoplancton vers des niveaux trophiques supérieurs et même vers les humains. Plus important encore, les MPs présents dans les poissons peuvent augmenter l'exposition humaine à ces particules par la consommation de poisson ([Barboza et al., 2018](#)).

Introduction

Les déchets plastiques ont été en effet observés un peu partout à la surface des océans du globe (Cózar et al., 2014). En Méditerranée, leur nombre augmente avec la proximité à la côte ainsi qu'avec l'importance des populations. Les fortes pressions anthropiques et la géographie de ce bassin semi-fermé expliquent pourquoi les concentrations moyennes, de l'ordre de 244 000 particules.km⁻², sont aussi élevées (Pedrotti et al., 2016).

Malgré un vaste littoral d'environ 1280 km, une superficie maritime sous juridiction nationale de près de 9.5 millions d'hectares pour l'exercice de la pêche (MPRH, 2003), une production halieutique de 143.6 millions de tonnes en 2006 (FAO, 2008), l'Algérie à l'instar des pays magrébins a accordé très peu d'intérêt à la pollution par les débris plastiques sur son littoral. En plus de l'étude de Mankou-Haddadi et al. (2021) qui donne les premières observations sur les déchets marins benthiques dans la zone côtière de Bejaia, l'étude de Taïbi et al. (2021) sur la distribution, la caractérisation et la source de micro- et macro-plastiques dans les sédiments de plage de la côte ouest algérienne, l'étude de Tata et al. (2021) sur l'occurrence et la caractérisation des MPs des sédiments de surface de la région d'Annaba. À ce jour, les enquêtes sur les MP dans les espèces de poissons de la côte Algérienne manquent toujours et sont identifiées comme une lacune importante dans les données Méditerranéennes. Par conséquent, l'objectif de la présente étude est d'étendre les analyses 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 urita*, *Sardina Pilcardus*, *Trachurus Trachurus* et *Boops Boops* prélevées du littoral d'El-Kala.

Ce mémoire est composé de trois chapitres dont le premier est strictement documentaire et correspond à une étude bibliographique sur les MPs, leur type, leur gestion et cycle de vie; mais aussi, de la pollution par les MPs 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 (le littoral d'El-Kala) et aux méthodes d'échantillonnage et mensuration des poissons et les techniques d'identification et de caractérisation des MPs. Le troisième chapitre interprète et discute les résultats expérimentaux obtenus. En fin le mémoire s'achève par une conclusion et perspectives.

Chapitre I :

Généralité sur les

déchets de plastiques

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

1. La pollution marine

La pollution marine est un phénomène qui existe depuis longtemps, causé par les pratiques nuisibles et agressives de l'homme. Ces dernières sont de plus en plus répandues et proportionnelles au développement des activités industrielles, et leurs effets affectent tous les milieux terrestres et marins. De plus, l'attractivité économique, commerciale et touristique des zones côtières fait que 23 % de la population mondiale (soit 1,2 milliard d'humains) vit à moins de 100 km du littoral, et la densité de ces populations devrait augmenter de 50 % d'ici 2030. La modification des usages de cette zone, suite à la littoralisation croissante, a généré des risques côtiers. Les zones côtières constituent, en effet, le réceptacle final de l'ensemble des contaminants rejetés dans l'environnement quel que soit le compartiment (air, eau, sol), et comptent de ce fait parmi les territoires les plus exposés aux différents types de pollution récurrente. Les déchets marins sont l'une des conséquences du paradigme actuel d'utilisation linéaire des ressources et de notre incapacité à faire face au volume de déchets que nous produisons. Ils représentent un défi pour nos sociétés et pour nos systèmes économiques et politiques (UE, 2017).

Les déchets marins sont définis par le programme des Nations Unies pour l'environnement comme étant '*des matériaux solides, manufacturés ou transformés, jetés ou abandonnés dans l'environnement marin*'. Plusieurs études montrent que la fraction dominante, est celle des plastiques qui représentent 60 à 90 % des déchets marins d'origine anthropique présents dans l'environnement marin, à savoir les plages, la surface de l'eau et le fond marin (UE, 2017).

L'importante croissance de la demande et donc de la production de plastique a entraîné une augmentation, à l'échelle mondiale, de 1,7 à 311 millions de tonnes de déchets en un demi-siècle (Europe: 20,4% de la production mondiale en 2013). Une partie de ces résidus échappe aux filières de traitement et recyclage des déchets et se retrouve reléguée dans l'environnement, notamment dans les systèmes aquatiques. Une étude récente a montré que 99,5 millions de tonnes de déchets plastiques provenant des zones côtières sont générés annuellement. La même étude a évalué qu'entre 4,8 et 12,7 millions de tonnes de ces résidus plastiques se retrouvent dans les océans, en une année. Une autre étude a estimé qu'au minimum 5,25 milliards de particules de plastique contaminent la surface de l'ensemble de l'hydrosphère. Ce chiffre ne prend pas en compte la contamination de la colonne d'eau, des fonds marins ni celle des plages (Eriksen et al., 2017).

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

2. Les débris de plastique

2.1. Le plastique

Le mot 'plastique' dérive du latin 'plasticus' qui est lui-même issu du grec ancien 'plastikos', qui est relatif au modelage. Le plastique est une matière synthétique et macromoléculaire. Il est composé des macromolécules, autrement dit un grand nombre d'atomes liés entre eux par des liaisons covalents. Il est aussi synthétique car le plastique est contrairement aux polymères naturels, issu de manipulations laboratoires. Les matières plastiques n'existent pas dans la nature, elles sont toutes créées par l'homme (Jambeck et al., 2015). On distingue, en effet, deux formes :

- *Les thermoplastiques* : qui fondent sous l'effet de la chaleur et se solidifient sous l'effet d'un refroidissement.
- *Les thermodurcissables* : leur transformation est irréversible ; une fois formé, ce plastique ne se déforme plus.

2.1.1. Historique de plastique

Pourtant, en 1963, l'invention récente du polypropylène et du polyéthylène, deux dérivés du plastique, était récompensée d'un double prix Nobel de chimie. Au même moment, l'introduction du premier sac en plastique constituait une petite révolution dans une société progressivement gagnée par la consommation de masse.

Dès l'Antiquité, les civilisations ont eu recours aux propriétés plastiques de l'ambre, du caoutchouc ou de la corne à travers leurs objets du quotidien. Il faut toutefois attendre la seconde moitié du XIX^{ème} siècle pour qu'apparaissent les premiers plastiques semi-synthétiques, obtenus à partir de matières naturelles modifiées par des produits chimiques.

En 1856, l'orfèvre Alexander Parkes dépose le brevet du premier plastique artificiel destiné à remplacer l'ivoire, alors importé massivement. Les découvertes s'enchaînent rapidement ensuite, de l'invention du PVC en 1880 à celles de la bakélite à partir de laquelle seront fabriqués les téléphones à cadran au siècle suivant.

La consommation de masse et la diversification auxquelles on assiste au sortir de la Seconde Guerre Mondiale ouvrent la voie à une industrie nouvelle dans laquelle la pétrochimie occupera une place de choix. Les nouvelles matières plastiques deviennent entièrement synthétiques et sont obtenues à partir du pétrole ou du gaz naturel, pour répondre aux besoins croissants des populations. Et un siècle plus tard, le matériau est passé de solution miracle à l'un des pires ennemis de notre planète (Andrady, 2011).

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

2.1.2. Cycle de vie de plastique

Le cycle de vie du plastique comprend plusieurs étapes clé, comme le montre l'illustration. Chaque étape est influencée par les principales parties prenantes telles que les producteurs, les transformateurs et les acteurs de la gestion des déchets. Comme pour les autres formes de pollution, ce système est conçu de façon à ce qu'aucun acteur ne soit tenu responsable des conséquences négatives de ces actions. Cette absence de responsabilité a conduit la situation actuelle de production insoutenable étude pollution croissante (Ericksen et al., 2015).

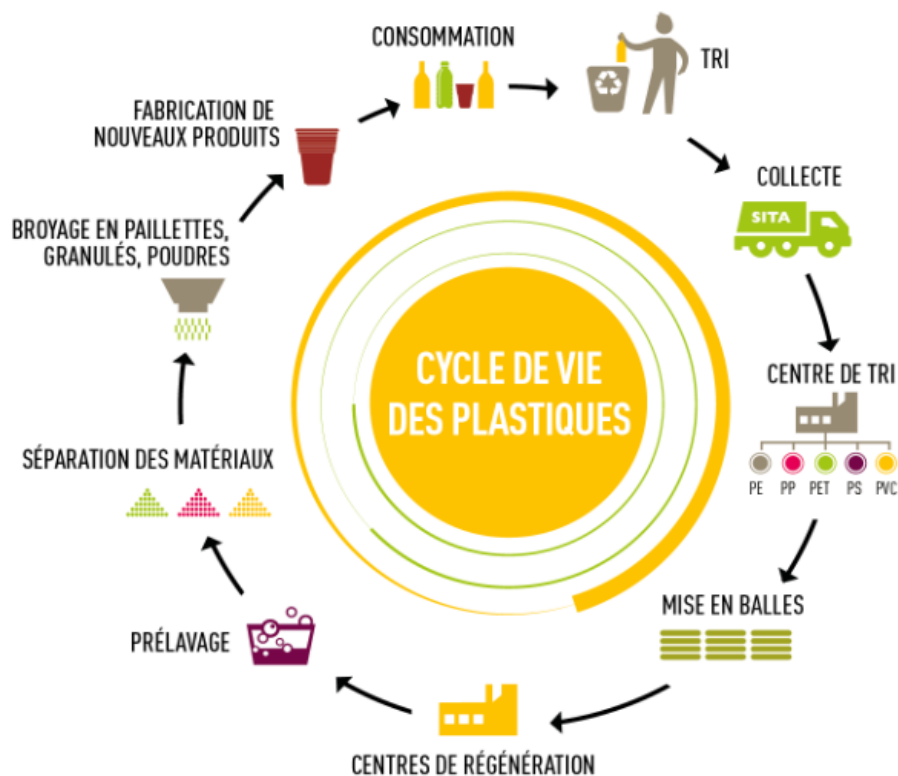


Figure 1: Cycle de vie du plastique

Conséquence majeure de cette absence de responsabilité de l'industrie, un tiers des déchets plastiques, soit 100 millions de tonnes, polluent la nature chaque année. La pollution plastique et les émissions de dioxyde de carbone sont un problème transfrontalier, car leurs impacts sont ressentis dans le monde entier (Chaabane, 2019).

2.1.3. L'origine de plastique

Le plastique est un composé synthétique fabriqué à partir des matériaux à base de carbone ; la plupart des matières plastiques sont dérivées du pétrole et d'autres matériaux fossiles, mais peuvent également provenir de source telle que la cellulose et l'amidon de maïs. On utilise très souvent le plastique en raison de sa longévité, mais cela le rend

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

également dangereux : la plupart des matières plastiques ne sont pas biodégradable et restent dans l'environnement (Jambeck et al., 2015). Les sources les plus souvent citées sont les textiles synthétiques (source largement majoritaire dans cette catégorie avec 6 millions de fibres pour une charge de 5 kg de ligne) ; les filets de pêche, et certaines peintures utilisées sur les navires ou en marquage routier :

- *Abrasion des textiles synthétiques* : Au cours des lavages dans les blanchisseries industrielles ou à domicile, l'abrasion des textiles est susceptible d'entraîner la perte de microfibrilles de plastique transportées vers les eaux usées, puis les eaux ou les sédiments et les sols. A titre informatif, le MED (2016) estime que les pertes de microplastiques s'élèvent à environ 900mg/kg de textile synthétique au long de son cycle de vie. L'arrivée des fibres synthétiques en STEU semble être 10 fois plus importante que les apports cosmétiques. Le lavage d'un seul vêtement synthétique peut reléguer plus de 1900 fibres (polyester, acrylique, polyamide). S'y ajoute l'abrasion à sec des textiles d'ameublement (draps, rideaux, tapis et moquettes, housses d'assise...) qui pénètre les milieux environnementaux à l'occasion des échanges air intérieur-air extérieur et contribuent aux retombées atmosphériques (Parker, 2018).

- *Abrasion des traçages routiers* : Réalisés le plus communément à partir de thermoplastiques, les traçages routiers sont susceptibles de s'éroder sous l'effet des contraintes climatiques et du passage des véhicules. Les microplastiques résultant sont ensuite dispersés dans l'environnement sous l'action du vent, ou via le lessivage des sols par les eaux de pluie.

- *Pêche*: La dégradation de matériel de pêche est une source de microplastiques dans les mers et les océans, ainsi que dans les lacs de grande surface, où les débris sont observés en eau libre. Dans les rivières, ils sont plutôt observés en estuaire ou comme éléments ingérés par les espèces aquatiques.

- *Usure des pneus* : Il convient de garder en mémoire l'usure des pneus comme importante source de démission vers l'environnement (MED, 2016).

2.1.4. Caractéristiques particulières des plastiques dans l'océan

Des nombreuses caractérisations ont permis de déterminer les types de plastique qui se trouvent dans les océans du monde. On parle donc principalement du polyéthylène (PE), du polypropylène (PP), du polychlorure de vinyle (PVC), du polystyrène (PS et EPS), du polyuréthane (PUR) et du polyéthylène téréphtalate (PET). On décompte aussi des résidus

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

d'acétate de cellulose qui composent les filtres de cigarette, ainsi que du polycarbonate. Comme le rapportent (Eriksen et al. 2017).

Dans la plupart des caractérisations effectuées pour analyser les plastiques dans l'Océan, cinq principaux types de résidus sont répertoriés : les fragments, les billes de plastique, les fils, les pellicules minces et la styromousse.

Tableau 1: Types des particules de plastiques

Type des particules	Pourcentage (%)	Certitude des résultats (Analyse par MicroPhazir)	Tailles
PE (polyéthylène)	60,8%	97%	Les tailles varient entre 0-5mm et >5
PP (polypropylène)	31,5%		
PS (polystyrène)	5%		
PA (polyamide)	1,6%		
PVC (Polychlorure de vinyle)	1,1%		

Les plastiques peuvent être classifiés en trois catégories : les macroplastiques, les mésoplastiques et les microplastiques (MPs). Les premiers sont des morceaux de taille inférieure à cinq millimètres, les seconds généralement entre 5 et 25 millimètres et les dernières ont un format supérieur à 25 millimètres. Il n'existe pas de consensus au sujet de la taille exacte des fragments de plastique. Certains chercheurs ajoutent même la catégorie des nanoplastique qui, bien qu'incluse dans la catégorie des MPs, est de plus en plus étudiée. Cette catégorie prend en compte les particules de moins de 100 nanomètres. En ce qui concerne les MPs, plusieurs auteurs proposent de les séparer en deux groupes :

- *Les MPs primaires* : appelés "pellets", fabriqués en très petite taille, ils sont utilisés principalement dans les produits cosmétiques et hygiéniques

Les MPs primaires sont fabriqués aux fins prévues, tels que les abrasifs et les granulés dans les industries et principalement sous forme d'exfoliants ou de microbilles dans les produits domestiques. Par exemple : les microbilles présentes dans les produits cosmétiques (Chaabane, 2019).

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

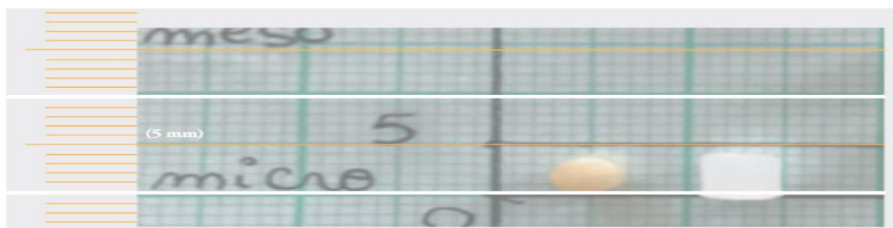


Figure 2: MPs primaires

- Les MPs secondaires : issus des débris plus volumineux subissant de la transformation physique et chimique.

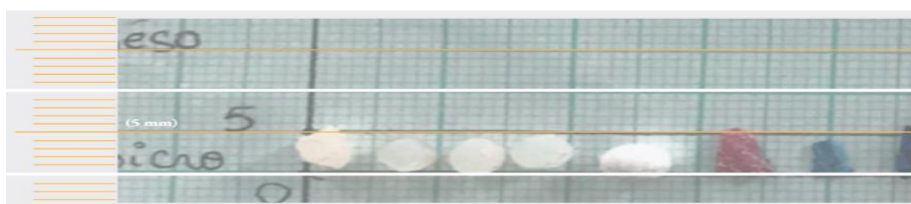


Figure 3: MPs secondaires

La figure suivante représente le classement des différents types des polluants plastiques, selon la taille (Chaabane, 2019):

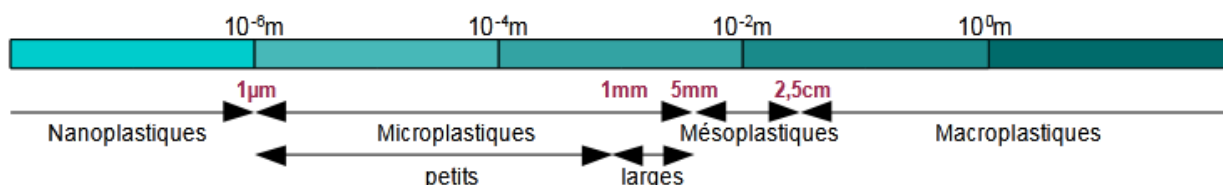


Figure 4: Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille

2.1.5. Dégradation des débris de plastique

Les matières plastiques sont connues pour leur stabilité et leur durabilité, en particulier les plastiques dit «conventionnels» (par opposition à biodégradables), produits en très grandes quantités depuis les années 50. Les plastiques présents dans les milieux marins sont soumis à plusieurs mécanismes de fragmentation qui les transforment en microparticules de moins de 5 mm de grosseur. Parmi les causes de fragmentation des particules de plastique dans l'Océan, on compte la dégradation thermo-oxydative, l'hydrolyse, la biodégradation, la consommation par la microfaune ainsi que l'abrasion le long des côtes (Eriksen et al., 2017).

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

La bioaccumulation, d'une part, est l'absorption de contaminants dans un organisme par ingestion ou par contact. Plus une substance est lipophile, plus il sera difficile pour l'organisme de la métaboliser et de l'évacuer; elle sera intégrée dans les graisses de l'animal.

La bioamplification, d'autre part, correspond à l'accumulation de contaminants dans la chaîne alimentaire. En d'autres mots, l'ingestion par une espèce d'une autre espèce contaminée entraînera la contamination du prédateur. Il existe donc des cas de bioaccumulation sévères au sommet de la chaîne alimentaire.

Le temps de dégradation des plastiques dans les océans étant de plus de 100 ans, des zones d'accumulation se créent, appelées gyres océaniques (Eriksen et al., 2017).

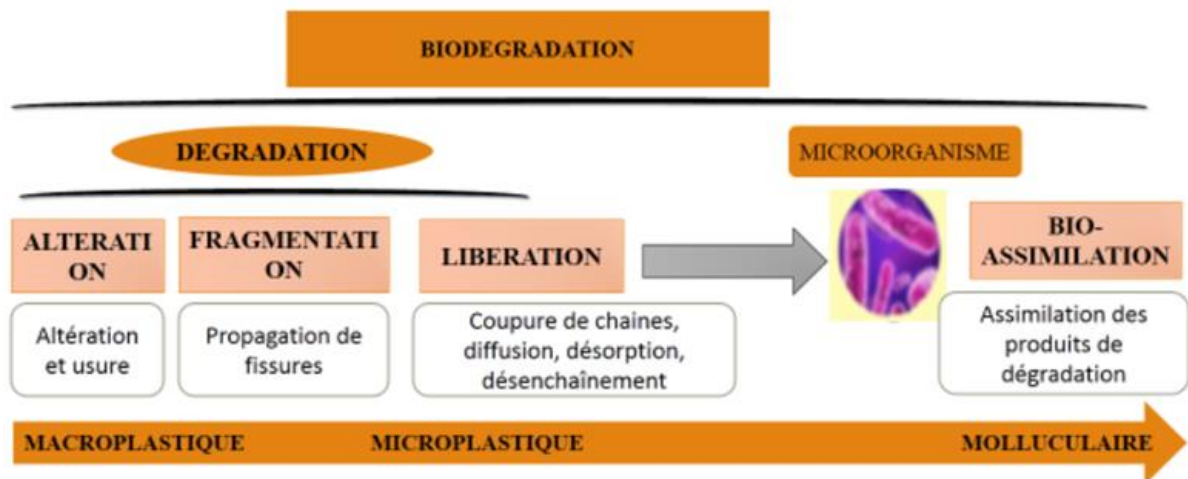


Figure 5: Dégradation de plastique (Lehner, 2015).

2.2. La pollution par le plastique

L'organisation des Nations Unies (l'ONU) pour l'environnement a publié, le 5 juin 2018, un rapport sur le plastique. Elle y dresse un constat alarmant sur la consommation mondiale des emballages et des sacs en plastique et propose une feuille de route pour les gouvernements, les entreprises et les citoyens afin d'enrayer la pollution causée par ce matériau. Selon les chiffres de l'ONU, environ 5000 milliards de sacs en plastique sont consommés chaque année dans le monde, ce qui représente 10 millions de sacs minute. Or, seulement 9% des 9 milliards de tonnes de plastique produit sur terre sont recyclées.

Le reste est jeté soit dans des décharges soit dans la nature, les mers et les océans, causant un véritable fléau mondial. Car, dans tous les types de milieu, le plastique met des milliers d'années à se décomposer, s'il n'est préalablement avalé par les animaux. L'ONU assure que des concentrations élevées dans les voies respiratoires et les estomacs de

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

centaines d'espèces animales. Le rapport souligne qu'environ 13 millions de tonnes de plastique pénètrent dans nos océans chaque année, nuisent à la biodiversité, aux économies et à notre propre santé (Chaabane, 2019).

2.3. Le plastique dans l'environnement (rivières, mer, océan...)

La présence de microplastiques (MPs) est observée dans tous les océans, même les zones polaires. Sur les 141 échantillons d'eau marine prélevés en surface dans plusieurs océans, 88 % contiennent des MPs, avec des concentrations variant largement (4 ordres de grandeur). Alors que la présence de débris plastiques est remarquée à la surface des océans depuis les années 70, un nouveau paramètre apparaît met en évidence la présence de déchets microscopiques, invisibles à l'œil nu, les MPs (MP ; <5mm) (Veerasingam, 2016). Ces MP sont utilisés directement par les industriels (MP primaires) ou proviennent de la fragmentation de plus gros déchets sous l'effet de l'eau (hydrolyse), de la lumière (photo dégradation), des turbulences océaniques (fragmentation mécanique) et des organismes vivants (biodégradation) (MP secondaires). Néanmoins, ces particules plastiques ne restent pas indéfiniment dans les eaux de surface. Selon leurs propriétés (e.g. densité) et leurs interactions avec les organismes vivants (e.g. ingestion), la distribution des MP peut fluctuer dans la colonne d'eau, devenant disponibles pour une large gamme de taxons benthiques et pélagiques (Jambeck et al., 2015).

2.4. Le plastique dans le système alimentaire (dans les poissons)

Chaque année, plus de huit millions de tonnes de déchets plastiques se retrouvent dans les océans, provoquant la mort de près d'un million d'oiseaux marins, une centaine de milliers de mammifères marins et d'innombrables poissons.

En Chine, neuf des espèces de mollusques et crustacés les plus populaires dans le commerce ont été contaminées par des MP. Il est probable que les moules cultivées sur des lignes de polypropylène aient été contaminées par des MP. En raison de la contamination des mollusques et crustacés par des MP, on estime que les consommateurs européens de mollusques et crustacés ingèrent jusqu'à 11000 particules MP par an. Des MP ont été trouvés dans des espèces de poissons commerciales (benthiques et pélagiques) de la Manche, de la mer du Nord, de la mer Baltique, de l'Océan Indo-Pacifique, de la mer Méditerranée, de la mer Adriatique et de l'Atlantique Nord-Est. Tous les échantillons de poisson de la mer de Chine méridionale ont été contaminés par des MP (Chaabane, 2019).

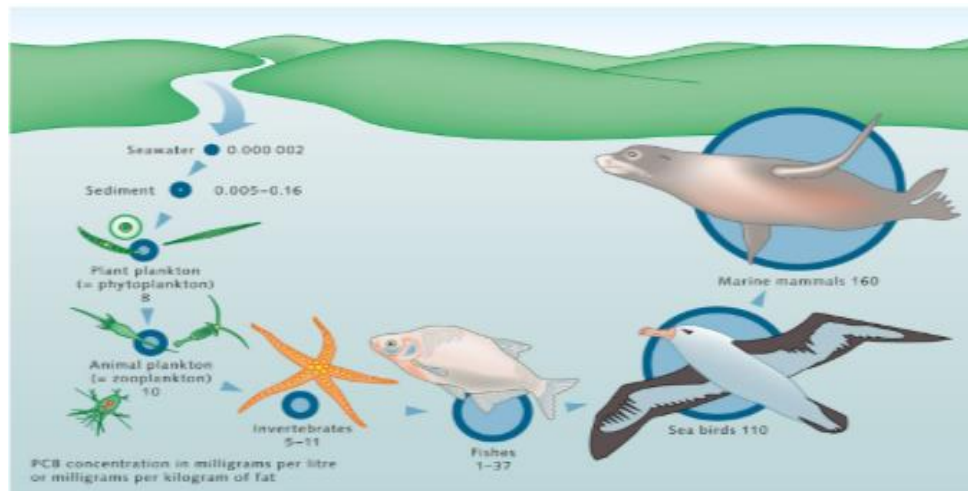


Figure 6: Bioaccumulation des PCBs dans la chaîne alimentaire marine.

2.5. Le devenir du plastique

On ne redoute que la quantité de plastique accumulée dans l'Océan entre 1950 et 2015 double d'ici 2030 étant donné le cycle de vie actuel du plastique. La pollution plastique des océans pourrait atteindre 300 millions de tonnes d'ici 2030, sur la base des prévisions actuelles de croissance de la population, du PIB par habitant et de la production actuelle des déchets plastiques par habitant. Cela représente assez de déchets pour fabriquer l'équivalent de 11 milliards de bouteilles en plastique de 500 ml. En outre, la pollution d'origine terrestre pourrait être beaucoup plus élevée d'ici 2030, étant donné que des preuves récentes suggèrent qu'il existe potentiellement quatre fois plus de plastique dans les écosystèmes terrestres que dans les océans (Hénaff et philippe, 2014).

2.5.1. Devenir des déchets marins

Une fois entrés dans l'environnement marin, les déchets peuvent s'arrêter près du point d'entrée, parcourir de courtes distances ou des milliers de kilomètres. Leurs déplacements verticaux et horizontaux dépendent de leurs densités, qui peuvent être modifiées au cours du temps par différents processus. Tant que leurs densités sont supérieures ou égales à la densité de l'eau de mer, ils sont dispersés horizontalement, mais pas verticalement. Dans le cas contraire ils se dispersent également sur une composante verticale. Cette dispersion peut être stoppée, au moins temporairement, en cas d'échouage sur le littoral. De part ces processus, des déchets sont retrouvés dans tous les compartiments marins, de la cote au large, de la surface au fond, d'un pôle à l'autre (Hénaff et philippe, 2014).

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

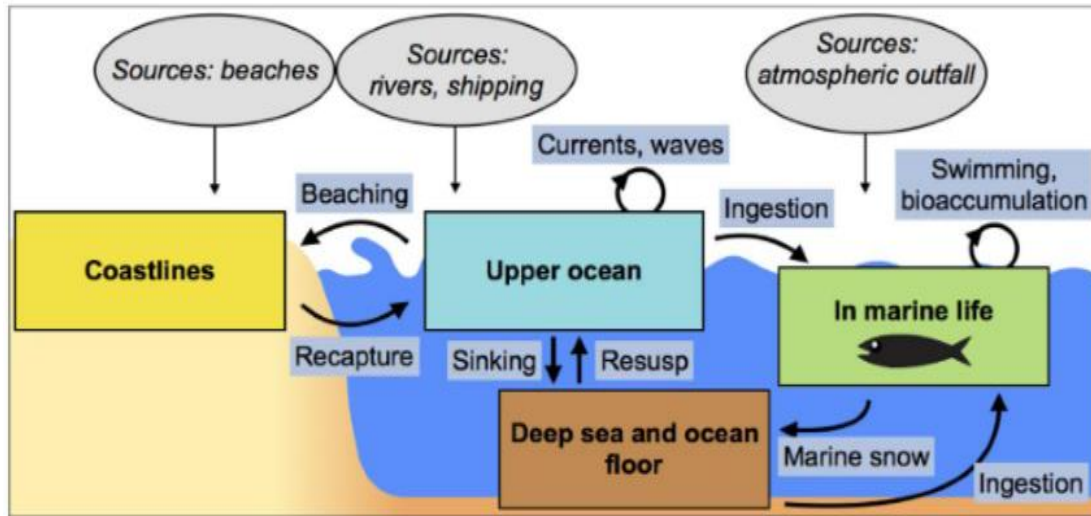


Figure 7 : Devenirs des déchets dans les environnements (Hénaff et philippe, 2014)

2.5.1.1. Dans les océans

Dans la majorité de la littérature, le seuil de détection des débris plastiques est de 330 μm qui correspondent à la maille des filets Mana ou Neuston communément utilisés pour déterminer la quantité de débris à la surface des océans. Or, une récente étude a démontré que l'augmentation de l'abondance en MP suivait une loi de puissance 2,2 entre 1mm et 30 μm . En outre, que ce soit dans les organismes, la glace de mer, le sédiment ou la colonne d'eau, les petits MP (10-100 μm) représentent plus de 70% de l'abondance. Du fait de ces résultats et de fragmentation continue des déchets plastiques jusqu'à la taille nanométrique, des niveaux élevés de contamination par les NP sont attendus (Parker, 2018).

2.5.1.2. Devenir du plastique en mer

Le devenir des plastiques en mer reste donc aujourd'hui un sujet de recherche émergent qui suscite de nombreuses questions pour la communauté scientifique. Ces questions peuvent actuellement se répartir en trois grands domaines que sont les impacts à long terme de telles quantités de plastiques sur les organismes et sur le fonctionnement des écosystèmes et les risques pour les sociétés humaines et finalement les solutions à privilégier pour le futur. En France, la communauté scientifique s'est emparée de ce sujet assez récemment. Cette communauté est caractérisée par une grande pluridisciplinarité, une dispersion sur tout le territoire, et une appartenance à différents organismes de recherche. Elle s'est fédérée en 2019 dans un Groupement de Recherche nommée «Polymères et Océans», qui rassemble des chercheurs affiliés à la communauté

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

internationale et l'industrie, cette plateforme permet de nombreux échanges scientifiques qui ont pour but à trouver les meilleures solutions (Parker, 2018).

2.6. Les impacts des débris plastique

Les déchets marins peuvent impacter la flore et surtout la faune marine par leurs caractéristiques physiques mais aussi par les polluants qui les composent ou qui sont adsorbés à leurs surfaces (Exp : polluants associés aux matériaux plastiques).

2.6.1. Impact directe des déchets marin

Les voies d'expositions des organismes marins aux déchets peuvent être externes ou internes. Les déchets peuvent s'accumuler à la surface des organismes, provoquant des recouvrements, des étranglements, des obstructions. Ils peuvent aussi s'accumuler à l'intérieure des organismes après ingestion. Thompson (2015) a répertorié 292 publications (avant 2015) indiquant des incidents d'ingestion ou d'étranglement entre les débris anthropiques et les organismes marins. Ces incidents concernaient 44006 individus de 395 espèces. L'étranglement entraînait la mort dans 79% des cas contre seulement 4% par ingestion. Parker (2018) ont répertorié l'ingestion de déchets pour toutes les espèces de tortues marines (7 espèces), 25 espèces de baleines sur 80,22 espèces de phoques sur 33 et 103 espèces d'oiseaux sur 406 examinés. Bien sûr, ces chiffres antérieurs à 2015 ne peuvent qu'augmenter par la suite. Les contacts entre les déchets et les organismes marins ont été observé pour tous les niveaux trophiques et toutes les grandes familles faunistiques : oiseaux, mammifères, poissons et même les invertébrés (vers, amphipodes, moules, huitres, échinodermes, zooplancton, etc.). Cette pollution est ubiquiste car elle sévit dans toutes les régions océaniques et touche tous les compartiments marins. Les déchets marins peuvent également impacter indirectement les écosystèmes marins en transportant des espèces exotiques ou pathogènes (Thompson, 2015).

2.6.2. Impacte indirecte des déchets marin

Les plastiques sont composés de polymères et d'additifs parfois toxiques qui peuvent être relégués dans le milieu marin. Les plastiques possèdent également la capacité d'adsorber à leur surface des métaux (plomb, cuivre, cadmium, etc.) et des composés hydrophobiques, incluant des polluants organiques persistants (POP), tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques et d'autres polluants persistants bioaccumulables et toxiques tels que les pesticides et les composés halogénés (Parker, 2018).

78% des substances chimiques classés comme polluants prioritaires par l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (EPA) sont retrouvés associés aux déchets

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques

plastiques marins. Leurs faibles solubilités dans l'eau les contraignent à s'attacher à d'autres matrices hydrophobes (sédiment, matière organiques, plastique, etc.). La vitesse de dissolution dépend de la taille des particules, du type de polymère et de hydrophobicité des contaminants. Cette dynamique est lente pour les POP, et dépend de l'épaisseur du plastique. Les déchets peuvent donc traverser de longue distance avant de libérer des POP vers le milieu marin. La digestion peut également faciliter la diffusion des polluants des déchets plastiques vers les tissus de l'organisme. Ces polluants peuvent ainsi être bioaccumulés dans les organismes marins et biomagnifiés à travers la chaîne alimentaire. Dans ce dernier cas, la biodisponibilité des polluants augmente de la proie au prédateur.

En termes d'impact environnemental, le taux de dégradation des plastiques présente un paradoxe. La grande résistance des plastiques permet d'augmenter leurs durées d'utilisation et ainsi de ralentir leurs mises aux rebus. Dans l'environnement cette grande résistance, et donc le risque d'effet néfaste. Mais elle augmente aussi leurs probabilités de récolte, puisque seuls les MPs sont ramassés (Veerasingam, 2016).

2.7. Les risques de plastique et sa toxicité

Les MPs possèdent les mêmes caractéristiques toxiques que les plastiques de plus grande taille, mais en raison de leurs petites tailles, les voies et les niveaux d'expositions sont différentes et touchent un plus grand nombre d'espèces. Comme pour les MPs, le danger provient de l'ingestion de MPs et des polluants associés. L'ingestion des MPs est possible par deux voies : directement par filtration, respiration ou prédation, ou indirectement via les transferts trophiques. Les MPs sont donc théoriquement disponibles pour l'ensemble du réseau trophique. De plus, une fois à l'intérieur, les plus petites particules ($<1\mu\text{m}$) peuvent être transférées à travers les tissus. Les MPs peuvent également obstruer les organes de digestion (Nathalie, 2014).

Des effets dus à l'ingestion de MP ont déjà été observés, à toutes les échelles. Chiba et al. (2018) ont observé une réduction de la stabilité membranaire des lysosomes avec une production de radicaux libres. Au niveau neurologique, une enzyme impliquée dans la neurotransmission de processus physiologiques fondamentaux, semble se réduire tout comme chez des poissons.

Chapitre I : Généralité sur les débris de plastiques



Figure 8: *Ingestion de déchets de plastique par le fulmar (*Fulmarus glacialis*)*

Nathalie, (2014) a observé une réduction du glycogène, une vacuolisation des graisses et la formation de liaison au niveau tissulaire après avoir nourri un poisson (*Oryziaslatipes*) avec des microbilles de PE. Chiba et al., (2018) ont rapporté la formation de granulocytes suggérant une inflammation des tissus.

Selon Veerasingam (2016), des atrophies et des décollements de la paroi épithéliale chez des vers de terre exposés a très grandes concentrations de MP ($> 125 \text{ mg kg}^{-1}$; PE de 0,25 à 1mm) ont été remarqués. Jusqu'à maintenant aucun signe d'autophagie ou de tumeur n'a été trouvé ou étudié. Au niveau de l'organisme, l'effet sur les capacités physiques n'a pas observé d'impact sur la capacité de nourriture. Une incidence des MPs sur l'allocation de l'énergie cellulaire a été constatée.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Description du littoral d'El Kala

Le littoral d'El Kala est situé à l'extrême Est de la côte Algérienne, il s'étend sur environ 50 Km du Cap Rosa à l'Ouest ($8^{\circ}15'$ E et $36^{\circ}58'$ N), au Cap Segleb ou Cap Roux (la frontière Tunisienne) à l'Est. La zone côtière majoritairement constituée de substrat dur est caractérisée par une côte découpée, prolongée en récifs, îlots, falaises, traduisant un milieu physiquement diversifié. Le plateau continental est relativement étroit à l'Est et s'élargit à l'Ouest, les isobathes -20 m et -100m sont en effet situés à 7 Km à l'Est et atteignent 30 Km à l'Ouest. Le littoral généralement intégré au détroit de Sardaigne duquel il est très proche, est le siège d'intenses transports de l'Eau Atlantique Modifiée, coulant en surface vers l'Est et de l'Eau Levantine Intermédiaire qui coule en profondeur vers l'Ouest (Gherram, 2009)

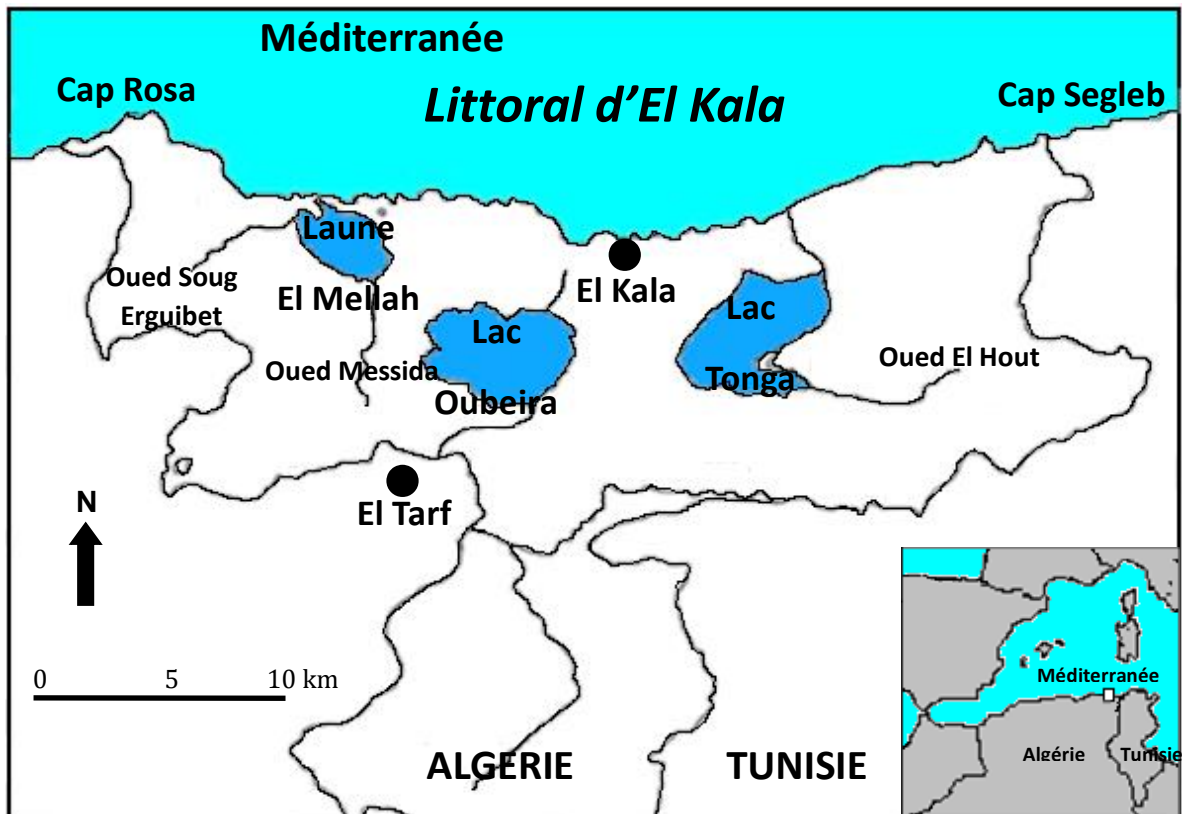


Figure 9: Situation géographique du littoral d'El Kala.

Le littoral d'El Kala est composé de formation corallienne abritant plusieurs espèces de poissons. Bien qu'interdite par une loi de 1998, la pêche du corail rouge prend des proportions alarmantes en Algérie. Les fonds marins sont infiltrés par les courants d'eaux douces riches en nutriments provenant des lacs côtiers et qui, au fil du temps, ont façonné un monde sous-marin d'une incomparable beauté où foisonne une vie aquatique qui

Chapitre II : Matériels et méthodes

singularise les rivages de la réserve d'El Kala. Le littoral est formé également de plages, de dunes, de falaises de grès et de grottes qui sont des lieux de nidification de nombreuses espèces d'oiseaux. La fixation des dunes littorales, d'une altitude variant entre 20 et 120 m, est tributaire d'une végétation abondante et diversifiée. Le domaine marin comprend une très forte diversité d'espèces et d'habitats: selon les estimations, les deux tiers des espèces représentatives de la biodiversité méditerranéenne y figureraient (Grimes, 2005).

1.2. Climat

La zone d'étude est sous l'influence d'un climat méditerranéen, à fort contraste saisonnier (pluvieux en hiver et sec en été) et est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses de la frange littorale maghrébine, recevant chaque année en moyenne entre 700 et 900 mm de pluie (Gunie, 2002). Deux phénomènes météorologiques conditionnent cette forte pluviosité: les perturbations cycloniques d'origine atlantique, de l'ouest et du nord-ouest d'une part et les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, d'autre part. De plus, sa situation littorale mais aussi l'existence de nombreuses zones humides (naturelles et artificielles) entraînent une importante évaporation et les vents nord-ouest (dominants en hiver) sont souvent porteurs d'humidité et tout ceci génère, également, de fortes précipitations (Gunie, 2002).

1.3. Apports continentaux

Les eaux de ruissellement de plusieurs bassins et sous-bassins versants tendent à s'accumuler, d'où la présence de plusieurs habitats humides de typologie variée qui forment le grand complexe de zones humides d'El Kala, parmi lesquelles les plus importantes forêts humides d'Algérie (De Bélair, 1990). Le littoral d'El Kala reçoit des extrusions continentales des deux oueds qui sont assez distincts notamment en termes de caractéristiques hydrographiques. Les eaux de l'oued Soug Erguibet (Bouarroug), à débit moyen, coulent pendant toute l'année avec une petite augmentation du débit pendant la saison hivernale. L'oued traverse sur une grande partie de son cours, la réserve naturelle de Brabtia pour se jeter dans le lac Mellah où il forme un véritable delta au Sud de ce lac. Le débit de l'oued semble bien alimenté car celui-ci coule toujours avec un bon débit même pendant les plus fortes années de sécheresse (De Bélair, 1990). D'autre part, avec une longueur totale estimée à 60,4 km et un débit de crue pouvant atteindre 2 000 m³/s, l'oued El-Kébir, prend sa source en Tunisie. De faible importance au départ, il conflue avec l'oued Bougous au niveau du barrage de la Mexana. Lors des grosses pluies d'hiver, les eaux de cet oued envahissent le marais au Nord d'El-Tarf et par l'oued Messida rejoignent

Chapitre II : Matériels et méthodes

le lac Oubeira. L'oued El-Kébir avec ses affluents (Guergour, Dardan, Bou-Halloufa) et Bounamoussa (Soudan, Guerriah) confluent et forment ainsi l'artère hydrologique qui draine les eaux de la région jusqu'aux marécages de la Mekkada (De Bélair, 1990).

1.4. Anthropisation et occupation des sols

Comme beaucoup d'espaces littoraux méditerranéens, la wilaya d'El Tarf, où se situe le PNEK, est caractérisée par une forte croissance démographique, de près de 3 % en moyenne par an (Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière, 2011). Le Parc abrite une population sédentaire estimée à 125000 en 2004, répartie sur une superficie de 1208 km² soit une densité moyenne de 105 hab/km². En effet, la répartition humaine est en rapport avec le rang administratif et la catégorie de la route. En 2007, la population a augmenté de 135 000 habitants. La région est incontestablement à vocation agricole. C'est le secteur qui est le plus gros pourvoyeur d'emplois permanents et saisonniers (Ouelmouhoub, 2005). La prédominance des activités primaires est encore plus marquée dans les zones rurales littorales du parc, où la moitié des revenus des ménages provient de l'exploitation des ressources naturelles. La plupart des ménages ruraux de cette partie littorale pratiquent une agriculture peu intensive sur de petites superficies (Dahou, 2010). Les exploitations sont essentiellement situées sur des terrains autour des lacs, et étant donné l'inondation des terres basses pendant l'hiver, l'agriculture ne se pratique qu'une seule saison. Les populations du PNEK pratiquent également un élevage extensif qui ne perturbe pas les espaces aquatiques, dans la mesure où les bêtes se nourrissent surtout des pâturages situés dans les zones forestières. Le nombre de têtes par ménage est assez peu élevé et cette activité est principalement un motif d'épargne. La superficie de l'espace forestier prédomine dans toute les communes de la région du parc. Cette superficie représente 69% de la superficie totale. L'industrie, au sens propre du terme, est pratiquement inexistante dans le Parc National et par extension dans toute la wilaya. La protection apportée par la création du Parc National au début des années 80 et l'opposition apparue localement contre une industrie de pâte à papier sur les bords du lac Oubeira ont découragé les promoteurs de ces secteurs d'activité (Ouelmouhoub, 2005).

1.5. Activités de pêche

Au niveau du port d'El Kala, la pêche a connu la même dynamique d'expansion que dans les autres zones du pays : la population du secteur, d'un millier de marins en moyenne dans les années 1990, a doublé dans les années 2000, tandis que la production sur la période a connu la même évolution, passant de 1500 à un peu plus de 3000 tonnes. La

Chapitre II : Matériels et méthodes

pêche a profité de la forte expansion démographique des zones côtières, suite à l'exode rural massif de la dernière décennie du siècle passé. Pourtant, dans le plan de gestion future, la pêche est présentée comme une activité peu développée par rapport au potentiel halieutique de la zone. La flotte en activité est composée d'une centaine d'unités de pêche artisanale et d'une dizaine de chalutiers. Les services des Pêches tentent actuellement de développer l'activité à hauteur du stock exploitable, estimé à 8 000 tonnes (Grimes, 2005).

2. Echantillonnage et mensuration des poissons

2.1. Echantillonnage

Notre manière d'échantillonnage consiste en un achat de poissons durant la période Mars-Avril 2022. Les espèces de poisson (objet d'études) capturées au niveau du littoral d'El Kala ont été achetées à partir des poissonneries de l'avant-port de pêche, transportés immédiatement dans une glacière vers les laboratoires pédagogiques à l'université Abbes Laghrour de Khenchela pour mensuration et analyses. Les 4 espèces choisies 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.

2.1.1. *Sardinella aurita*

- **Description de l'espèce:** La sardinelle ronde a un corps fusiforme et subcylindrique, ventre arrondi. Opercule lisse, bord postérieur de la fente operculaire avec 2 excroissances charnues; œil moyen sommet du crâne avec nombreuses stries (Fisher et al., 1987).

Coloration: Dos bleu-vert, flancs argentés, avec à mi-hauteur une ligne dorée pâle précédée d'une tache dorée en arrière de l'opercule; une tache noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule (absence de pigment argenté sous-jacent); dorsale jaune plus ou moins foncé, ombrée sur le bord distal, à rayons antérieurs noirs, mais pas de tache noire à l'origine de la dorsale; pectorales jaune pâle moucheté de brun; caudale jaune très clair près de la base, le reste sombre avec les pointes très foncées ou noires.

Taille : Maximum : 33 cm ; commune de 15 à 25 cm.

Habitat et biologie : Espèce pélagique côtière, rencontrée près de la surface des eaux littorales jusqu'à 350 m de profondeur au-delà du plateau continental. Grégaire, se déplace en bancs qui effectuent des migrations saisonnières liées à la température de l'eau et à la richesse en plancton. Remonte en surface pendant la nuit. Se reproduit pendant toute l'année dans les eaux superficielles mais surtout de mi-juin à fin septembre en Méditerranée ; ne se reproduit pas en mer Noire. Première maturité à 14 cm. Se nourrit

Chapitre II : Matériels et méthodes

essentiellement de zooplancton (surtout de copépodes), de larves et alevins de poissons mais aussi de phytoplancton.

Pêche et utilisation : Pêche semi-industrielle (Espagne, Tunisie, Maroc et Chypre) et artisanale.

Engins : sennes coulissantes et de plage, filets lamparos et filets maillants de fond, chaluts de fond et pélagiques, barrages. Régulièrement présente sur les marchés en Espagne, au Maroc et en Tunisie, occasionnellement à rarement ailleurs ; est commercialisée fraîche, congelée, salée, en conserves, ou sous forme d'huile ou de farine de poisson ; est également très utilisée comme appât pour la pêche aux palangres (Valenciennes, 1847).



Figure 10: Caractéristiques morphologiques de l'allache *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847)

2.1.2. *Sardina pilchardus*

- **Caractéristiques distinctifs de l'espèce:** Cette espèce possède un corps élancé, de section ovale. Une série de scutelles sur le profile ventral, mais ne formant pas de carène très aiguë. Mâchoires subégales; partie inférieure de l'opercule avec 3-5 stries rayonnantes très marquées; bord postérieur de la fente operculaire sans excroissances charnues; branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps, anale très en arrière de la dorsale, les 2 derniers rayons nettement plus longs que les autres, pelviennes à 8 rayons insèrent sous la base de la dorsale.

Coloration: L'espèce est caractérisée par un dos vert ou olive, la présence des flancs dorés devenant blanc argenté sur le ventre et une série de taches sombres sur le haut des flancs avec parfois une deuxième ou même une troisième rangée au-dessous (Bauchot et Pras, 1987).

Taille : La taille maximale de *Sardina pilchardus* est de 25 cm avec une taille commune de 15 à 20 cm.

Répartition géographique: La sardine, *Sardina pilchardus* est rencontrée tout le long des côtes atlantiques et méditerranéennes. En Méditerranée, la sardine se trouve tout le long de

Chapitre II : Matériels et méthodes

la bordure Nord des bassins occidental et oriental, des côtes espagnoles jusqu'au sud de la Turquie, en mer Égée et en mer Noire. Sa présence est rare dans le bassin oriental et au large des côtes libyennes (Fischer et al., 1987). En Atlantique Est, son aire de distribution se prolonge de la mer du Nord au Sénégal, aux archipels des Açores, de Madère et des Canaries. Sur la côte du Nord-Ouest de l'Afrique, l'aire d'extension des sardines est très liée à celle des Upwellings côtiers et sa distribution se limite aux isothermes de surface 12 à 20°C (Bauchot et Pras, 1987).

Habitat et élément de biologie: La sardine est un poisson pélagique côtier, (jusqu'à 180 m de profondeur), grégaire qui forme de vastes bancs dans les couches supérieures des eaux côtières et effectue de grandes migrations, sa présence est souvent associée à celle de l'anchois (Fisher et al., 1987). Les bancs peuvent être composés d'individus d'âges et de sexes différents mais de tailles équivalentes. En cas de fortes abondances, les bancs ont tendance à être mono spécifiques. En revanche, si la sardine est moins abondante, les bancs seront composés de plusieurs espèces de petits pélagiques, notamment des anchois et/ou des chinchards. La reproduction se passe de septembre à juin en Méditerranée, de juin à août en mer Noire (Bauchot et Pras, 1987).

Pêche et production: la pêche est semi-industrielle et artisanale. Les poissons pélagiques (sardines, anchois, maquereaux, sparts et sardinelles) sont les espèces les plus importantes en termes d'intérêt commercial et de biomasse (FAO, 2005). Les deux principaux métiers qui exploitent la sardine sont les senneurs et chaluts constituent la plus grande part des captures marines mondiales. En Méditerranée, ils totalisent presque 50 % des débarquements totaux annuels de pélagiques. La pêche à la sardine est une activité influencée par les conditions hydrologiques et climatiques, car la température agit directement sur la localisation et la concentration des bancs de sardines et donc sur l'accessibilité aux flottilles de pêche (F.A.O, 2010). Dans les côtes algériennes, la pêche est effectuée à environ 60 m de profondeur (Gherram, 2009).

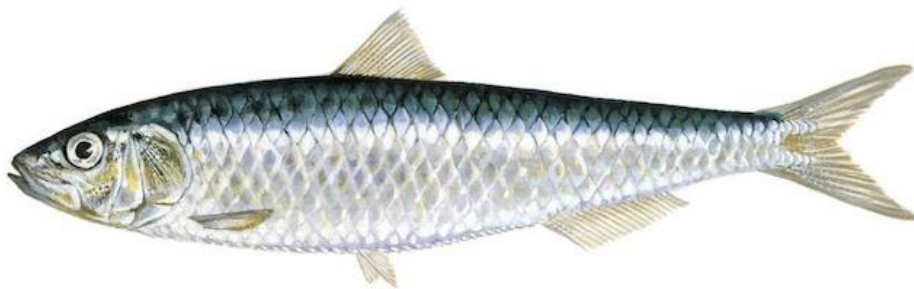


Figure 11: Photographie de la sardine *S. pilchardus* (Gherram, 2009)

Chapitre II : Matériels et méthodes

2.1.3. *Trachurus trachurus*

- **Description de l'espèce:** *Trachurus trachurus* (Corten et al., 1996) est un poisson semi-pélagique, il appartient à la famille des carangidés, le chinchard commun se trouve en Atlantique Nord, en Méditerranée et en Mer Noire. Il est très commun en mer Adriatique, en particulier au large des côtes près du plateau continental à des profondeurs de 80-200 m. Le total des prises commerciales du genre *Trachurus* a augmenté d'environ 1 million de tonnes en 1960 à plus de 6,5 million tonnes en 1995, puis a diminué à 2,5 million tonnes en 1999. Depuis le début des années 1970, la grande majorité de ces captures (20-75%) était constituée du chinchard du Chili (*Trachurus murphy*), pris dans le sud-est de l'océan Pacifique. Ces dernières années, le représentant le plus septentrional de la famille des carangidés est *Trachurus trachurus* (Corten et al., 1996) qui est classé deuxième dans les captures en 2000 (275.000 t, > 10% des captures totales, la FAO, 2000).

Répartition spatiale: Les espèces du genre *Trachurus* sont largement distribuées le long des côtes, dans les eaux océaniques de la zone tempérée, les mers tropicales et subtropicales. Ces poissons peuvent exister dans l'océan Atlantique (Gunie, 2002), l'Afrique du sud, la mer de Norvège, l'Islet, la mer du nord, la mer méditerranée, la mer de Marmara et la mer noire. Le chinchard commun fréquente le plateau continental et le bord du talus (-10 à -500 m) (Gunie, 2002).

Habitat: Le chinchard est une espèce pélagique qui vit en bancs (ICES, 2006). Ses préférences d'habitat sont mal comprises. Cependant, une variété de caractéristiques hydrographiques peut influencer leur distribution dont la température (Gunie, 2002).



Figure 12: Photographie de *Trachurus trachurus* (Gherram, 2009).

2.1.4. Boops Boops

- **Caractères descriptifs :** Le corps est fusiforme, peu élevé et très peu comprimé dans sa partie antérieure à section subcylindrique. L'œil est de grande taille, son diamètre est plus grand que la longueur du museau; écaillure dorsale dépassant légèrement le niveau

Chapitre II : Matériels et méthodes

du bord postérieur de l'œil; la bouche est petite, oblique avec des lèvres très minces; toutes les dents sont incisiformes, en une seule rangée aux deux mâchoires; les dents supérieures à 4 pointes, et les inférieures à 5 pointes. La nageoire dorsale est constituée de 13 à 15 épines et de 12 à 16 rayons mous; l'anale à 3 épines et 14-16 rayons mous; les pectorales sont courtes n'atteignant pas l'anus ; la caudale est fourchue (Fisher et al., 1987).

Coloration : dos bleuâtre ou verdâtre, flancs à reflets argentés ou dorés, marqués de 3 à 5 lignes longitudinales dorées; petite tache brune limitée à l'aisselle des pectorales; la ligne latérale est foncée avec nageoires claires.

Taille: La taille commune est de 10 à 25 cm (30 cm en mer Noire) avec une taille maximale 36 cm (Fisher et al., 1987).

Répartition et distribution géographique de l'espèce: La Bogue est une espèce démersale à épipélagique vivant au-dessus du plateau continental, surtout dans les fonds (sable, vase, roches et herbiers). Sa répartition verticale varie de 150 m à 350 m selon les saisons, côtière pendant l'été, elle regagne les fonds vaseux et profonds en hiver (Weinberg, 1995). Elle est très rependue en Méditerranée, le long des côtes Africaines du Cap-Vert jusqu'à l'Angola; Également dans l'Atlantique oriental dans la Scandinavie, Angleterre et l'Ecosse, dans l'Atlantique occidental. Elle est présente sur les côtes des Caraïbes et le golfe de Mexico (F.A.O, 2010).

Régime alimentaire: La bogue est principalement carnassière, omnivore et très vorace. Ces paridé se nourrit d'algues, d'éponges, de petits crustacés, et aussi de plancton ; tandis que les jeunes sont carnivores (Fisher et al., 1987).

Pêche: En Méditerranée, la bogue est pêchée à l'aide de filet à trémail, de senne de plage et coulissante, de filet lamparo et de chalut. La senne de plage constitue le meilleur moyen pour la capture des jeunes entre 0 et 40 mètres de profondeur. C'est généralement à partir du mois de mai qu'ils commencent à apparaître dans les prises; à mesure qu'on s'avance dans la saison d'été, leur nombre croit progressivement (Fisher et al., 1987).



Figure 13: Morphologie générale de la bogue *Boops boops* (Gherram, 2009)

Chapitre II : Matériels et méthodes

2.2. Mensurations

Tous les échantillons ont été soumis à une étude biométrique, ou les longueurs ont été mesurées à l'aide de la règle insérée et les poids à l'aide d'une balance à haute précision.

2.2.1. La taille

A l'aide d'une règle, nous avons mesuré la longueur totale des échantillons.



Figure 14: Préparation des échantillons pour la mesure de la longueur.

2.2.2. Le poids

Chaque individu est pesé à l'aide d'une balance afin d'obtenir le poids total (le poids du poisson entier = P_t).



Figure 15: Déterminer le poids total (PE).

Chapitre II : Matériels et méthodes

2.2.3. Dissection

Une fois les pesées et les mensurations sont réalisées, chaque individu a été disséqué à l'aide des outils de la trousse de dissection (des ciseaux chirurgicaux avec des pinces), en effectuant des ouvertures dans la cavité abdominale pour faire les prélèvements des gonades, du foie et de tube digestif. Afin d'empêcher la contamination externe de pénétrer dans le tube digestif, les échantillons ont été transférés dans des boîtes de pétries bien fermées.



Figure 16: Ouverture de la cavité abdominale des poissons.

Après la dissection, chaque individu est pesé à l'aide d'une balance afin d'obtenir le poids éviscère (PE) et le poids gastro-intestinal (Pgi) et mettre en fin le contenu abdominal dans des boîtes de Pétries.



Figure 17: Détermination du poids éviscéré (PE).

Chapitre II : Matériels et méthodes



Figure 18: Contenu abdominal du poisson dans une boîte de pétrie.

4. Identification de sexe et prélèvement de tractus digestif

Immédiatement après l'autopsie, l'appareil digestif nous apparaît clairement. A l'aide de pinces, nous le mettons dans la boîte de Pétri pour déterminer le sexe de chaque individu, les gonades qui prennent la forme d'un couteau blanc à jaunâtre indiquent un sexe mal, tandis que les femelles ont des glandes gonadiques sous la forme d'un sac allongé de couleur rose et rouge. Quant aux petits poissons, leur sexe n'a pas été déterminé par manque de clarté.



Figure 19: Détermination du sexe; A gauche : male ; A droite : femelle.

5. Identification et étude des microplastiques

Après avoir extrait le contenu du système digestif et connu le sexe de l'individu, à l'aide de pinces et de ciseaux, nous prélevons le contenu de l'estomac et des intestins et les mettons dans des boîtes de Pétri. Nous ajoutons à chaque échantillon deux ou trois gouttes de H_2O_2 , bien mélanger le contenu des boîtes de Pétri et étaler le contenu sur la boîtes. Les boîtes de Pétri sont marquées par un code court pour chaque individu examiné.

Chapitre II : Matériels et méthodes



Figure 20: Extrait le contenu de système digestif.

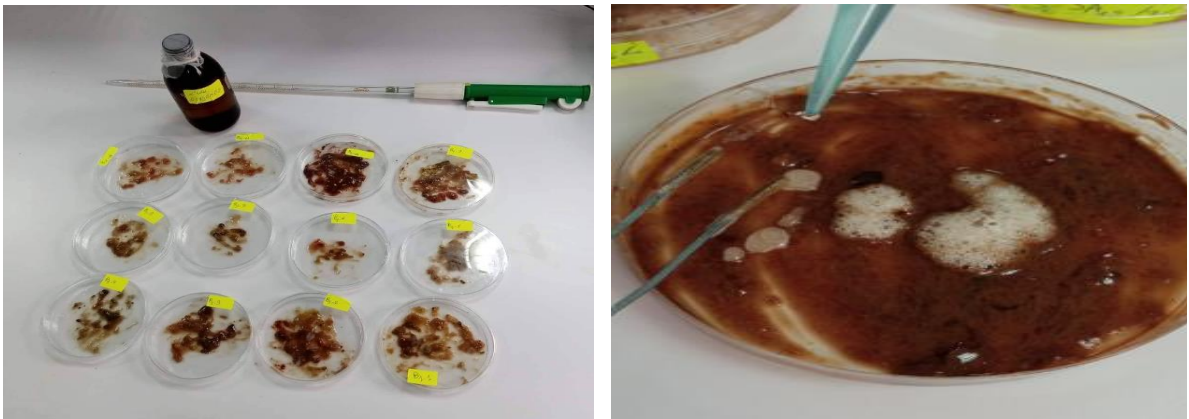


Figure 21: Ajout deux ou trois gouttes de l'eau oxygénée (H₂O₂)

Ensuite, nous mettons toutes les boîtes de pétrie dans un four de séchage à une température de 60° C pendant 24 heures.

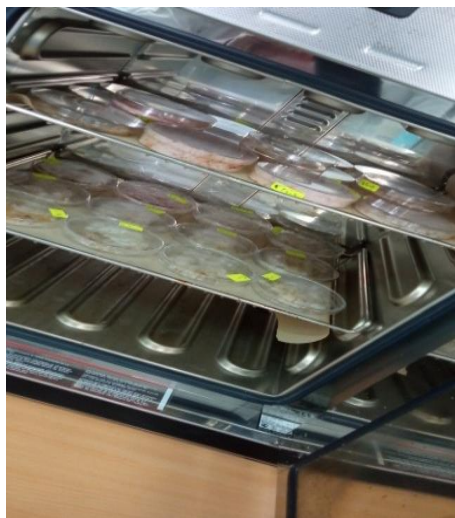


Figure 22: Boîtes de pétrie dans un four de séchage.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Enfin, nous passons à la recherche et l'identification de microplastiques à l'œil nu et sous une loupe binoculaire. Les stries ont été soigneusement examinées pour détecter la présence des particules de plastique, y compris le bord de la boîte de Pétri, ou les microplastiques adhèrent habituellement. Les particules ont été comptées et photographiées, et un logiciel de traitement d'image (image J ver :1.46r) a été utilisée pour mesurer la taille(longueur, diamètre...) de chaque particule (en mm).

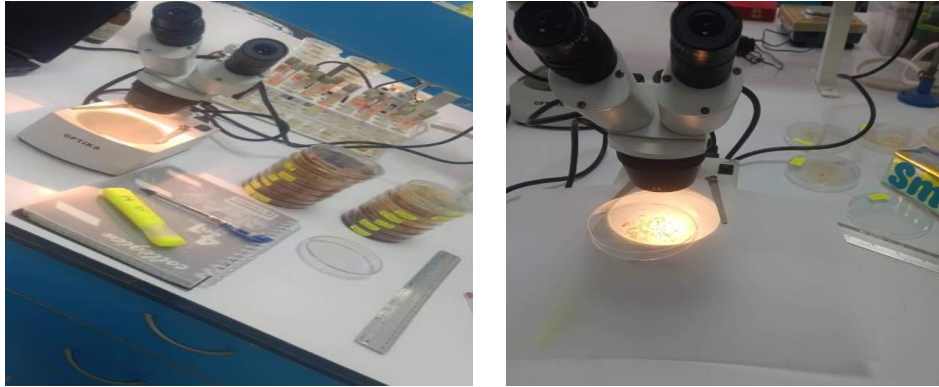


Figure 23: L'identification de débris de plastique sous microscope.

Les particules de MPs sont évaluées visuellement ([Hidalgo-Ruz et Thiel, 2012](#)). Les MPs sont classées selon ([Jabeen et al., 2016](#)) par forme en filament, pastilles et films.

Chapitre III :

Résultats et

discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Les paramètres biologiques

Des informations détaillées sur la biométrie des échantillons de poissons sont présentées dans le tableau 2. La mensuration des poissons a été effectuée pour déterminer des éventuelles relations entre les concentrations de microplastiques (MPs) dans le tractus gastro-intestinal des poissons et les paramètres biométriques.

Tableau 2: Résumé statistique des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf d'Annaba

Espèce	Nombre de spécimens (n)	Poids total moyens (Ptm) en gramme	Longueur totale moyenne (Ltm) en cm	Sexe ratio F:M:I
<i>Sardinella aurita</i>	15	56.40 (± 13.9)	19.58 (± 1.5)	7:4:4
<i>Sardina pilchardus</i>	9	36.35 (± 5.7)	16.69 (± 0.6)	8:0:1
<i>Trachurus trachurus</i>	10	71.25 (± 18.5)	19.71 (± 1.7)	2:8:0
<i>Boops boops</i>	9	71.77 (± 15.5)	19.63 (± 1.3)	7:2:0
	Total=43			Total=24:14:5

Les échantillons de poisson examinés montrent une diversité biologique importante. Les 43 individus couvrent une gamme de poids moyen entre 36.35 (± 7.5)g et 71.77 (± 15.5)g. *Trachurus trachurus* et *Boops boops* avaient le poids le plus important par rapport aux deux espèces de sardine (Tab. 2).

Concernant la longueur totale des quatre espèces de poissons, elle suit la même évolution que le poids, en effet, elle était plus élevée dans les échantillons de *Trachurus trachurus*, suivis des *Boops boops*, *Sardina pilchardus* et en fin *Sardinella aurita*. Il est à noter que pour les quatre espèces étudiées, les échantillons de *Trachurus trachurus*, *Boops boops* et *Sardinella aurita* ont une longueur moyenne identique tandis que les spécimens de *Sardina pilchardus* avaient une longueur totale moyenne moindre 16.69 (± 0.6)cm (Tab. 2).

Le sexe ratio (sexe femelle : sexe mal : sexe indéterminé) F:M:I=24:14:5 pour les 43 individus examinés. Les femelles dominant chez les deux espèces de sardine et chez la bogue alors que chez les spécimens de la saurel c'est les males qui dominant. Au total, on n'a pas pu identifier le sexe de 5 individus (Tab. 2).

Chapitre III : Résultats et discussion

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 niveau de contamination des quatre espèces de poissons par les débris de MPs s'avère très élevé en l'occurrence 42/43 spécimen contient au moins une particule de plastique dans son tractus gastro-intestinal. Le niveau de contamination varie entre 88,88% et 100% avec une moyenne de 97,22%. Il faut souligner par ailleurs que 100% des spécimens examinés de *Sardinella aurita*, *Trachurus trachurus*, *Sardina pilchardus* et *Boops boops* ont été contaminés par les débris de MPs alors qu'un seul spécimen de *Sardinella pilchardus* s'échappe de ce constat (Tab. 5).

Tableau 3: Nombre et pourcentages des individus contaminés par les MP.

Espèce	Nombre d'individu contaminé	Pourcentage
<i>Sardinella aurita</i>	15	100 %
<i>Sardina pilchardus</i>	8	88,88 %
<i>Trachurus trachurus</i>	10	100 %
<i>Boops boops</i>	9	100 %
		$\bar{X} = 97,22 \%$

1.2.2. Fréquence des MPs ingérés

L'observation microscopique nous a permis d'identifier et compter au sein de 43 individus examinés un nombre total de 214 de débris de MPs représentant une moyenne de 5 (± 3.8) débris de MPs par individu (Tab. 4).

Tableau 4: Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces de poissons étudiés.

Espèce	Nombre	Min	Max	Médiane	Moyenne	Ecart type
<i>Sardinella aurita</i> (n=15)	80	2	15	5	5.3	3.4
<i>Sardina pilchardus</i> (n=9)	56	0	19	5	6.2	5.4
<i>Trachurus trachurus</i> (n=10)	38	1	9	3	3.8	2.9
<i>Boops boops</i> (n=9)	40	1	13	4	4.4	3.5
Totaux (n=43)	214	0	19	4.3	5.0	3.8

Le tableau 4 représente un résumé des statistiques de la fréquence des MP dans le tube digestif des différentes espèces de poissons étudiées. En effet, la fréquence variait de 1 à 9, de 1 à 13, de 2 à 15 et de 0 à 19 chez *Trachurus trachurus*, *Boops boops*, *Sardinella aurita* et *Sardina pilchardus*, respectivement (Tab. 4). La distribution des particules dans les échantillons de poissons a révélé que l'abondance des éléments MPs dans le tube

Chapitre III : Résultats et discussion

digestif des spécimens de *Sardina pilchardus* était supérieure à celle des échantillons des autres espèces, avec une moyenne de 6.2 (± 5.4). Le tableau 6 montre aussi qu'il y a seulement un échantillon de *Sardinella pilchardus* qui n'a pas ingéré de MPs. Par ailleurs, il est important de signaler que les espèces pélagiques (les 2 espèces de sardine) ont ingéré un nombre plus élevé de débris de plastique que les espèces démersales (la saurel et la bogue).

1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes

214 particules de MPs ont été identifiées (89.3% filaments, 9.3% fragments et 1.4% film) dans le tractus gastro-intestinal de 43 spécimens appartenant à quatre espèces de poisson examinées. *Sardina pilchardus* a accumulé dans son tube digestif plus de MPs que les autres espèces (Tab. 4 ;Fig. 24). La forme la plus répandue de tous les débris de MPs c'est les filaments (191) suivis par les fragments avec 20 particules, alors que les films ne sont repérés que 3 fois.

Il faut souligner l'absence de débris de MPs sous forme de films chez l'espèce *Sardinella aurita* et *Boops boops*. D'autre part, les MPs sous forme de films n'ont pas été répertoriés dans le tractus gastro-intestinal des spécimens de poisson que chez de *Sardina pilchardus* (1) et *Trachurus trachurus* (2) (Fig. 24).

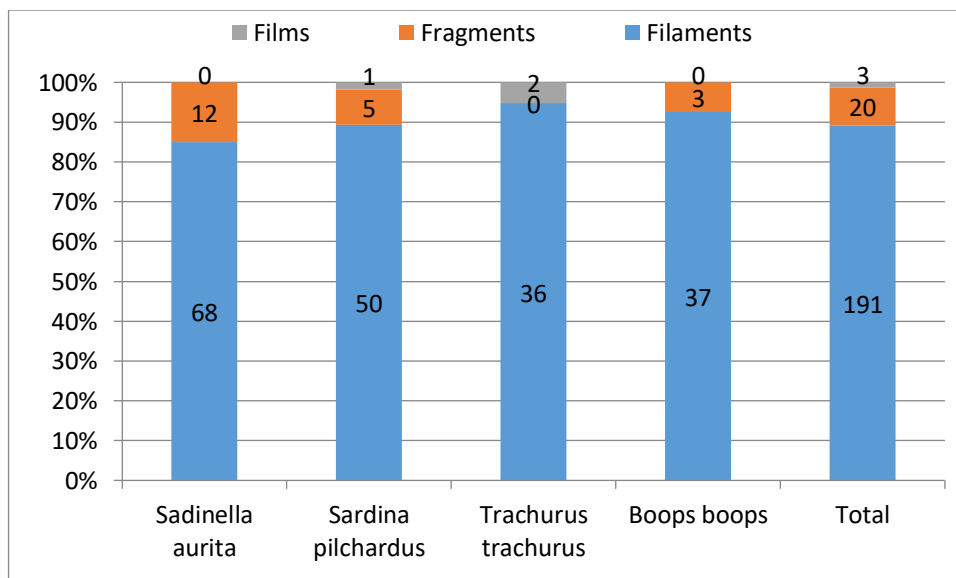


Figure 24: Distribution de particules de MPs ingérées selon leurs formes pour chaque espèce étudiée.

Chapitre III : Résultats et discussion

1.2.4. Distribution des MPs ingérés selon leurs tailles

Les particules de plastique observées dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés ont été mesurées individuellement, 196 débris représentant 91.6% de taille inférieure à 5mm était donc considérés comme des microplastiques. Le reste c'est des mésoplastiques de taille comprise entre 5mm et 25mm. Par ailleurs, les gros débris supérieurs à 25mm et classés comme macroplastiques n'ont jamais été observés (Fig. 25). Aucune limite de taille inférieure n'a été fixée ou mesurée, mais toutes les particules observées avaient une taille qui pouvait être retirée à la main à l'aide d'une aiguille, une pince ou un forceps. Il est important de signaler d'autre part que les deux espèces *Sardina pilchardus* et *Trachurus trachurus* ont ingéré plus de particules de plastiques de taille moyenne (mésoplastiques) par rapport à *Sardinella aurita* et *Boops boops* (Fig. 25).

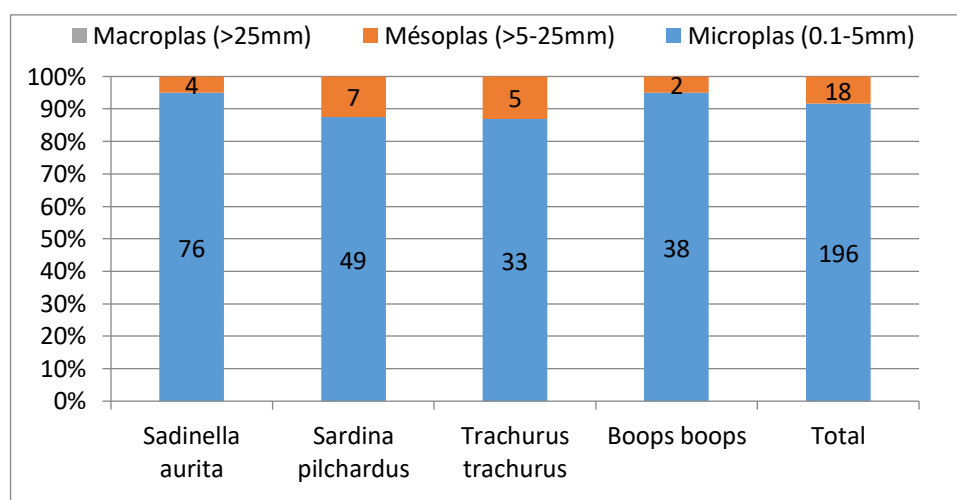


Figure 25: Distribution de particules de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.

1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs

La figure 26 montre une diversité de couleurs (noir, rouge, bleu, transparent et autres couleurs) des débris de plastiques présents dans le tractus gastro-intestinal des poissons échantillonnés. La prédominance de la couleur noire des MPs c'est la caractéristique commune entre les quatre espèces étudiées. Elle varie entre 55%, 59%, 60% et 75% pour *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops* respectivement). La deuxième couleur des MPs qui domine c'est le rouge qui va dans l'intervalle 12-24%. Alors que les autres couleurs ne représentent qu'un pourcentage minime (1-16%) (Fig. 26).

Chapitre III : Résultats et discussion

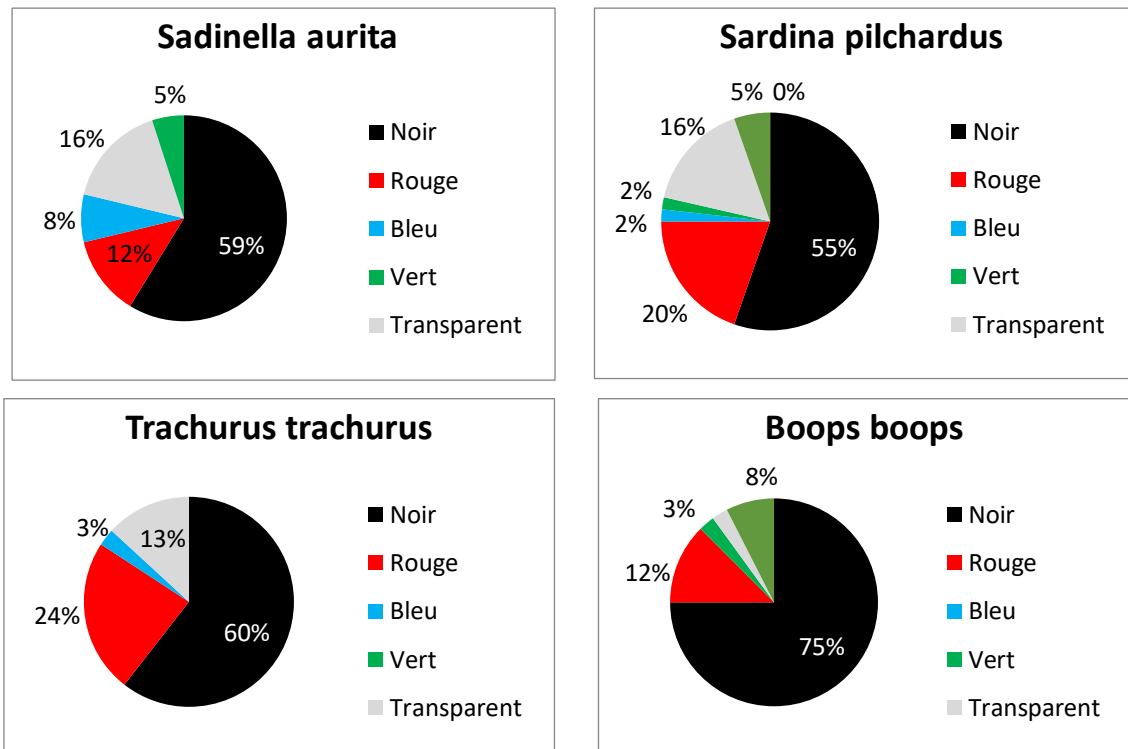


Figure 26: Distribution de particules de MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.

La figure 27 montre des exemples de débris de plastiques photographiés sous microscope à un grossissement de 10 fois. Ces photos montrent des débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différentes. En effet, la figure 27.A montre un filament égale à 7mm de couleur rouge visualisé chez *Trachurus trachurus*; la figure 27.B montre un filament égale à 4mm de couleur transparente visualisé chez *Sardina pilchardus* ; la figure 27.C montre un film de taille égale à 3mm de couleur jaune-orangé visualisé chez *Sardina pilchardus* ; la figure 27.D montre un film égale à 4mm de couleur transparente chez *Trachurus trachurus*; la figure 27.E montre un filament égale à 4mm de couleur noire chez *Sardinella aurita* et en fin la figure 27.F montre 3 fragments de 0.5-1mm de diamètre de couleur marron visualisé chez *Boops boops* ;

Chapitre III : Résultats et discussion

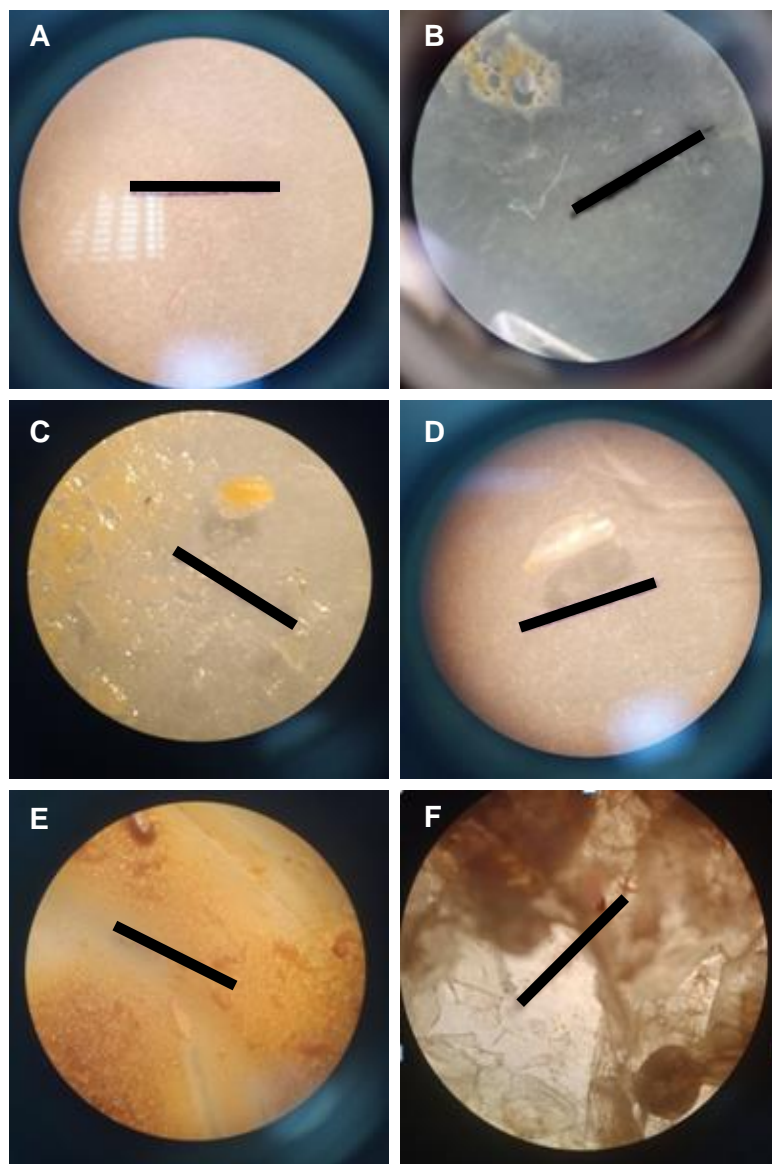


Figure 27: Exemples de débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différents visualisés dans les tubes digestifs des espèces de poissons étudiées.

1.2.6. Distribution des MP ingérés selon le sexe des poissons

Pour l'ensemble des spécimens examinés, 136 particules de MPs ont été avalées par des poissons femelles, alors que les spécimens à sexe males et à sexe indéterminé ont ingéré 63 et 15 particules de plastiques respectivement (fig. 28). En effet, les spécimens à sexe femelle chez *Sardina pilcardus*, *Boops boops* et *Sardinella aurita* ont ingéré 100%, 77.5% et 51.3% pour les trois espèces respectivement. Contrairement, chez *Trachurus trachurus* presque 80% des particules de plastiques ont été observés dans le tractus gastro-intestinal des spécimens à sexe male (fig. 28). Il est important de signaler que toutes les particules de plastiques détectés dans le tube digestif des poissons à sexe indéterminé appartiennent à l'espèce *Sardinelle aurita*.

Chapitre III : Résultats et discussion

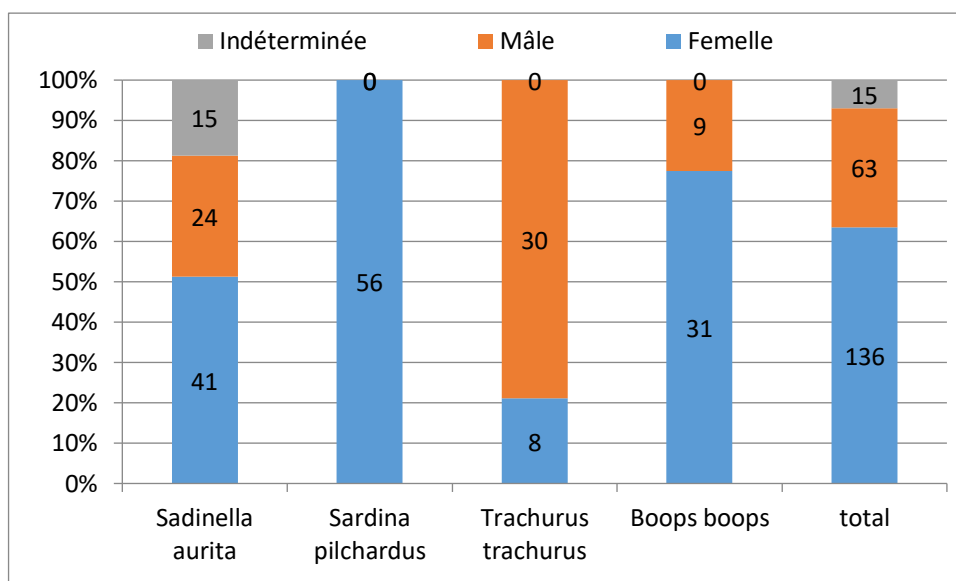


Figure 28 : Distribution de particules de MPs ingérés en fonction du sexe des quatre espèces étudiées.

1.2.7. Distribution des MP ingérés selon la taille des poissons

Tous les échantillons ont été divisés en trois classes de taille selon l'espèce et selon le nombre d'individus capturés. Étant donné que les quatre espèces ont une taille moyenne comparable, les classes de taille varient dans un intervalle réduit.

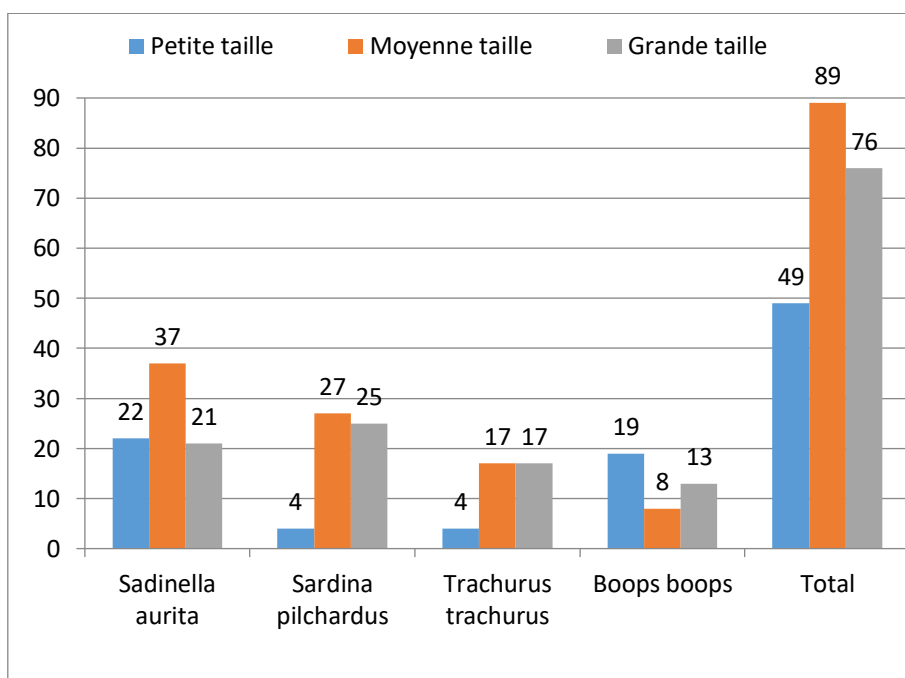


Figure 29: Distribution de particules de MPs ingérés en fonction de la longueur totale (cm) des spécimens des quatre espèces étudiées. Les spécimens capturés sont classés comme: Petits:17-19cm, Moyens:19-20cm, Grands: 20-23cm pour *Sardinella aurita*; Petits:15-16cm, Moyens:16-17cm, Grands: 17-18cm pour *Sardina pilchardus*; Petits:16-19cm, Moyens:19-20cm; Grands: 20-25cm pour *Trachurus trachurus* et *Boops boops*.

Chapitre III : Résultats et discussion

La figure 29 montre que individus de classe de taille moyenne sont les plus infectés par les débris plastiques chez les deux espèces de sardine à l'inverse chez *Boops boops*, les échantillons de classe de taille moyenne sont les moins infectés. Par ailleurs, si on considère tous les individus des quatre espèces on trouve que le plus grand nombre de débris de MPs a été ingéré par les poissons de classe moyenne, suivis par les poissons de grande taille et en fin c'est les poissons de petite taille qui avalent moins de débris de MPs (Fig. 29).

1.2.8. Distribution des MP ingérés selon la taille des poissons

On constate une cohérence entre la distribution des MPs ingérés par les individus en fonction de la longueur et en fonction du poids des individus (Fig. 29; Fig. 30), puisque la règle générale stipule que les individus de grande taille (longueur) pèsent plus et vice versa. Donc comme c'est indiqué sur la figure 30, les individus de poids moyens avalent plus de MPs par rapport aux autres classe de poids pour les deux espèces de sardine contrairement chez *Trachurus trachurus* et *Boops boops*. Pour l'ensemble des individus des quatre espèces étudiées on constate que les individus de poids moyen ingèrent plus que les petits et grands poissons ensemble (Fig. 30)

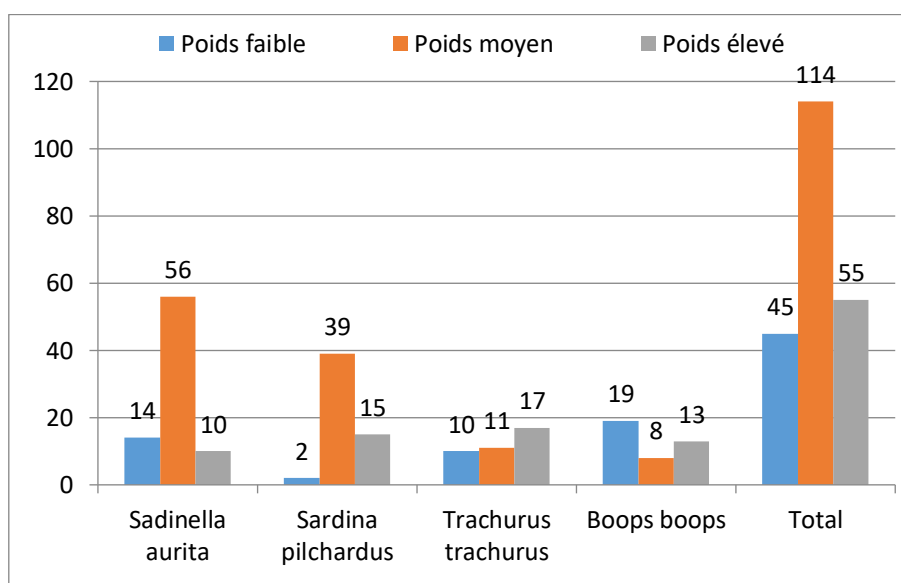


Figure 30: Distribution de particules de MPs ingérés en fonction du poids total (g) des spécimens des quatre espèces étudiées. Les spécimens capturés sont classés comme: Petits: 30-50g, Moyens: 50-70g, Grands: 70-90g pour *Sardinella aurita*; Petits: 20-30g, Moyens: 30-40g, Grands: 40-50g pour *Sardina pilchardus*; Petits: 40-60g, Moyens: 60-80g, Grands: 80-110g pour *Trachurus trachurus*; Petits: 40-60g, Moyens: 60-70g, Grands: 70-90g pour *Boops boops*.

Chapitre III : Résultats et discussion

1.2.9. Fréquence des MP dans le tractus gastro-intestinal des espèces étudiées

La densité minimale, moyenne et maximale des MPs (MP/g) en fonction du poids du contenu du tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées sont représentées sur la figure 31. La densité moyenne la plus élevée (3.3 MP/g) est remarquée chez *Sardina pilchardus* représentant respectivement 2.2 fois, 2.8 fois et 4.7 fois la densité chez *Sardinella aurita*, *Boops boops* et *Trachurus trachurus*. Selon la figure 31, la densité minimale varie dans l'intervalle 0-0.3 MP/g pour tous les espèces étudiées, tandis qu'un maximum de densité de 11.5 MP/g est observé chez *Sardina pilchardus*.

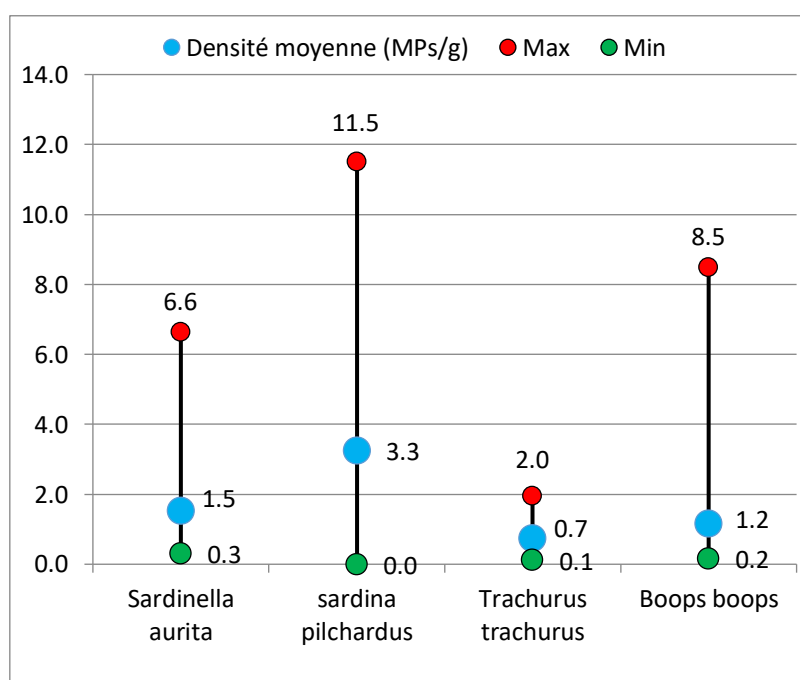


Figure 29: La densité minimale, moyenne et maximale des MPs par gramme de contenu digestif de toutes les espèces étudiées.

2. Discussion

Alors que la mer Méditerranée montre des niveaux élevés de concentration de plastique (62 000 particules par km²), notamment par rapport à l'océan Atlantique (Collignon et al., 2014), la rive sud de la mer Méditerranée n'a pas encore été suffisamment étudiée. En Algérie, aucune étude n'a été menée sur l'ingestion de MPs par les poissons d'intérêt économique. Par conséquent, pour combler ces lacunes, la présence de PMs dans quatre espèces de poissons abondantes et largement consommées, à savoir *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Bops boops* collectées dans le littoral d'El-Kala, a été étudiée pour la première fois.

Chapitre III : Résultats et discussion

Cette étude est la première à fournir la preuve de présence de microplastiques dans le tractus gastro-intestinal des poissons d'EL KALA. En effet, le niveau de contamination (88,9-100%) et le nombre moyen de MPs (moyenne \pm erreur standard = $5 \pm 3,8$) au sein des espèces étudiées sont plus élevés que ceux reportés par autres études (exp. [Hossain et al., 2019](#); [Garcia et al., 2021](#); [Siddique et al., 2022](#)). les deux espèces de sardine ensemble représentent une fréquence des MPs (5.8 débris/spécimen) plus élevée que les deux autres espèces ensemble (4.1 débris/spécimen). Il semble que la zone d'existence a influencée la contamination des espèces par les MPs, les espèces pélagiques (*Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*) se trouvent plus contaminées que les espèces benthiques (*Boops boops* et *Trachurus trachurus*). Une étude menée par [Rummel et al. \(2016\)](#) confirme que la colonne d'eau représente une densité des MPs plus élevée que les aux autres compartiments.

Les individus à sexe femelle ingèrent deux fois plus de particules de PMs que les individus à sexe mâle. Il se pourrait que les différences spécifiques au sexe dues à l'événement de ponte précédent aient entraîné des besoins énergétiques plus importants chez les femelles ([Foltz et Norden, 1977](#)) et donc un plus grand volume de nourriture consommée (et donc une ingestion accidentelle de MPs). Ces résultats se contrastent avec ceux de [Sbrana et al. \(2020\)](#) qui trouvent que les mâles sont plus infectés par les MPs que les femelles. Selon [Horton et al. \(2018\)](#) l'ingestion des MPs selon le sexe n'est pas encore bien connue.

D'autre part, on s'attendait à ce que les poissons plus gros aient des charges de MPs plus élevées, car ces individus peuvent avoir besoin de volumes accrus d'aliments, certaines études identifiant de telles corrélations ([Horton et al., 2018](#); [Garcia et al., 2021](#)). Cette étude n'a pas montré une tendance claire entre le poids, la taille corporelle (indicateur de l'âge) des poissons et la fréquence de l'ingestion des MPs. Les individus de classe de taille moyenne et de poids moyen sont marqués par une fréquence élevée de MPs dans leurs tube digestif, suivis par la classe supérieure et la classe inférieure qui ingèrent moins de MPs, ces résultats complètent les résultats d'une étude récente menée par [Sbrana et al. \(2020\)](#).

Quant à la taille des particules de plastiques, 91.5% des particules observées dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés ont une taille inférieure à 5mm et donc considérées comme des microplastiques. Le reste c'est des mésoplastiques de taille comprise entre 5mm et 25mm. Par ailleurs, les gros débris supérieurs à 25mm et classés comme macroplastiques n'ont jamais été détectés. Des études récentes ont indiqué que les

Chapitre III : Résultats et discussion

débris de plastiques de taille < 5mm (Microplastiques) sont les plus fréquemment détectées dans les écosystèmes marins (Romeo et al., 2015; Murphy et al., 2017). Dans le même contexte, Critchell et al. (2018) reportent que la quantité de MPs trouvée dans le tractus gastro-intestinal était influencée par la taille des MPs lui-même. Plus la taille des MPs est petite, plus il est consommé par le poisson. Certaines tailles de MPs peuvent être reconnues et évitées par les poissons.

La forme de MPs la plus observée dans les poissons étudiées c'est les filaments avec un pourcentage de 89.3% où 191 sur un total de 214 débris répertoriés dans le tractus gastro-intestinal de toutes les espèces échantillonnées, ce résultat est démontré par la majorité des études (exp. Zhang et al., (2013); Merle et al. (2020)), de plus il est admis dans la littérature que la plupart des filaments sont à l'origine de la matière textile (Duis et al., 2016), de l'abrasion des objets en plastique (Boucher, 2017) et des stations d'épuration (Browne et al., 2011). D'autre part, les fragments c'est le deuxième type de MPs en termes d'abondance observé dans le tube digestif des spécimens examinés représentant un pourcentage de 9.3%, alors que les films ne sont observés que 3 fois.

La forme des MPs est souvent associée à une couleur, dans cette étude les particules de MPs dans le contenu digestif des espèces étudiées étaient principalement de couleur noir. Des études récentes ont indiqué que la couleur noire est plus fréquente dans les milieux marins (Ory et al., 2018). Tandis que d'autres recherches indique une dominance des MPs de couleurs bleu qui est susceptible d'être causé par l'utilisation d'engins de pêche en plastique (Zhang et al., 2020). La couleur rouge est classée la deuxième en abondance après la couleur noir ce qui corrobore avec les résultats de Cole et al, (2011). D'après Ding et al. (2019), les MPs de couleur rouge viennent essentiellement de l'industrie de la pêche principalement la dégradation de filet de la pêche. Cependant les MPs colorés sont connus comme porteurs de polluants et pourraient attirer les prédateurs car leurs couleurs ressemblent à celles de leurs proies (Browne et al., 2008).

La densité des MPs par gramme de tractus gastro-intestinal des quatre espèces de poisson étudiées représente des concentrations moyennes élevées (1.7 MPs/g). Les valeurs maximales élevées (3,3 MPs/g) sont remarquées chez *Sardina pilchardus*. Cependant, une énorme quantité de particules MPs peuvent obstruer le tube digestif, perturber les processus digestifs ou obstruer les processus d'absorption (Wright et al., 2013). Les particules MPs à l'intérieure du tube digestif peuvent également affecter l'appétit des poissons ou transporter des contaminants chimiques (Hirai, 2011), et mène même à une bioamplification des débris dans la chaîne trophique (Walkinshawetal., 2020).

Chapitre III : Résultats et discussion

En fin, cette étude préliminaire confirme la présence de PMs dans le poisson. Quoique le littoral d'El-Kala semble très propre et loin de la pollution, la fréquence des MPs dans le tractus gastro-intestinal des poissons été élevée. Cette fréquence n'a pas été influencée par les paramètres biologiques, mais peut être à d'autres facteurs, tels que l'écologie et l'habitat des espèces. Ces derniers sont les facteurs sur lesquelles nous nous concentrerons dans nos prochaines études.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Cette étude fournit la première preuve de l'ingestion de MPs par les poissons du Littoral d'El-Kala en Algérie. Les résultats obtenus montrent que:

- 88,9-100% des 4 espèces sont infectées avec un niveau de contamination de 5 (± 3.8) débris de MPs par individu.
- Les spécimens ayant un sexe femelle, une longueur totale moyenne, et un poids total moyen sont les plus contaminés par les MPs.
- Les fibres constituent la forme la plus courante (89.3%) des particules MPs, ou la couleur noir de MPs domine (62%), suivie par le rouge (18%).
- 91.6% du nombre total (196) des particules de plastiques ingérées c'est des microplastiques (< 5mm), le reste c'est des mésoplastiques.
- L'abondance moyenne (6.2 (± 5.4) MPs/individu) et la densité moyenne (3.3 MPs/g) les plus élevées sont remarquées chez l'espèce *Sardina pilcardus*.
- Les paramètres biologiques n'ont pas une tendance claire avec l'ingestion de MPs.
- Les espèces pélagiques ingèrent plus de débris de MPs que les espèces démersales.
- Même si le littoral d'El-Kala semble propre, les rejets urbains ainsi que les activités de pêche sont des contributeurs importants à la pollution par les MPs. des recherches supplémentaires sont nécessaires pour quantifier leurs contributions respectives afin de réduire le nombre de MPs qui pénètrent dans la mer.

Perspectives :

- ✓ Contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques sur la pollution de l'eau par les plastiques.
- ✓ Agir sur les modes de production et de consommation en encourageant chacun à réduire ses déchets plastiques et en stimulant le recyclage.
- ✓ Sensibiliser les pêcheurs sur l'effet de l'utilisation des filets et des produits de pêche où l'utilisation des produits neufs est conseillée.
- ✓ Établir un système de collecte des déchets.
- ✓ Évaluer le stock de plastiques en devenir (rives, plages ...), par une démarche participative.

Les références bibliographiques

Références bibliographiques :

- Andrady A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 62,
- Baali F., 2007. Contribution à l'étude hydrogéologique, hydrochimique et vulnérabilité d'un système aquifère karstique en zone semi-aride : cas du plateau de Chéria N. E. Algérien, thèse de doctorat d'état, UBM Annaba, Algérie, 114p.
- Bauchot M.L., PRAS A., 1980. Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux & Niestlé, Editeurs. Lausanne- Paris.
- Bektas Y., Belduz A. O. 2009. Morphological variation among Atlantic Horse Mackrel, *Trachurus trachurus* population from Turkish Coastal Water. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (3): 511-517, 2009. ISSN: 1680-5593.
- Chaabane. W., 2019. Expert en environnement et en gestion des déchets-cyclos GmbH/Université Rostock, Allemagne.
- C. Arthur, J. Baker, H. Bamford, N. Barnea, R. Lohmann, K. McElwee, Summary of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, 2009, pp. 7–17.
- Campbell, S.H., Williamson, P.R., Hall, B.D., 2017. Micro-plastics in the gastrointes-tinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek. *Facets* 2, 395e409.
- CHIBA (S.) et al. - Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-seaplastic debris. *Marine Policy*, 96, 204-212 (2018).
- Collignon, A., Hecq, J.H., Galgani, F., Collard, F., Goffart, A., 2014. Annual variation in neustonic micro and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean-Corsica). *Mar. Pollut. Bull.* 79, 293-298 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.023>.
- Dahou t., 2010, Monographie sur les usages extractifs des ressources aquatiques sur l'espace du PNEK. Projet GouvAMP, WP3, 12 p.
- De Bélair G., (1990), *Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexe lacustres et marécageux (El Kala, Algérie) extrême orientale*, thèse d'université USTL Montpellier II, 193 p.
- D. Zhang, X. Liu, W. Huang, J. Li, C. Wang, D. Zhang, C. Zhang, Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Océan, *Environ. Pollut.* 259 (2020) 113948, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113948>.
- D. Zhang, Y. Cui, H. Zhou, C. Jin, X. Yu, Y. Xu, Y. Li, C. Zhang, Microplastic pollution in water, sediment, and fish from artificial reefs around the Ma'an

Archipelago, Shengsi, China, *Sci. Total Environ.* 703 (2019b) 134768, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134768>.

- E. J. Carpenter, J. S. Anderson, G.R. Harvey, H.P. Miklas & B.B. Peck, Polystyrène spherules incoastal waters. *Science* 178 (1972) 749–750.
- Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J., Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pièces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea (2015), *PLoS ONE* 9, 111913. doi: 10.1371/journal.pone.0111913.
- Eriksen, M., Thiel, M et Le breton, L. (2017). Nature of plastic marine pollution in the subtropical gyres.
- Expéditions MED, (2016). Opération déchets côtiers, disponible en ligne <http://www.expeditionmed.eu/fr/category/nos-programmes/programmeactions/opération-déchets-sales/> (Accédé le 15.10.2018).
- Eymard S. 2003. Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat. IFREMER de Nantes: 143p.
- F.A.O., 2005. L'état des ressources halieutiques marines mondiales. Document technique sur les pêches 457. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome, F.A.O. 2005.
- F.A.O., 2010. Food and Agriculture Organization of the united nation. 2010. Corten A., Van de Kamp G. 1996. Variation in the abundance of southern fish species in the southern North Sea in relation to hydrography and wind. *ICES Journal of Marine Science*, 53:1113-1119. Fisheries and Aquaculture.
- Fischer W., Bauchot M.-L. et Schneider, 1987. Fiches F.A.O. d'identification des espèces pour les besoin de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. Rome, F.A.O., Vol.2 : 761-1530.
- 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.
- 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>.

- Gherram M. 2009. Contribution à l'étude de la reproduction du saurel *Trachurus trachurus* (L., 1758) pêché en baie d'Oran : étude de l'ovogenèse, période de ponte, sex-ratio, indice de condition et fécondité. Thèse de Magister. Université d'Oran : 87p.
- Grimes S., 2005, Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf), Projet Régional pour le développement d'aires marines et côtières protégées dans la région de la Méditerranée (UNEP-MedMPA). 126 p.
- Gunie, (2002), Analyse des techniques d'élaboration de Modèles Numériques de Terrains et des méthodes d'extraction automatique du réseau hydrographique pour l'amélioration des études de bassins versants, 52p.
- Hénaff, A., Philippe, M., Gestion des risques d'érosion et de submersion marines guide Méthodologique (2014), Projet Cocorisco.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology* 46, 3060–3075.
- Hirai, Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Marine pollution bulletin* 62(8) (2011)1682-1683.
- Hossain, M.S., Sobhan, F., Uddin, M.N., Sharifuzzaman, S., Chowdhury, S.R., Sarker, S., Chowdhury, M.S.N., 2019. Microplastics in fishes from the Northern Bay of Bengal. *Sci. Total Environ.* 690, 821–830. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.07.065.
- ICES .2006. Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy. ICES C.M. 1998/ACFM: 6.
- 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.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768–771. doi:10.1126/science.1260352.
- J.Boucher & D. Friot. Primary micro plastics in the Oceans: a global evaluation of sources. IUCN(2017).
- J. Ding, J. Li, C. Sun, F. Jiang, P. Ju, L. Qu, Y. Zheng, & C. He. Detection of microplastics in local marine organisms using a multi-technology system. *Anal. Methods*. 11 (2019) 78–87.

- J. Reisser, J. Shaw, C. Wilcox, B. D. Hardesty, M. Proietti, M. Thums, & C. Pattiaratchi. Marine plastic pollution in waters around Australia: Characteristics, concentrations, and pathway. PLoS ONE. (2013).
- Keck, F. (2016). Évaluation des liens entre phylogénie et traits écologiques chez les diatomées: pistes d'utilisation pour la bioindication des milieux aquatiques (Doctoral dissertation, Grenoble Alpes).
- K. Critchell & M. O. Hoogenboom. Effects of microplastic exposure on the body condition and behaviour of planktivorous reef fish (*Acanthochromis polyacanthus*). Plos ONE. 13(2018).
- K. Duis & A. Coors, Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: Sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. Environmental sciences Europe 28 (2016) 1–25.
- Laouini Hamza, (2012), caractérisation géochimique des zones humides entre deux climats, méditerranéen et aride par image satellite, Magister, Université Kasdi Merbah - Ouargla, p140.
- Lehner, R. (2015). Macro-, meso-, micro-, but what about nanoplastic? Repéré à <http://www.pla-netexperts.com/macro-meso-micro-but-what-about-nanoplastic/>
- L.G.A. Barboza, A. Dick Vethaak, B. Lavorante, A.K. Lundebye, L. Guilhermino, Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health, Mar. Pollut. Bull. 133 (2018) 336–348, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>.
- L.G.A. Barboza, C. Lopes, P. Oliveira, F. Bessa, V. Otero, B. Henriques, et al., Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure, Sci. Total Environ. 717 (2020) 134625, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134625>.
- M.A. Browne, A. Dissanayake, T.S. Galloway, D.M. Lowe, R.C. Thompson, Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L), Environ. Sci. Technol. 42 (2008) 5026–5031, <https://doi.org/10.1021/es800249a>.
- Nathalie Briand, (2014), disponible en ligne: <http://www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/devenir-plastiques/>, (Accédé le 10.11.2018).
- N. Ory, C. Chagnon, F. Felix, C. Fernandez, J.L. Ferreira, C. Gallardo, H. Mojica, V.M. Haro, L.O. Medina, M. Preciado, P. Sobral, M.A. Urbina, M. Thiel, Low

prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean, *Mar. Pollut. Bull.* 127 (2018) 211–216, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.016>.

- Ouelmouhoub S., 2005, Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Thèse de science du CIHEAM-IAM Montpellier, France, N°78, pp. 46-54.
- Parker, L. (2018). We made it. We depend on it. We're drowning in it. *Plastics. National Geographic*, June, 40-69.
- Rodrigues, Sourav Bhattacharya, Naik, B.G, Characteristics, seasonal distribution and the Goa coast, India (2016), 159, pp 496-505, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.056>.
- S.L.Wright, R. C. Thompson, & T.S. Galloway, The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental pollution* 178(2013) 483-492.
- 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
- Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the marine environment: sources, consequences and solutions.
- Union Européenne, 25 Solutions innovantes et motivantes pour lutter contre les déchets marins plastiques dans la région Méditerranéenne (2017), Disponible sur le lien : <http://www.cprac.org/fr/archives-des-nouvelles/generiques/25-solutions-innovantes-pour-lutter-contre-les-dechets-plastiques-1>.
- 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 in gestion by the deep water elasmobranch species: a case study from the Tyrrhenian Sea. *Environ. Pollut.* 253, 342e350.
- Veerasingam, S., Mahua Saha, Suneel, V., Vethamony, P., Andrea Carmelita Rodrigues, Sourav Bhattacharyya, Naik, B.G, Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India (2016), 159, pp 496-505,
- Welden, N. and Lusher A L (2017) *I*, 2018 Book 13 483–487.

Résumé

Résumé :

Les MPs sont un contaminant environnemental émergent de plus en plus préoccupant en raison de leur abondance et de leur persistance dans l'environnement. Cette étude visait à déterminer, pour la première fois, la présence, la quantité et les caractéristiques de particules de plastique dans le tube digestif des poissons échantillonnés au littoral d'El Kala durant la période février-Mars 2022. Bien que la zone d'étude soit connue par sa propreté et la forte diversité d'espèces et d'habitats, elle reçoit les apports de quelques activités anthropiques et surtout les activités de pêche qui peuvent contribuer à la pollution plastique. Après mesures biologiques, le tractus gastro-intestinal des spécimens a été prélevé, la matière organique éliminée par l'ajout de H₂O₂, et en fin les particules de plastiques ont été visualisées sous microscope ($\times 10$). Les résultats obtenus montrent que 88,9-100% des 4 espèces sont infectées avec un niveau de contamination de 5 (± 3.8) débris de MPs par individu. Les spécimens ayant un sexe femelle, une longueur totale moyenne, et un poids total moyen sont les plus contaminés par les MPs. Les fibres constituent la forme la plus courante (89.3%) des particules MPs, ou la couleur noir de MPs domine (62%), suivie par le rouge (18%). 91.6% du nombre total (196) des particules de plastiques ingérées c'est des microplastiques ($< 5\text{mm}$), le reste c'est des méso-plastiques. L'abondance moyenne (6.2 (± 5.4) MPs/individu) et la densité moyenne (3.3 MPs/g) les plus élevées sont remarquées chez l'espèce *Sardina pilcardus*. Les espèces pélagiques ingèrent plus de débris de MPs que les espèces démersales. Cette étude montre que les paramètres biologiques n'ont pas une tendance claire avec l'ingestion de MPs. Peut-être d'autres facteurs tel que l'écologie de l'espèce et l'habitat qui feront l'objet des études futures.

Mots clés: Micro-plastiques, Littoral d'El-Kala, poisson, tractus gastro-intestinal, pélagique, démersales.

Abstract:

MPs are an emergent environmental contaminant of growing concern due to their abundance and persistence in the environment. This study aimed to determine, for the first time, the presence, quantity and characteristics of plastic particles in the digestive tract of fish sampled at the coast of El Kala during the period February-March 2022. Although the study area is known for its cleanliness and high diversity of species and habitats, it receives inputs from some anthropogenic activities and especially fishing activities that can contribute to plastic pollution. After biological measurements, the gastrointestinal tract of the specimens was removed, the organic matter eliminated by the addition of H₂O₂, and finally the plastic particles were visualized under a microscope ($\times 10$). The results obtained show that 88,9-100% of the 4 species are infected with a level of contamination of 5 (± 3.8)MPs debris by individual. Specimens having a female sex, an average total length, and an average total weigh are the most contaminated by MPs. Fibers are the most common from (89.3%) of MPs particles, where the black color of MPs dominates (62%), followed by red (18%). (91.6%) of the total number (196) of plastic ingested are microplastics (< 5mm), the rest are mesoplastics. The highest average abundance (6.2 (± 5.4) MPs/individu) and average density (3.3 MPs/g) are observed in the species *Sardina pilchardus*. Pelagic species ingest more MP debris than demersal species. This study shows that the biological parameters do not have a clear trend with the ingestion of MPs. Perhaps other factors such as species ecology and habitat will be the subject of future studies.

Key words: Microplastics, El-Kala coastline, fish, gastro-intestinal tract, pelagic, démersal.

الملخص:

جزيئات البلاستيك الدقيق هي ملوث بيئي ناشئ يثير قلقاً متزايداً بسبب وفرتها وثباتها في البيئة. هدفت هذه الدراسة لأول مرة إلى تحديد وجود وكمية وخصائص جزيئات البلاستيك في الجهاز الهضمي للأسماك التي تم أخذ عينات منها من ساحل القالة خلال الفترة فيفري-مارس 2022. على الرغم من أن منطقة هذه الدراسة معروفة بنظافتها وبالتنوع الكبير في الأنواع والموائل، فهي تتلقى مساهمات من بعض الأنشطة البشرية وخاصة أنشطة الصيد التي يمكن أن تسهم في التلوث البلاستيكي. بعد القياسات البيولوجية، تم إزالة الجهاز الهضمي من العينات، وإزالة المادة العضوية بإضافة H_2O_2 ، وفي النهاية تمت ملاحظة جزيئات البلاستيك تحت المجهر ($\times 10$). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن 88,9-100% من الأنواع الأربعة مصابة بمستوى تلوث يبلغ $5(\pm 3.8)$ حطام لكل فرد. العينات ذات الجنس الأنثوي، متوسط الطول الإجمالي

ومتوسط الوزن الإجمالي هي الأكثر تلوثاً بالبلاستيك الدقيق. الألياف هي الأكثر شيوعاً (89.3%) من جزيئات البلاستيك الدقيق، حيث يسود اللون الأسود لجزيئات البلاستيك (62%)، يليه اللون الأحمر (18%). 91.6% من العدد الإجمالي (196) من جزيئات البلاستيك المبتلعة عبارة عن لدائن دقيقة (أقل من 5 مم)، والباقي من البلاستيك الوسيط. لوحظ أعلى متوسط الوفرة ((6.2) ± 5.4 جزيئة/فرد) ومتوسط كثافة (3.3 جزيئة/غ) في أنواع *Sardina pilchardus*. الأنواع السطحية تبتلع حطام البلاستيك الدقيق أكثر من الأنواع القاعية. تظهر هذه الدراسة أن المعلومات البيولوجية ليس لها اتجاه واضح مع ابتلاع البلاستيك. ربما تكون عوامل أخرى مثل بيئة الأنواع والموائل موضوعاً للدراسات المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: البلاستيك الدقيق، ساحل القالة، الأسماك، الجهاز الهضمي، السطح، القاع.