



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abbes Laghrou de Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Écologie et Environnement

Mémoire de Fin d'Etude

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Protection des Écosystèmes

Thème

Identification et caractérisation de débris de plastique ingérés par les poissons de la région de Skikda Nord Est Algérien

Présenté par :

ZOUAOUI SIHEM

BOUHZEM RAOUIA

Devant le jury :

Président: Mr Boulabeiz Mahrez

MCA. Univ . ABBES Laghrou KHENCHELA

Examineur: Mr Salhi Zin Elabidine

MAA. Univ .ABBES Laghrou KHENCHELA

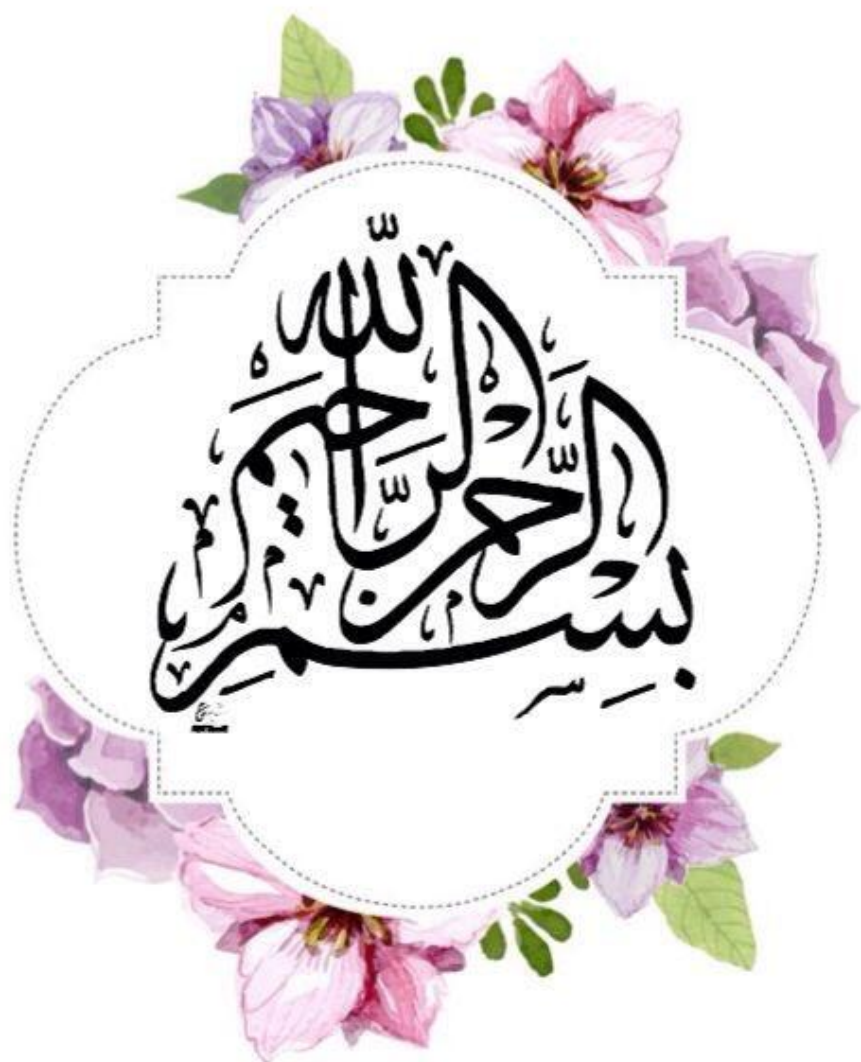
Encadreur : Mr. Ziouch Omar Ramzi

MCA. Univ . ABBES Laghrou KHENCHELA

CO-encadreur: Mr. Zeghdani Zouhir

Doctorant, Univ. Abderrahmane Mira-Béjaia

Année université : **2022/2023**



Remerciement

Tout d'abord nous voudrions à remercier Dieu tout puissant d'avoir réalisé nos rêves et de nous avoir donné la puissance et la persévérance pour continuer ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciement et notre gratitude à notre honorable professeur ZIOUCH OMAR RAMZI .Ce fait le grand honneur être l'encadreur de ce mémoire .Nous vous remercie pour votre disponibilité, de vos encouragement et de vos précieux conseils dans la réalisation de ce travail et surtout pour votre gentillesse merci pour tout .

Nous remercions également le monsieur ZEGHDANI ZOUHIR qui a contribué énormément à la réalisation de ce travail et surtout dans la partie pratique , merci

Nous voudrions remercier sincèrement les membres de jury pour l'intérêt que vous avez bien voulu porter à notre travail en acceptant de faire partie de ce jury

Nous remercions tous les enseignants du université

Enfin 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



Dédicace



Je dédie mon modeste travail

*A mes chères parents « **MAAMAR** et **KHEMISSA** »*

Autant de phases expressives soient elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous .

Ce modeste travail est le fruit des tous les sacrifices et les difficultés que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation .

J'espère que vous trouvez dans ce modeste travail un témoignage de ma gratitude , ma profonde affection et mon profond respect .

Que Dieu vous pour nous bonne santé et longue vie .

*A ma chère frère **ABOUD** .*

*A mes chères sœurs **Radia**, **NARIMEN**, **LAMIS** ,**SOUMIA***

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

*A mon binôme et mon amie **RAOUIA** , le compagnonage a été long difficile mais tu reste fidèle . Que Dieu te donne la force pour atteindre et tes rêves et tes souhaites .*

*A mes meilleure amies **NASSIMA**, **HADIL**, **NEHED**, **KHOULOUE***

*et **NOURHEN***

*A mon professeur et mon encadreur **ZIOUCH***

***OMAR RAMZI** merci d'avoir et que Dieu te protégé .*

A toute ma famille .

A tous les membres de promo et mes collègues .

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études .

Sihem



Dédicace

Je dédie ce travail

*À mon espoir et mon soutien dans ma vie, mes chères parents **ALI** et **KHADIJA**,
vous êtes la fondation, que Dieu prolonge votre vie .*

*A ma grand-mère **MASSOUDA**, que Dieu lui fasse miséricorde , j'aimerais que tu
sois avec nous .*

*A mes chères frères **NASSER, MOHEMED, HICHEM, AZIZ** et **MOUNIR**.*

*A mes chères sœurs **FATIMA, ZEROUALA** et **RITAJ***

J'espère que Dieu protégera et donner la bonheur vous êtes mon soutient .

*A ma très chère amie et mon binôme et le compagne dans ce chemin **SIHEM** je te
souhait de plus de succès et de bonheur à ta vie et si Dieu le veut, vos rêves
deviendront réalité .*

*A mes chères amies **NASSIMA HADIL NAHED** et **KHOULOU** et **NOUHANE**,
merci pour tous les moments .*

*A mon honorable professeur et mon encadreur **ZIOUCH OMAR RAMZI** merci
pour votre dévouement et vos travail et vos sacrifices avec nous , que Dieu
prolonge ta vie .*

A tous mes collègues de promo de MO3 et PE .

*A tous mes enseignants depuis les années première
jusqu'ici .*

*A tous membres de ma famille que je n'ai pas
mentionnés , votre place est dans mon cœur*

MERCI

RAOUIA





Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.	La pollution marine	4
1.	Définition	4
2.	Les causes et les sources de la pollution marine.....	5
2.1.	La croissance démographique et urbanisation.....	5
2.2.	Les sources industrielles	5
2.3.	Les eaux usées.....	5
2.4.	Les sacs en plastique.....	5
II.	Le plastique	5
1.	Définition	5
2.	Histoire de plastique.....	6
3.	La production mondiale du plastique.....	7
4.	Les caractéristiques de plastiques	7
4.1.	Caractéristiques chimiques	8
4.2.	Caractéristiques physiques.....	8
5.	Les types de plastique	9
6.	Cycle de vie de plastique	10
III.	Les débris de plastique	10
1.	Classification de débris de plastique.....	10
2.	Définition des microplastiques	11
3.	Nature des plastiques en mer	11
4.	L'origine de débris de plastique.....	13
5.	Les différents mécanismes de transport de débris de plastique.....	14
6.	La dégradation des microplastiques.....	15
7.	Les effets et les impacts induits par les débris de plastique	15
7.1.	Sur la vie marine	15
7.2.	Sur la faune marine.....	16

Chapitre II : Matériels et méthodes

I.	Présentation de la zone d'étude.....	17
----	--------------------------------------	----

1. Description de littoral de Skikda	17
2. La population	18
3. Le climat.....	18
4. Les principaux oueds de Skikda.....	18
4.1 oued Saf-Saf.....	19
5. la pollution générée par les activités économiques.....	19
5.1. L'industrie.....	19
5.1.1. L'impact du complexe pétrochimique plastique sur la qualité des eaux	19
5.2. L'activité agricole.....	20
5.3. Activité portuaires commerciales	20
5.3.1. La pollution générée par les ports commerciaux.....	21
5.4. L'activité de pêche.....	21
5.4.1. Le port de pêche Stora.....	22
5.4.2. Les ressources halieutiques (la faune marine).....	22
5.4.3. La pollution générée par l'activité de pêche.....	22
II. Echantillonnage et mensuration des poissons.....	24
1. Echantillonnage.....	24
1.1. <i>Sardinella aurita</i>	24
1.2. <i>Sardine pilchardus</i>	25
1.3. <i>Trachurus trachurus</i>	26
1.4. <i>Boops boops</i>	27
2. Etude biométrique.....	28
2.1. Mesure de la longueur et de poids	28
2.1.1. La longueur.....	28
2.1.2. Le poids.....	29
3. Dissection.....	30
4. Détermination de sexe.....	31
5. Préparation de solution.....	32
6. Filtration.....	33
7. Identification des MPs.....	34

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Résultats	35
1.1. Les paramètres biologiques	35
1.2. Occurrence et distribution des MPs au sein des espèces de poissons	36
1.2.1. Occurrence des MPs au sein des espèces des poissons	36
1.2.2. Fréquence des MPs ingérés.....	36
1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes	37

1.2.4. Distribution des MPs ingérés selon leurs tailles	38
1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs	39
1.2.6. Distribution des MPs selon le sexe des poissons.....	41
1.2.7. Distribution des MPs selon la taille des poissons.....	42
1.2.8. Distribution des MPs selon le poids des poissons	43
1.2.9. Distribution des MPs ingérés dans le tractus gastro-intestinal.....	44
II. Dissection	44
Conclusion.....	47

Références bibliographiques

Résumé

Abstract

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	La pollution marine par les déchets plastiques.	4
2	La polymérisation des monomères qui forment les polymères (Christoper Blair Crawford, 2017).	6
3	La production mondiale de plastique entre 1950 et 2018 en millions de tonnes (Plastics Europe, 2016).	7
4	le cycle de vie du plastique.	10
5	les microplastiques primaires récupérés dans un milieu aquatique.	11
6	les microplastiques secondaires récupérés dans un milieu aquatique.	12
7	Les principales origines de plastiques dans un milieu aquatique.	13
8	les différentes échelles de dégradation des plastiques dans l'environnement.	15
9	Situation géographique du golfe de Skikda et de la baie de Stora.	17
10	Image satellitaire d'oued Saf-Saf.	19
11	La situation de la zone industrielle dans la ville de Skikda.	20
12	Situation de l'ancien (1) et le nouveau port (2).	21
13	Image satellitaire de le port de pêche Stora .	22
14	La situation de port de pêche, l'ancien port, nouveau port et la zone industrielle dans la ville de Skikda.	23
15	<i>Sardinella aurita</i> (l'Allache).	25
16	<i>Sardina pilchardus</i> (la Sardine).	26
17	<i>Tachurus trachurus</i> (saurel).	27
18	<i>Boops boops</i> (la bogue).	28
19	Préparation des espèces pour la mensuration de la longueur en centimètre.	28
20	Les différentes mensurations de la longueur.	29
21	Le poids total en gramme.	29
22	Le poids éviscéré en gramme.	30
23	Le poids GIT en gramme	30
24	La dissection et l'ouverture de la cavité abdominale des poissons.	31
25	Les gonades femelles couleur jaunâtre.	31

26	Les gonades male couleur blanchâtre.	32
27	Préparation de H ₂ O ₂ 15% par la dilution de H ₂ O ₂ 30%.	32
28	Tube digestif dans la solution H ₂ O ₂ 15%.	33
29	Les échantillons dans le four.	33
30	La filtration des échantillons.	34
31	L'identification de débris de plastique sous stéréomicroscopes.	34
32	Classification de MPs ingérées selon leurs formes pour chaque espèce étudiée.	37
33	Distribution de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.	38
34	Distribution des MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.	39
35	Exemples de particules de débris de plastiques de forme, types, de taille et de couleurs sous stéréomicroscope.	40
36	Distribution des MPs ingérés en fonction de sexe des quatre espèces étudiées.	41
37	Distribution des MPs ingérés selon la longueur totale en cm des spécimens des quatre espèces étudiées.	42
38	Distribution des MPs ingérés en fonction de poids total des quatre espèces étudiées.	43
39	La densité minimale, moyenne et maximale des MPs par gramme de contenu digestif de toutes les espèces étudiées.	44

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	les types de plastiques et leurs caractéristiques et leurs densités (Andray, 2011; Lithner et al., 2011).	9
2	Espèces animales pêchées dans la baies de Skikda (Saker, 2007) .	23
3	Résumé statistique des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf de Skikda	35
4	Nombre et pourcentages des individus contaminés par les MP.	36
5	Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces de poissons étudiés.	36

Liste des abréviations

MPs: Microplastiques.

Km: Kilomètre.

M: mètre.

Cm: centimètre.

G: gramme.

Mm: millimètre.

ADN: Agence Nationale des Déchets.

PNUE: Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

POPs: polluants organiques persistants.

PCBs: polychlorobiphényles.

Ps: polystyrène.

PET: polyéthylène.

PEHD: polyéthylène de haute densité.

PEBD: polyéthylène de basse densité.

PVC: polychlorure de vinyle.

PP: polypropylène.

µm: micromètre.

CO₂ : dioxyde de carbone.

CH₄: méthane.

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

ANRH: agence nationale des ressources hydriques.

EGZK: entreprise de gestion de la zone industrielle.

Ra1 /K: complexe de raffinage.

CPI/K: complexe pétrochimique de matière plastique.

ISTPM: institut scientifique et technique des pêches maritimes.

Ltm: longueur totale moyenne.

Ptm: poids total moyen.

H₂O₂: peroxyde d'hydrogène.

GIT: Gastro-intestinale Tractus.



Introduction

Introduction

Introduction

Le plastique est aujourd'hui un matériau indispensable dans notre vie quotidienne, car, outre qu'il n'est pas cher, il est léger, solide, flexible et peut être façonné de nombreuses façons. Toutefois on craint que ce plastique utile, continue de contaminer l'environnement pendant des décennies, voire pendant des siècles s'il n'est pas éliminé correctement. Le XXe siècle est considéré comme l'âge d'or de l'industrie de plastique sous toutes ses formes, et la production de cette matière a atteint son maximum. Le XXIe siècle est une époque où la facture est payée en raison de comportements irrationnels et du manque d'informations sur les effets négatifs des plastiques sur l'environnement comme la pollution des écosystèmes soit terrestres où marins (Subbhankar et al., 2016).

La pollution marine par les déchets plastique est un phénomène qui menace la faune marine, qui le consomme par erreur comme une nourriture (Carpenter et al., 1972). Selon l'estimation de l'académie américaine des sciences en 1997 environ de 6,5millions de tonnes des déchets se déversent dans les mers chaque années et la plus part sont de matière de plastique, 73% sont des sacs en plastiques bouteilles, bouchons ...etc (Carpenter et al., 1972) ont estimé environ de 5000 milliards morceaux de plastique flottent dans nos océans et nos mers (Eriksen et al., 2015).

La production mondiale de plastique a été en augmentation, passant de 2,3 millions de tonnes en 1950 à 162 millions de tonnes en 1993, puis à 322 millions de tonnes en 2015 (PlacticsEurope, 2016). Depuis 2015, plus de 6,5 milliards de tonnes de déchets de plastique ont été produits, environ de 9% été recyclés, 12% été incinérés et 73% été accumulés dans les décharges ou déversés dans les milieux aquatiques (Nils et Maro, 2017). En mer, 450 ans c'est la durée nécessaire et suffisante pour la décomposition d'une bouteille en plastique (Banette, 2010). Les déchets en milieu aquatique notamment le plastique sont des matériaux complexes, hétérogènes, composés de nombreux produits chimiques et matières diverses, colorés de taille et d'épaisseur variable. On trouve les macroplastiques qui sont définis comme les particules de plus de 5mm en longueur, et les microplastiques (MPs) qui sont des particules inférieur à 5mm (Artur et al., 2009).

D'après le rapport du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE, 2018), la méditerranée contient environ 184 millions de tonnes des déchets. Les principales causes sont, entre autres, la dense population, la forte utilisation de cette matière, l'absence de recyclage mais aussi le transport maritime (Bachari, 2017). La méditerranée reçoit chaque année par le deuxième producteur de plastique, l'Europe, entre 150000 et 500000 tonnes des

Introduction

macroplastiques et environ de 70000 et 13000 tonnes microplastiques. En effet, la méditerranée est considérée aujourd'hui l'un des mers les plus pollués au monde (Alessi et al., 2018).


Les débris de plastique proviennent des activités humaines, à terre, générées par les différents secteurs (PNUE, 2018). En plus de la contamination des côtes, les débris de plastique affectent le biote marin et forment des pièges redoutables pour les coraux, les planctons, les invertébrés marins, les poissons et les microorganismes, mais aussi de l'ingestion des petits fragments de plastiques, confondus à des substances nutritives. Ces microplastiques, qui ont une propriété qui les rend très dangereux en raison de leur faculté d'absorber divers polluants tels que les substances nocifs (Métaux lourds, POPs), entrent dans la chaîne alimentaire, atteignent des niveaux plus élevés, se retrouvent dans nos assiettes et peuvent constituer un danger pour la santé humaine (Subhankar et al., 2016).

L'Algérie fait partie des pays consommateurs de plastique qui présente une vraie catastrophe écologique, elle consomme près de 7 milliards des sacs en plastiques par ans et 15 kg/habitant/an selon une estimation statistique du Ministère de l'Environnement en 2021. Dans le même contexte, l'Agence nationale des déchets (AND) rapporte que le plastique représente 87% des déchets marines en Algérie durant ces dernières années, ce qui indique la très mauvaise gestion de cette matière (AND, 2020).

Bien que de nombreuses études ont décrit la présence de débris plastiques en Méditerranée du Nord (Collignon et al., 2012; Cózar et al., 2015; Garofalo et al., 2020). L'Algérie comme les pays de la rive Sud de la Méditerranée n'a pas accordé beaucoup d'intérêt à la pollution par les débris plastiques sur son littoral. Les premières études (Mankou-Haddadi et al., 2021; Taïbi et al., 2021; Tata et al., 2021) donnent les premières observations sur les déchets plastiques dans les sédiments marins dans les cotes Algériennes. D'autres études comme celle de Boumezirene et Boudei, (2021), Hamoudi et Siad, (2022) et Badi et Dahou, (2022) quoi qu'ils ne sont pas encore publiées– donnent les premières preuves d'ingestion de débris de plastique par des poissons du littoral de Béjaia, d'El-Kala et de Annaba respectivement. À ce jour, aucune étude n'a été faite sur les MPs dans les espèces de poissons du littoral de Skikda. Par conséquent, l'objectif de la présente étude est d'analyser des MP aux poissons en évaluant, pour la première fois, la présence, la quantité et la typologie des MPs dans le tractus gastro-intestinal de quatre espèces commercialisées: *Sardinella Aurita*, *Sardina Pilchardus*, *Trachurus Trachurus* et *Boops Boops* prélevées du littoral de Skikda.

Introduction

Ce mémoire est composé de trois chapitres. Le premier chapitre consiste à l'étude bibliographique sur les débris de plastique, leurs origines, leurs cycles de vie, les types et la pollution marine. Le deuxième chapitre contient une présentation de la zone d'étude (littoral de Skikda) et les méthodes d'échantillonnages et mensuration des poissons, ainsi que les techniques d'identification et de détermination des caractéristiques des MPs. Le dernier chapitre interprète et discute les résultats expérimentaux obtenus. Et enfin le mémoire termine par une conclusion.



Chapitre 1
Synthèse
bibliographique

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

I. La pollution marine

1. Définition

La pollution marine est le résultat de l'introduction et de la collecte directe ou indirecte des déchets et des matériaux qui sont d'origine humaines et qui causent un danger aux ressources vivantes et aux écosystèmes et entraînent une perte de diversité environnementale ainsi qu'un danger pour la santé humaine, en particulier pour la pêche, le tourisme et la perte de la qualité de l'eau (Goeury, 2014). C'est ce qu'on appelle les déchets marins, qui sont la principale cause de la pollution.

Les déchets présents dans l'environnement marin sont définis dans la convention de Barcelone comme toutes les matières solides persistantes, manufacturées ou transformée, jetée, évacuée ou abandonné dans les milieux marins et côtiers. Ces déchets sont principalement de plastique, mais aussi de bois de métal et autre (AND,2020). On estime qu'environ 80% de ces déchets est transporté par l'air ainsi que l'eau (Goeury, 2014) .



Figure 1: la pollution marine par les déchets plastiques.

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

2. Les causes et les sources de la pollution marine

2.1. La croissance démographique et urbanisation

La croissance des populations et l'augmentation des agglomérations entraînent des effets négatifs sur l'environnement, ils dégradent sa qualité et causent la pollution des milieux. Les déchets solides et liquides sont générés à partir l'homme et ses activités et jetés directement dans les milieux aquatiques (Kambal, 2014).

2.2. Les sources industrielles

Les zones contenant les zones industrielles où les zones résidentielles surpeuplées sont les causes principales de la pollution de l'environnement marin. En Algérie plus de 280 zones industrielles qui représentent environ de 70% des déchets marins. Les usines et les entreprises produisent quotidiennement plus de 47 tonnes de déchets dangereux (Boumezirene et Boudei., 2017).

2.3. Les eaux usées

Les eaux usées sont constituées essentiellement par les eaux industrielles et domestiques (Cumberlidge et al., 2009). L'Algérie compte plus de 550000 m³ d'eaux usées quotidiennement et 125000 m³ d'eaux usées médicales, la plupart de ces eaux ne sont pas dotés par le système de traitement des eaux usées et sont rejetées directement dans les écosystèmes marins (Boumezirene et Boudei, 2021).

2.4. Les sacs en plastiques

C'est l'accumulation des sacs en plastiques et autres dérivés en polyéthylène dans l'environnement. Ces produits bénéficient d'une durée de vie longue et ne disparaissent jamais totalement du milieu dans lequel ils sont jetés. Ils se retrouvent abandonné dans nos villes, en pleine nature et jusqu'au fond des océans où plus des deux tiers de nos déchets finissent par atterrir. L'équivalent de plusieurs millions de tonnes par an. L'augmentation des quantité du ces articles favorisent une amovibilité des écosystèmes marins (Li et al . 2018).

II. Le plastique

1. Définition

Les plastiques sont des composés synthétiques fabriqués à partir des matériaux à base de carbone (Alessi et al., 2018). Ce sont des matières organiques ou semi-organiques, constituent d'un ou plusieurs polymères et de plusieurs additifs, les polymères constituent la base des matières plastiques. Ce sont des grandes molécules composés d'unités basiques sont les monomères qui sont reliées par des liaisons covalentes (Laura, 2017). La polymérisation est un

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

processus de liaison des monomères qui forment le polymère est utilisé afin d'obtenir des objets du quotidien solides (Christopher Blair, 2017).

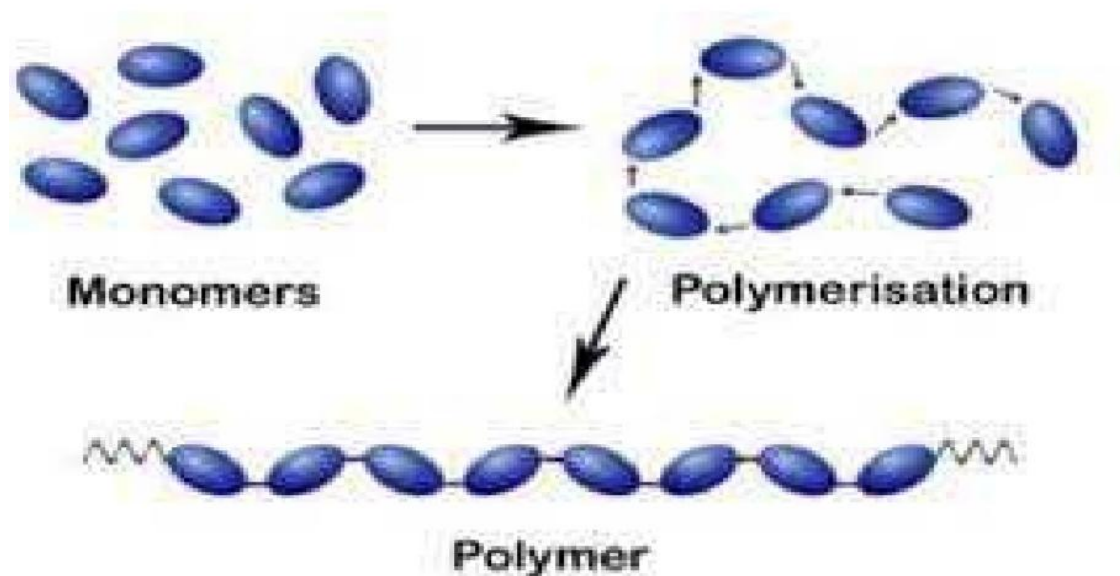


Figure 2: la polymérisation des monomères qui forment les polymères (Christoper Blair Crawford, 2017).

2. Histoire de plastique

L'histoire du plastique peut être connue à travers trois étapes fondamentales, depuis le début de sa découverte jusqu'à aujourd'hui.

- En 1869 c'est la découverte de la première matière de plastique d'origine végétale c'est le celluloïd par les frères HYATT (USA).
- En 1909 le chimiste belge parvient à remplacer le celluloïde par une matière plastique artificielle c'est le BAKELITE. Il travaille à développer ses propriétés comme la propriété isolante.
- Au cours des années 1950, c'est le début d'utilisation des plastiques synthétiques extraits du pétrole : Ethylène, Propylène, Phénol etc , tous ces produits et ces éléments sont à la base de formulation direct de plastique (Benarous, 2019).

Le Polyéthylène est le type de plastique le plus réponsus dans le monde (30% de la production totale) devant le Polypropylène 19%, Polychlorure 10%, Polystyrène 7% (plastics Europe, 2013).

3. La production mondiale du plastique

Le plastique existe dans le monde depuis plus d'un siècle et est utilisé dans divers secteurs industriels, et sa demande augmente en raison de ses caractéristiques telles que son faible coût, sa légèreté, sa durée de vie etc (Alessi et al., 2018). En 1950 la production de plastique ne dépassait pas 1,5 millions de tonnes, mais en 2009 sa production dépasse 230 millions de tonnes en raison de la forte demande de cette matière et du développement que connaît le monde. Au cours des vingt dernières années le champ de ses utilisations s'est élargi (Jules Hebert, 2020). Selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement 2018 (PNUE) dans les débuts des années 2030 d'environ de 619 millions de tonnes de plastique seront produites (Plastics Europe, 2016).

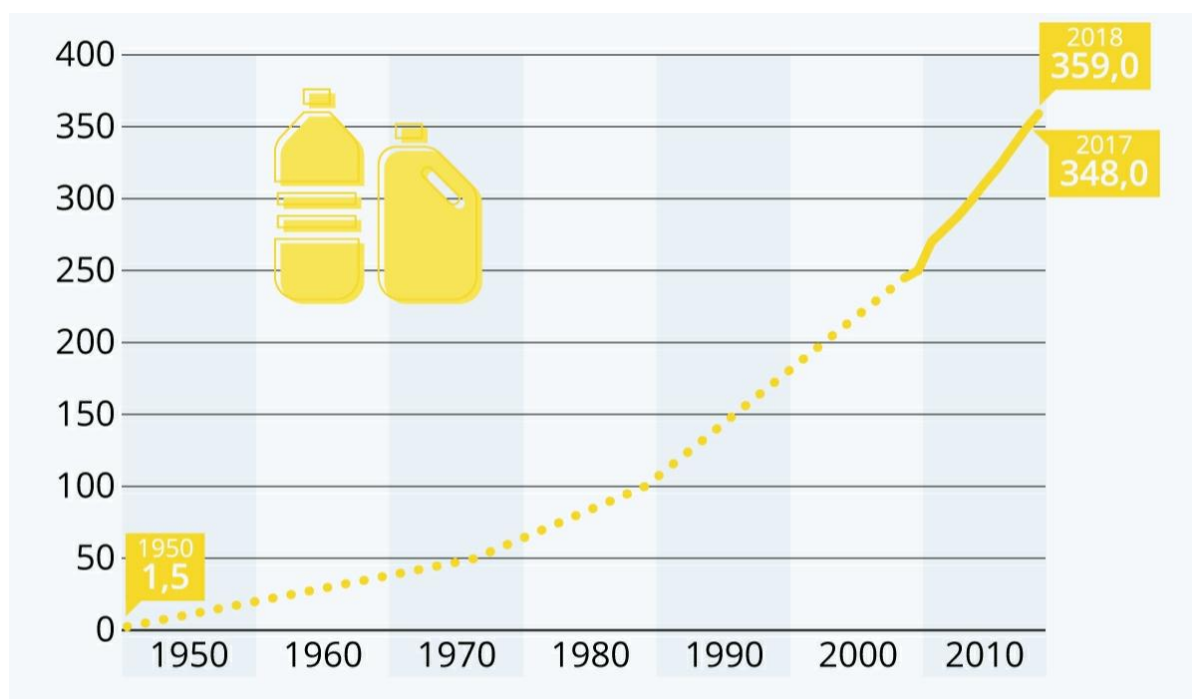


Figure 3: production mondiale de plastique entre 1950 et 2018 en millions de tonnes (Plastics Europe, 2016).

4. Les caractéristiques de plastique

4.1 caractéristiques chimiques

Les matières plastiques se composent d'un ensemble d'enchaînement des molécules carbonées identique qui sont caractérisées par: la flexibilité, la résistance à la corrosion, la résistance au choc et à l'eau, ainsi qu'une perméabilité à l'air (Gordon, 2006). Ils peuvent absorber certains contaminants comme les POPs, PCBs et les pesticides; la durée d'absorption

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

des Pops dans la matière plastique dépend de la nature du polymère et du polluant, le type, la densité ; le poids moléculaire et l'hydrophobicité (Wilson and Wilson's, 2017).

4.2. Caractéristiques physiques

Les plastiques se caractérisent par une haute résistance et une biodégradation minimale (Moore, 2003). En effet, ils se fragilisent très lentement en se fragmentant en petites particules. Ils sont omniprésents et leur persistance mène à leur accumulation dans l'environnement.

5. Les types des plastiques

Le plastique est divisé en deux groupes principales, qui sont les thermoplastiques et les thermodurcissables (Aucher et al., 2009).

a) Les thermoplastiques :

Peut-être ramolli et durci par refroidissement (Nowpap, 2007), passer de l'état solide à l'état liquide par chauffage et refroidissement et ou du cisaillement de manière réversible (Ademe et al., 2020). Les polymères thermoplastiques sont les plus réponsus et représentent 90% des plastiques








b) Les thermodurcissables :

Sont les plastiques qui indéformables sous l'effet de la chaleur et durcissent de façon permanente après avoir été chauffés, caractériser par leur point du fusion élevé (Nowpap, 2017). Ils ont une structure et une forme et une rigidité non modifiables. Ils ne sont pas recyclables (Ademe et al., 2017). Ils ne peuvent plus être réutilisés et ne sont pas recyclables (kedzierski, 2017).

Les polymères thermoplastiques sont les plus réponsus que les thermodurcissables en raison de leurs caractéristiques et leur structure matricielle, contrairement aux polymères thermodurcissables, car ils ne peuvent pas être mis en forme à haute température (Chatain, 1987).

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

Tableau 1 : les types de plastiques et leurs caractéristiques et leurs densités (Andray, 2011; Lithner et al., 2011).

Type de plastique	Densité	Caractéristiques	Pictogrammes
PET	1,37	Polyéthylène téréphthalate. Est le type de plastique le plus utilisé pour les emballages alimentaires	 PETE
PEHD	0,94	Le polyéthylène haute densité facile à manier et résistant au froid, est très utilisé dans les bouteilles	 PEHD
PVC	1,38	Polychlorure de vinyle , rigide ou souple est essentiellement utiliser pour emballer le fromage et la viande	 PVC
PEBD	0,91- 0,93	Polyéthylène Basse Densité qui possède les mêmes propriétés que les PEHD. Se retrouve dans certains sacs et emballage	 PEBD
PP	0,85- 0,93	Polypropylène résistant à la température , il n'absorbe pas l'eau et est très utilisé pour les récipients alimentaires mais aussi pour les emballages médicaux et les pièces pour les voitures	 PP
PS	0,01- 1,05	Polystyrène, dur et cassant est également très présent dans les emballages alimentaires et les pharmaceutiques	 PS
Autres	-	Il s'agit des autres types de plastiques non répertorié : lunettes de soleil, vêtements, équipement médicales	 OTHER

6. Le cycle de vie de plastique

La durée de vie des produits plastiques est différente d'un produit à l'autre, cette différence grâce à la multiplication de l'utilisation de ces produits, qu'ils durent pendant 50ans ou plus (Plastics Europe, 2019). Depuis l'année 2006, on peut utilement remarquer que les quantités de déchets plastiques envoyés au recyclage ont doublés. Mais on constate qu'en 2018, 25% des déchets post-consommation sont envoyés en décharge. La directive (UE) 2018/852 sur les emballages et les déchets d'emballages fixe des objectifs à atteindre : un recyclage des matières plastiques plus élevé de 50% d'ici 2025 pour atteindre 55% d'ici 2030 (Plastics Europe, 2019).



Figure 4: le cycle de vie du plastique.

III. Les débris du plastique

1. Classification de débris de plastique

Le terme microplastique est créé en 2004 (Thompson et al., 2004), à la fin des années 2000, jusqu'au début de 2010, s'est créé les termes macroplastique, mésoplastique et nanoplastique. Ces termes permettant de nommer les plastiques selon leurs tailles, on distingue quatre classes des plastiques (De Witte et al., 2007).

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

- Macroplastique >25 mm.
- Mésoplastique 5 - 25 mm.
- Microplastique 0,1µm - 5mm.
- Nanoplastique 0,001 - 0,1 µm.

2. Définition des microplastiques

Sont des matériaux (particules des plastiques) qui ont une longueur ou un diamètre $\leq 5mm$ (Lambret et al., 2014). Elles sont mesurées par l'unité millimétriques et submillimétriques (Thompon et al., 2004). La taille de 5mm a été adoptée comme une référence pour déterminer les microplastiques car ils sont des petites tailles qui peuvent être ingérés facilement par les organismes vivants (Lanbret et al., 2014). On peut classer les microplastiques en deux catégories:

a) Les microplastiques primaire : sont connus par leur taille millimétrique et submillimétrique, provenant du diversement non intentionnel de la matière première de plastique, sont des particules aux usages domestique comme les produits de nettoyage, et ont une origine industrielles pour différentes usage (par exemple les particules de gommage de produits cosmétiques). Ils sont caractérisés par leur facilité de passage à la station dépuracion (Gesamp, 2015).

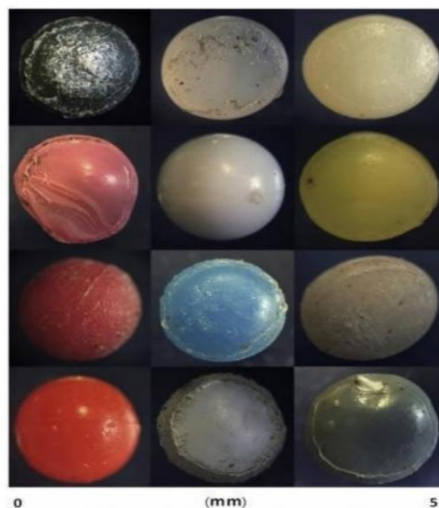


Figure 5: les microplastiques primaires récupérés dans un milieu aquatique .

b) Les microplastiques secondaires: Sont le résultat de la dégradation de plastique plus gros. Le rejet direct dans l'environnement de ces matériaux plus gros est la source de MPs secondaires (Gesamp, 2015). les facteurs physiques, chimiques et biologiques aux quels les débris sont exposés contribuent à la fragilité de ces polymères.

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

Les débris de plastiques perdent leurs forme ainsi que certaines propriétés, en raison des rayons du soleil aux quels ils sont exposés pendant de longues périodes ce qui participe à la corrosion des débris des plastiques (Cole et al., 2011).



Figure 6: les microplastiques secondaires récupérés dans un milieu aquatique .

3. Nature des plastiques en mer

La situation géographique (proche aquatique ou loin des côtes) et la position des colonnes (surface de la mer, colonne d'eau ou sédiments).

- **A la surface de la mer:** On trouve la majorité des microplastiques sous forme de polyéthylène, polypropylène et polystyrène. A ces trois formes des plastiques s'ajoutent autres polymères mais en proportion minimale (Gesamp, 2019).
- **A la colonne d'eau:** ce sont surtout des petits microplastiques et des fibres synthétiques. Ils sont distribués différemment et ils sont moins explorés que la surface de la mer (Galgani et al., 2020).
- **Sur les sédiments:** Les MPs sont constitués de particules denses, en majorité (77%) de polysters ou les polyacariquie qui ont donc subi un transport vertical de la surface vers le fond via une colonisation par des micro-organismes ou une intégration à des neiges marines (Erni- Cassola et al., 2019).

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

- **Sur les fonds marins:** l'accumulation des microplastiques est encore très peu documentée même si l'on sait que de nombreux macro-déchets y sont stockés à l'abri de la lumière et donc avec des cinétiques de dégradation extrêmement lentes.

4. L'origine de débris de plastique

Les débris de plastique se retrouvent à la surface et dans les fonds des mers, et se caractérisent par leurs différentes formes, couleurs et taille. Ainsi que par leurs origine, nous constatons que ces débris peuvent passer par :

- **Déversement aléatoire des déchets sur le littoral par les usagers:** telle que les emballages alimentaires, bouteilles plastiques, des papiers etc Qui sont la première source des macro-déchets (Henry, 2010).
- **Dépotoirs:** de différent types, qu'ils se soient contrôlés ou aléatoire, qui sont situés à proximité des côtes et des cours d'eau.
- **Trafic maritime:** les navires qu'ils soient touristiques ou commerciaux accomplissent des actions illégales. (Galgani et al., 1995) ont prouvé l'existence d'une relation entre les débris de plastiques déposés dans les fonds de la mer et les trajectoires que ces navires suivent c'est-à-dire qu'ils jettent des déchets à la mer.
- **Ports:** en raison des mouvements et des activités dans ces zones, il existe une quantité importante de déchets qui ne sont pas bien éliminés et sont transportés par les courants marins et restant en suspension dans l'eau (Henry, 2010).
- **La pêche:** incluant les pertes d'engins de capture (cordages, filets, casiers, etc.), avec des estimations pouvant aller jusqu'à plus de 600 000 tonnes par an , certains auteurs estimant leur part à 70 % des déchets flottants (Henry, 2010).

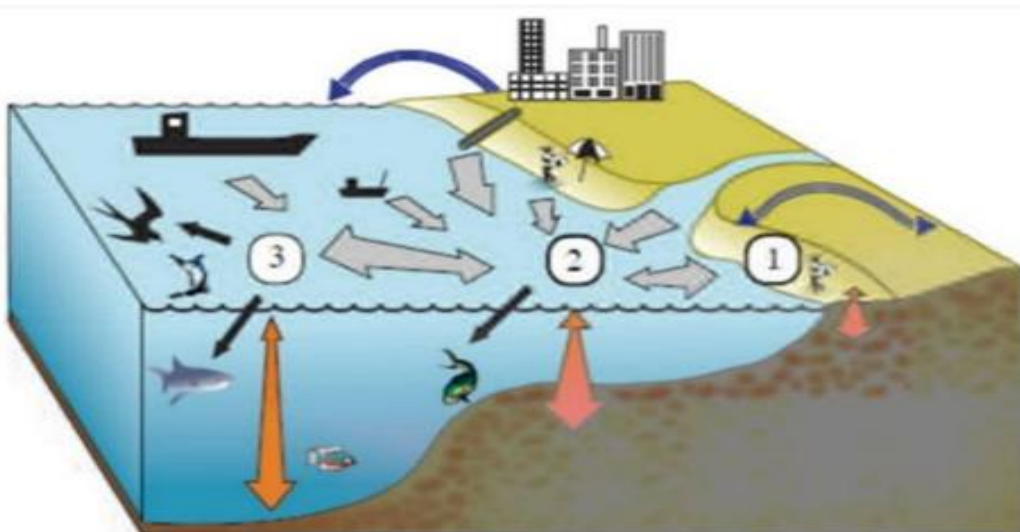


Figure 7 : Les principales origines de plastiques dans un milieu aquatique.

5. Les différents mécanismes de transports de débris de plastique

Les déchets plastiques se répandent et envahissent les zones côtières, et sont le résultat de diverses activités humaines quotidiennes (Andrady, 2011). Les débris de plastiques sont transportés vers les mers et ces zones à travers plusieurs mécanismes et différents facteurs qui les contrôlent à leurs transport (Schwazet et al., 2019).

- La nature des débris de plastique (taille, densité ...).
- Caractéristiques des eaux (la salinité, la densité ..).
- Facteurs environnementaux (le vent, la pluie ...).

- **Le vent** : est considéré comme l'un des facteurs les plus transporteurs des déchets plastiques légers, car il les transporte de très longues distances, par exemple depuis les poubelles de collecte, les dépotoirs aléatoires, les zones d'activités industrielles ... etc , et il les jette sur les plages et en mers. Il a également des effets différents sur les processus de transports et de portage des déchets selon les types de plastiques (Henry, 2010).

- **Les cours d'eau** : est considéré comme le principal transporteur et travaille sur le déplacement des déchets des plages vers les mers. Ainsi que leur transporteur à longue distance (Henry, 2010), ces déchets peuvent provenir d'une source naturelle comme les coupes de bois, ou résulter d'activité comme la pêche.

- **Le système d'assainissement**: les eaux usées à prés traitement transportent une quantité importante de microplastiques (Cole, 2011), qui sont jetés dans les cours d'eaux et s'écoulent directement dans les mers, et sont transportés et érodés par l'action des courants marins (Claessens, 2011).

6 La dégradation des microplastiques

Le plastique qui se trouve dans les milieux aquatiques se dégrade en particules plus petites, des microplastiques ou même en nanoplastiques sous l'action de plusieurs phénomènes comme UV, la pluie ; le vent ou l'érosion mécanique (Verney et al., 2018).

Ils peuvent persister de nombreuses années car ils sont des produits connus par leur stabilité et leur durabilité. Ce sont des matériaux qui seront toutefois lentement transformés et dégradés.

La dégradation des plastiques se manifestent à trois échelles :

- Echelle macroscopique : altération des propriétés sans perte de l'intégrité.
- Echelle microscopiques : liée à la propagation des fissures dans les matériaux.
- Echelle moléculaire : rupture des liaisons, diffusion des enchevêtrements.

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

La biodégradation complète c'est l'assimilation des produits de dégradation en présence des microorganismes à des oligomères ces derniers c'est le résultat de dégradation des matériaux peuvent être assimilés et convertis en gaz (CO₂, CH₄) eau et biomasse (Andrady A, 2017).

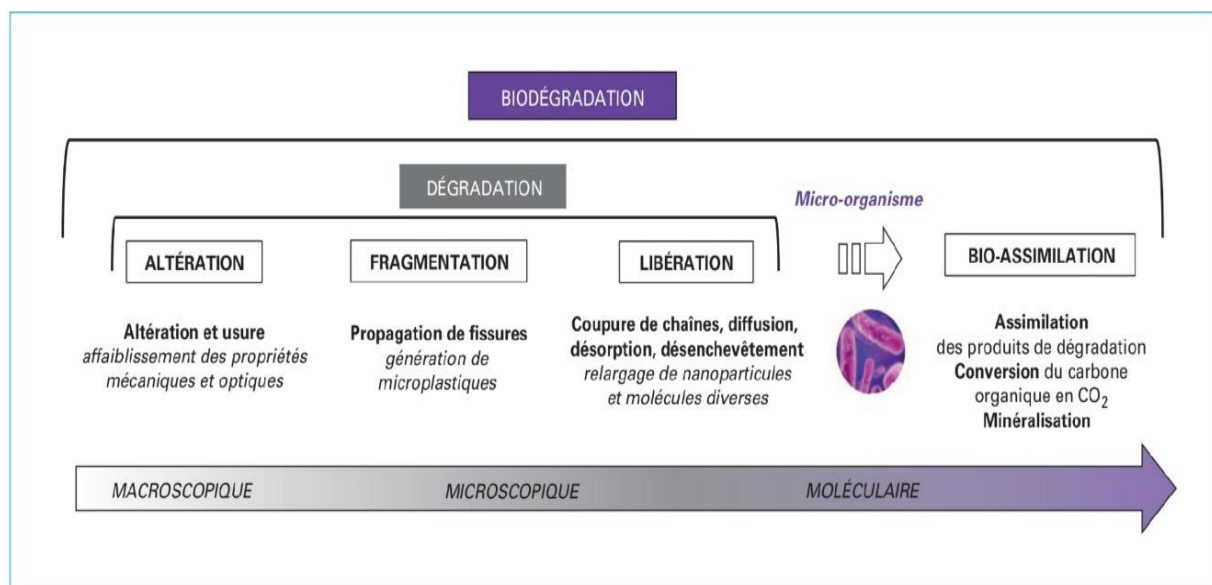


Figure 8 : les différentes échelles de dégradation des plastiques dans l'environnement.

7. Les effets et les impacts induits par les débris des plastiques

7.1 Sur la vie marine :

- Asphyxie de fonds marins : l'accumulation des déchets plastiques provoquent une asphyxie de fonds marins ce qui a pour conséquence une disparition de milieu aquatique.
- Transport d'espèces invasives : les espèces invasives (les algues, les mollusques) sont transportées sur des déchets flottants qui dérivent au fil des courants et se retrouvent à des millions de kilomètres et entraînent une perturbation des écosystèmes locaux (Macfadyen, 2009).
- Concentration des polluants : les MPs sont caractérisés par la fixation et l'accumulation des divers polluants qui augmentent leur concentration et comportent des risques toxiques sur la vie aquatique et la faune.

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

7.2. Sur la faune marine :

Ils sont ingérées par les microorganismes aquatiques, les poissons, les planctons ou les mammifères marins (Wilson et Wilson's, 2017).

L'effet montré est que 250 espèces de poissons consomment du plastique en mer ce qui conduit à divers problèmes : L'étranglement, la suffocation ou l'obstruction des voies digestives.

- Les MPs ingérées sont biodisponibles dans les détritivores et les planctophages ou les organismes filtreurs suivis de leur translocation et leur déplacement dans la chaîne trophique fait débat (Fendall et Swell, 2009).


- Les MPs entraînent une toxicité et une nocivité pour la faune, les éventuels effets toxiques peuvent provenir toutefois de plusieurs voies :

- Le stress conduit par l'ingestion comme le blocage.
- Fuites d'additifs de plastiques comme les plastifiants.

- L'impact des MPs sur le biote marin est inquiétant parce qu'ils entraînent des problèmes de respiration chez les espèces aérobies en obstruant leurs branchies, entrave le passage de la nourriture et réduit les apports nutritifs qui conduit la famine puis la mort de la faune (Wilson et Wilson's, 2017).

- L'absorption des contaminants (POPs, PCP, Pesticides) peut imiter les hormones naturelles ce qui entraîne des troubles de reproduction.

- Les MPs peuvent traverser dans les organes du corps tel que : le foie, les testicules, le sang pour arriver au cerveau qui a pour conséquence sur l'autorisation des signes vitaux du biote (Wilson et Wilson's, 2017).



Chapitre II :
Matériels et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude :

1. Description de littoral de Skikda

Le golfe de Skikda, autrefois appelé golfe de Numidie, se situe entre le cap de fer (Ras El Hadid) et le cap Bou-garoun (Sebâa Rous) que sépare un intervalle de 72 milles. C'est un grand enfoncement en forme de croissant et profond de 26 milles, divisé par un promontoire intermédiaire, le cap Srigina (le cap des singes) en deux baies: la baie de Collo à l'ouest et celle de Stora à l'est (Fig. 9).

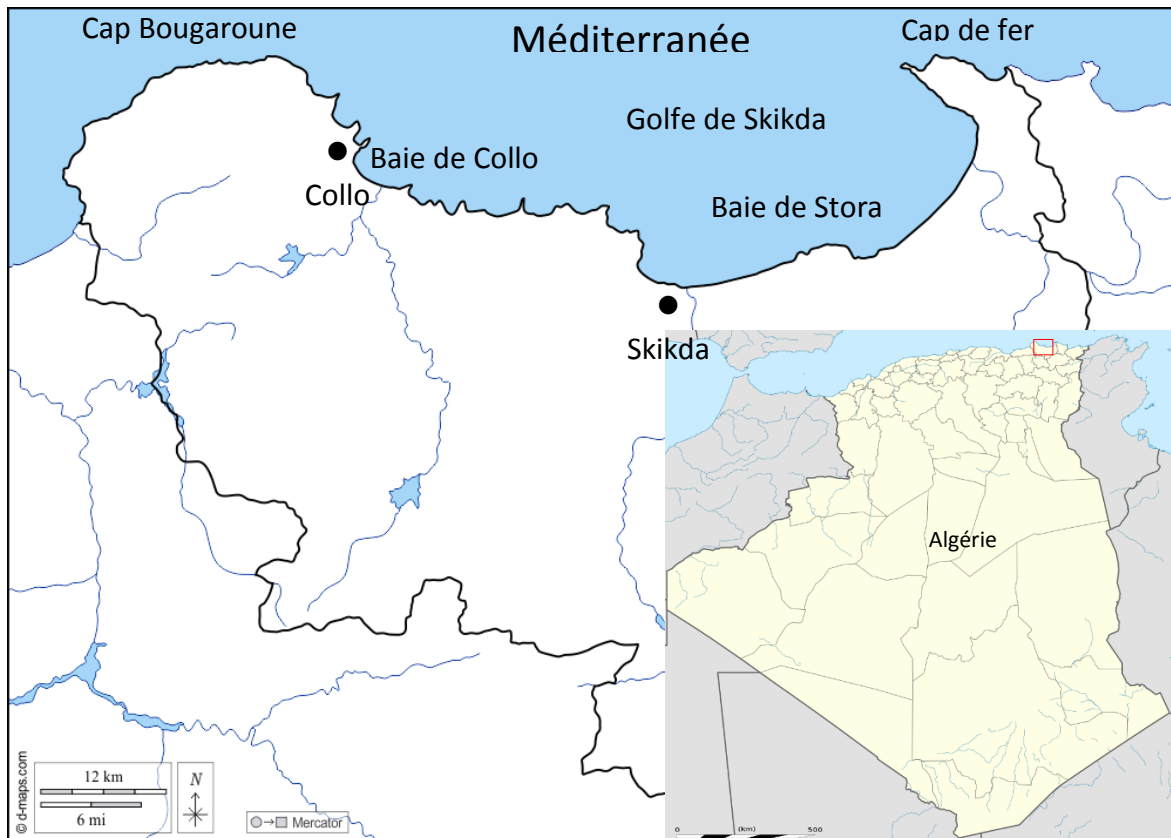


Figure 9: Situation géographique du golfe de Skikda et de la baie de Stora.

Le golf de Skikda s'étend sur 130km de Marsa à l'est jusqu'à oued Z'hour au fins fonds massif de Colle à l'ouest. La zone côtière de Skikda est un écosystème marin dont l'environnement biotique répond à diverses variations (faune, flore, climatique et humaines) (Gueddah, 2003). Cet espace exigu a une grande importance commerciale (accès à la navigation, exploitation et l'activité portuaires.....), c'est un réservoir d'activité économique qui généré un grand problème c'est la pollution (Saker, 2007). Le littoral est considéré comme réservoir de tous les types des rejets a cause de la forte concentration des population et des activités dans cet espace, et ces rejets sont partiellement ou non traités déversés directement dans les cours d'eau (Bouhayane, 2015).

2. Le climat

La région de Skikda est caractérisée par un climat typiquement méditerranéen chaud et sec en été et doux et pluvieux en hiver (Bouhayane, 2015). Elle est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses en Algérie. L'étage humide couvre toute la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets de l'est et du sud, il est variante douce ou tempérée sur le littoral et froide à l'intérieur, et aussi l'étage subhumide couvre le reste de la wilaya notamment les plaines (Saker, 2007).

3. La population

La ville de Skikda est considérée comme l'une des régions les plus peuplées du littoral Algérien avec une population de plus de 200 000 habitants en 2008 (ANPE, 2008) et plus de 276 000 habitants en 2020 (ANPE, 2020). L'augmentation économique-urbaine fait qu'une augmentation des rejets urbains et industriels qui sont partiellement ou non traités et déversé directement ou mer ou dans les réseaux hydrographiques (IE, 1998).

4. Les principaux oueds de Skikda

Les côtiers constantinois centre (Skikda) ont de nombreux cours d'eau et disposent d'un réseau hydrographique dense d'environ 4200km. Ces réseaux s'écoulent de diverses chaînes de montagnes et se déversant directement dans la méditerranée avec des grands bassins versants El-kebir, Saf-Saf centre et Guebli (ANRH, 2006). Ces oueds représentent une place importante dans la région et ils ont un rôle très important dans l'agriculture et la richesse et la diversité de la faune et la flore de la région. Ils ont été pourtant menacé par la pollution qui résulte de la croissance démographique, de l'activité industrielle et les rejets incontrôlés et la forte utilisation des produits agrochimiques (Benrabah et al., 2012).

4.1. Oued Saf-Saf

C'est le plus grand bassin versant des côtiers constantinois est le principale et le plus important oued dans la wilaya de Skikda (Labar, 2009). Son bassin versant s'étend sur une superficie de 1 165 km² (ANPE, 1994), et son écoulement annuel moyen est 150hm³ (Gueddah, 2003). Cet oued est menacé par le problème de pollution qui menace la qualité de ces eaux à cause des pratiques industrielles et agricoles intensive ainsi que les rejets urbains (Khelfaoui et al., 2010). Il est drainé par les eaux usées domestiques des agglomérations d'El-Harrouche et quelques rejets de la ville de Skikda par l'oued de Zeramma qui se déverse dans l'oued. Une autre source de pollution c'est les rejets de l'effluent de raffinerie de Sonatrach (Saker, 2007).



Figure10: Image satellitaire d'oued Saf-Saf.

5. La pollution générée par les activités économiques

5.1. L'industrie

La ville de Skikda est considérée comme un pôle très important dans le domaine de transformation et de transport des hydrocarbures parce que elle contient l'un des plus grand complexe d'industrie pétrochimiques en Afrique qui se situe dans la zone industrielle de la wilaya (Saker, 2007). La zone industrielle est située à 4km l'Est de la ville de Skikda s'étend sur une superficie de 1200ha à l'aval du bassin versant de l'oued Saf-SAF. Elle regroupe des ensembles des unités industrielles dans le domaine de transport, raffinage et transformation des hydrocarbures (Mezedjri et al., 2008) dont la gestion est assurée par l'entreprise de gestion de la zone industrielle (EGZK) le secteur industriel est caractérisé par l'activité pétrochimiques représentée par le complexe des matières plastiques et le complexe de raffinage des autres complexes (Labar, 2009).

5.1.1. L'impact du complexe pétrochimique plastique sur la qualité des eaux

Situé à 5km à l'Est de ville de Skikda sur une surface de 54ha. Ce complexe est composé d'un ensemble d'unités pour un objet de la fabrication des produits thermoplastiques tels que le Polychlorure de Vinyle (PCV) et le Polyéthylène de Basse densité (PEBD) pour les besoins de l'industrie national de la transformation du plastique et ces dérivés, il possède une sous station de traitement des eaux après la production des plastiques durant les différents étapes de production puis ces eaux sont transportées pour un traitement complet et malgré ces procédés les eaux usées sont très chargées par les polluants organiques et bactériens qui n'ont pas été bien éliminés (Ben Ali, 2015) et aussi des déchets solides de débris de plastiques comme les bouliers de PVC et des particules fines de PVC et des filaments de Polyéthylène (Labar, 2009).

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Les eaux de ce complexe sont déversées dans la mer ou dans les réseaux hydrographiques comme l'oued Saf-Saf.



Figure 11: La situation de la zone industrielle dans la ville de Skikda.

5.2. L'activité agricole

La région de Skikda dispose d'une superficie agricole de plus de 19 000ha dont 91% est occupée par des cultures herbacées et le reste exploitées par autre cultures, la majorité des terres agricoles productives est localisée dans la plaine du Safsaf avec des culture prédominante les agrumes et la fraise (Bouhayane, 2015). L'agriculture c'est la première cause de pollution diffuse des ressources en eau a cause de la forte et le surutilisation des produits phytosanitaires et l'utilisation excessive des fertilisations ainsi que les films plastiques utilisés pour la culture industrielle sont mis en l'air libre (Labar, 2009).

5.3. Activités portuaires commerciales

Skikda possède deux ports l'ancien et le nouveau pour l'activité économique et commercial, le mouvement de navigation annuel étant estimé à 2310 navires dont 1080 pétroliers qui assurant près de 25% du trafic maritime nationale (ANPE, 1994). Le port mixte est situé dans la ville de Skikda et permet le passage des passagers et des marchandises et l'exportation des produits pétroliers et le nouveau port est dédié à l'exportation des produits pétroliers et se situe à l'Ouest de la zone industrielle (Bouhayane, 2015).

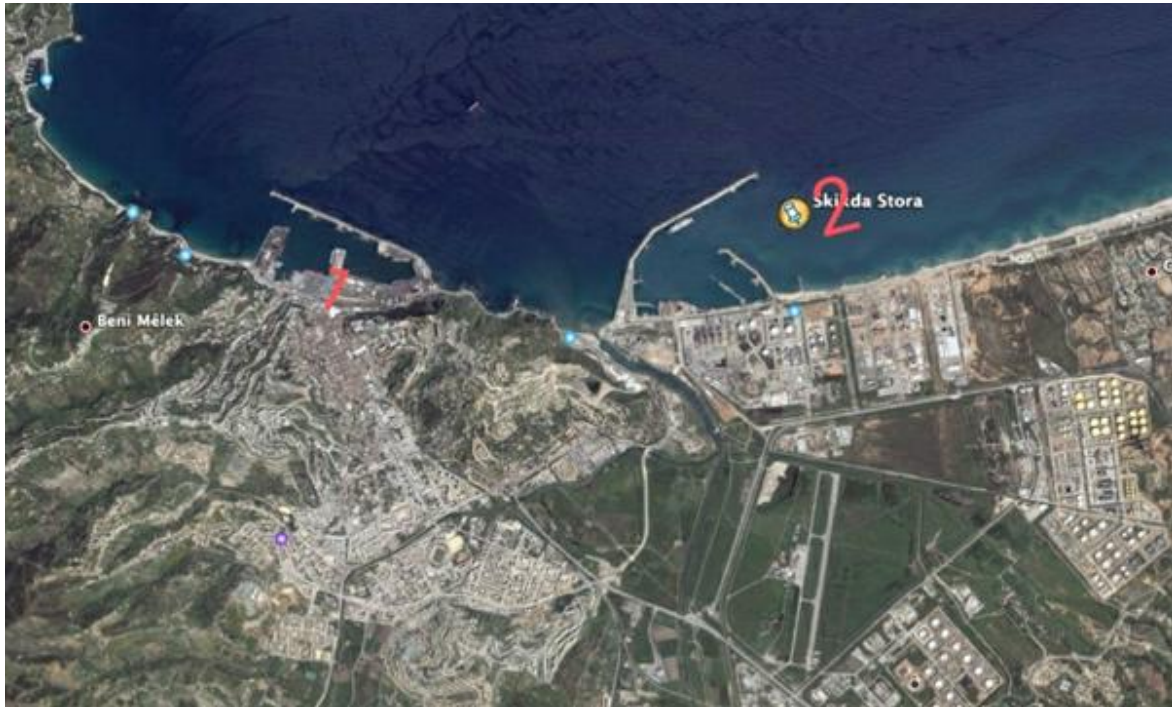


Figure12 : Situation de l'ancien (1) et le nouveau port (2).

5.3.1. La pollution générée par les ports commerciaux

Les hydrocarbures sont représentés la plus importante source de pollution issue de l'activité portuaire (Gueddah, 2003).

- les rejets opérationnels : les plus importants sont le nettoyage de la cargaison et des déchets des navires après leur retour au port, en plus des fuites d'huile de graissage, de la combustion du fuel par les pétroliersetc (Gueddah, 2003).
- les rejets accidentels : les accidents des navires citernes sont les sources les plus connues de pollution du milieu marin, les déversements liés à ces accidents sont soudains, occasionnels (explosion, collision, échouage) avec d'importantes quantités et souvent dévastatrices (Saker, 2007).

5.4. L'activité de pêche

L'activité de pêche dans la wilaya de Skikda représente une activité économique très importante comme toutes les wilayas côtières, la biomasse halieutique est évaluée à 19 000T avec un stock ne dépassant pas le 6 000T/an (Gueddah, 2003), elle dispose d'une ressource halieutique non négligeable avec une superficie de pêche de 3068km² et possède 03 ports de pêche: Stora, Marsa et Collo (ISTPM, 1984).

5.4.1. Le port de pêche Stora

Avec une superficie de 3.4ha, se trouvant au sud-ouest de la baie de Skikda à l'ouest des deux ports de commerce (Saker, 2007). Il a une grande capacité d'accueil de chalutiers et de sardiniers et toutes les commodités nécessaires: station de carburant, fabrication des glaces, case à pêche, point de vue de matériel de pêche et une unité de salaison traditionnelle et 4 chambres froides (Gueddah, 2003).



Figure13 : Image satellitaire de le port de pêche Stora.

5.4.2. Les ressources halieutiques (la faune marine)

La ville de Skikda recèle d'une grande richesse en faune marine, elle est représentée par près de cinquante espèces pêchées dans les eaux territoriales.

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Tableau 2: Espèces animales pêchées dans la baies de Skikda (Saker, 2007).

Groupe	Non commun
Pélagique	Sardine, Allache, Anchois, Chinchard, Limon, Maquereau, Thon, Bonite, Espadon
Squale	Roussette, Raies, Requin et chien de mer
Crustacé	Homard, Langouste, Crevette rouge, Crevette blanche, Cigale
Mollusque	Seiche, Calmar, Poulpe
Demersal	Merlu, Poutasou, Motelle, Capelan , Muges, Picarels, Rougets, Loup, Merou , Corvinas, Rascasse, Bogue et saupe, Denté et pagre, Sar, Besoug et pageot, Dorade, Vives, Grandins, Baudroie, Saint-pierre, Limande, Gardiner, Sles

5.4.3. La pollution générée par l'activité de pêche

- Les rejets urbains au sein du même port et les eaux de lavages des chalutiers et sardiniers.
- Les rejets opérationnels tels que les d'huiles du moteurs et les eaux de lavage.
- Les rejets accidentels liés à l'explosion, collision et échouage (Saker, 2007).



Figure14 : La situation de port de pêche, l'ancien port, nouveau port et la zone industrielle dans la ville de Skikda.

II. Echantillonnage et mensuration des poissons

1. Echantillonnage

Notre manière d'échantillonnage consiste en un achat de poissons durant la période Avril-Mai 2023, les espèces de poisson (objet d'études) capturées au niveau du Golfe de Skikda ont été achetées à partir des poissonneries de l'avant-port de pêche de Stora, elles ont été transportés immédiatement dans une glacière vers les laboratoires pédagogiques à l'université Abbes Laghrour de Khenchela pour mensuration et analyses. Les 4 espèces ciblées dans cette étude sont : *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops*, c'est des espèces vendues à bas prix et à large consommation en Algérie .

1.1. *Sardinella aurita*

Noms : les noms anglais, espagnols, français et portugais de *Sardinella aurita* sont : sardine, pilchard, allachen et sardina.

Description de l'espèce : la sardinella 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 de nombreuses stries. Le dos est de couleur bleu à bleu vert ; les flancs argentés et le ventre blanc. Une ligne longitudinale jaunâtre se situe à mi-flancs. Une tache noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule (Fisher et al., 1987). La tête de *sardinella aurita* est assez forte et aplatie en dessous. Le museau est mince, mais la bouche est grande (Boudelrel, 1948).

Distribution géographique et migration: *Sardinella aurita* est une espèce pélagique côtière qu'on rencontre près de la surface des eaux littorales jusqu'à 350m de profondeur au-delà du plateau continental (Fisher et al., 1987). Elle est grégaire, et se déplace en bancs qui effectuent des migrations saisonnières liées à la température de l'eau (Postel, 1955). Les bancs de *sardinella aurita* font des migrations nyctémérales, puisqu'elles viennent en surface, pendant la nuit et s'enfoncent pendant la journée. Cette espèce préfère les eaux très claires et très salines (Binet, 2005). La répartition géographique de *Sardinella aurita* est très vaste puisqu'on trouve en mer Noire, dans toute la Méditerranée, dans l'Atlantique oriental, depuis Gibraltar jusqu'en Afrique du Sud (Saldanha bay) dans l'Atlantique occidental, du Brésil au golf du Mexique, ainsi que dans l'Indopacifique (Indonésie, mer de Chine) (Chikhi, 1996).

Reproduction et croissance: la reproduction des sardinelles est externe et se déroule dans la colonne d'eau. Les détails ne sont pas connus, les œufs de sardinelles sont pélagiques et de très petite taille (1-2mm) (Ben-Tuvia , 1960). Ils éclosent après environ 24 heures (Conand, 1977). L'allache des côtes tunisiennes a une croissance rapide au cours de la première année de vie: elle atteint 12cm au bout de 6 mois soit 47% de sa taille maximale observée. L'âge maximal

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

observé est de 7ans, il correspond en moyenne à une longueur à la fourche de 23cm. chez l'allache le poids croît proportionnellement plus vite que la longueur (Anonyme, 2005).

Alimentation: l'allache se nourrit essentiellement de zooplancton et en particulier de copépodes mais aussi de larves et alevins de poissons et de phytoplancton (Fisher et al., 1987). La nourriture préférentielle de la *sardinella aurita* est les copépodes *Calanoides carinatus* et *calanus helgolandicus* (Binet, 1976)

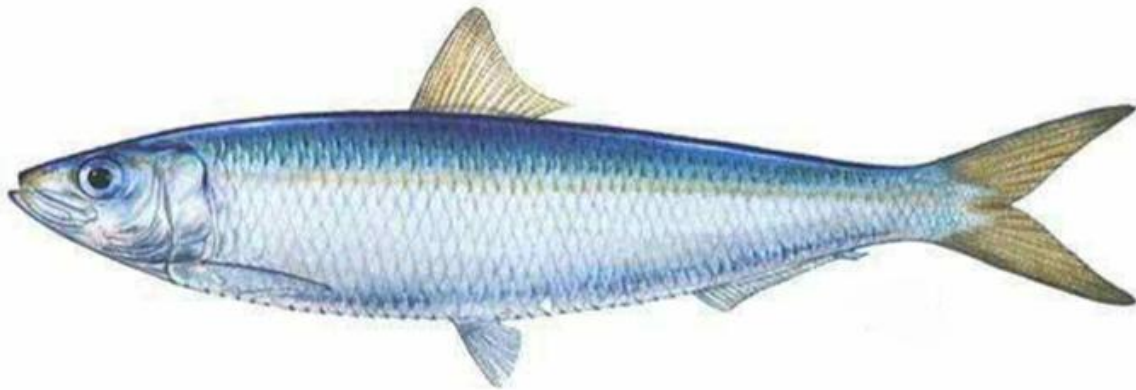


Figure15 : *Sardinella aurita* (l'Allache).

1.2. *Sardina pilchardus*

Description de l'espèce: La sardine (*Sardina pilchardus*) est un petit poisson pélagique grégaire appartenant à l'ordre des clupéiformes (Jemaa, 2014). Se caractérise par un ventre argenté brillant, un dos bleuté, des écailles sessiles qui se détachent facilement du corps, un opercule strié; et les deux derniers rayons de la nageoire anale sont plus allongés que les précédents, elle possède également une série de taches sombres le long des flancs supérieurs (Benguendouz et al., 2018). Sa taille maximale est de 25cm (Hattour, 2000).

Distribution géographique et migration: Elle vit dans les eaux côtières à une profondeur de 120m (Gaamour et al., 2000). Pendant la journée elle se trouve à 30 à 55m et remonte à 15 à 35m de profondeur la nuit. Déplace horizontalement de faible amplitude par le changement saisonnier qui migre du large vers les côtes durant le printemps et des côtes vers le large à la fin de l'automne (Jemaa, 2014). Elle est défit comme un poisson du plateau continental (Benguendouz et al., 2018). Elle évolue en Atlantique Nord-Est de la Norvège à l'Écorce jusqu'au Sénégal, et en Méditerranée (Baibai et al., 2012).

Reproduction et croissance: La maturité sexuelle est acquise à une taille variable comprise entre 10 et 20cm, atteinte à $16,3 \pm 0,31$ cm pour les mâles et $17,5 \pm 0,35$ cm pour les femelles qui se reproduisent dans une eau dont la température est de $16,3-18,9^{\circ}\text{C}$. La sardine se caractérise

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

essentiellement par une croissance rapide, une durée de vie courte, une grande fécondité et une mortalité élevée surtout en phase larvaire (Rochet, 2000).

Alimentation : Elle s'agit d'une espèce planctophage, les jeunes se nourrissent principalement de phytoplancton, de larves de poissons et de petits crustacés (Forest, 2001). La sardine utilise deux modes de nutrition le particulate-feeding qui est une prise de nourriture volontaire par la bouche, et un filtre-feeding qui représente la filtration de petites particules grâce aux branchies.



Figure16 : *Sardina pilchardus* (la Sardine).

1.3. *Trachurus trachurus* (saurel)

Description de l'espèce : Le Saurel est un poisson Téléostéen osseux, présentant 2 nageoires dorsales presque jointives et épineuses (Actinoptérygien) (Quero, 1997). La vessie natatoire, généralement close, n'est pas en communication avec le tube digestif. Letaconnoux (1951), rapporte que cette vessie n'est totalement fermée, mais possède un canal qui longe l'aorte et s'ouvre sur la muqueuse de la cavité branchiale. Le genre *Trachurus* comprend 38 espèces, il distingue des autres carangidés par 2 lignes latérales l'une sinueuse dite principale est recouverte de scutelles, ou écailles agrandies et déformées (Korchi, 1988) et l'autre accessoire ou secondaire, bien développé partant de la nuque, en suivant la base des nageoires dorsales, pour se terminer sous les 19^{ème} et 31^{ème} rayons mous de la seconde nageoire dorsale (Nelson, 1984).

Distribution géographique : Les saurels se rencontrent dans les eaux atlantiques (Nord et Sud) en Méditerranée occidentale et orientale, dans l'océan pacifique et indien (Letaconnoux, 1951). Espèce vivant en bancs, rencontrée fréquemment sur les fonds sableux à une profondeur de 100 à 200m mais parfois en eau plus profonde, jusqu'à 600m environ aussi pélagique et parfois près de la surface (FAO, 1987).



Figure 17: *Tachurus trachurus* (saurel) .

1.1. *Boops boops* (bogue)

Description de l'espèce: La bogue, *Boops boops* est une espèce de la famille des Sparidae qui présente un corps fusiforme, peu élevé et très peu comprimé dans sa partie antérieure à section subcylindrique, œil de grande taille, une petite bouche avec des dents incisiformes. Leur dos est gris bleuâtre et le ventre argenté, blanc brillant avec flancs à 3 ou 5 bandes étroites longitudinales durées. La bogue ne dépasse pas 39cm de longueur, elle vit en profondeur et elle remonte en surface surtout la nuit (Jean et al., 2009).

Distribution géographique: Espèce démersale à épipélagique au-dessus du plateau continental sur tous les fonds (sable, vase, roches, herbiers) jusqu'à 350m. La bogue est une espèce très commune dans la méditerranée, très rare en mer Noire. Dans l'Atlantique orientale, Nord, rare de la mer du nord jusqu'au golf de Gascogne, sud, peu abondante du golfe de Gascogne, côtes Ouest Africaine jusqu'à Angola (Bonnet, 1996).

Reproduction et croissance: Les stades de maturité sont habituellement déterminés par l'identification des stades de développement, et ceci est réalisé soit en examinant l'aspect morphologique de gonade elle-même ou par l'examen histologique (Negm, 2004). La croissance d'un poisson peut être défini très simplement comme un changement poids et de la taille avec le temps (Pauly et Moreau, 1997).

Alimentation: La bogue est omnivore, elle se nourrit de proies benthiques (Crustacés, Mollusques, Annélides et Sipunculides) et pélagiques (Siphonophores, Copépodes), les algues chlorophycées constituent une part non négligeable dans son alimentation. Les jeunes surtout sont carnivores (se nourrissent des Crustacés, Mollusques) et les adultes sont herbivores (se nourrissent d'herbe et substances végétales) (Anato et Katari, 1983).



Figure 18: *Boops boops* (la bogue).

2. Etude biométrique

2.1. Mesure de la longueur et de poids

2.1.1. La longueur

Les mesures ont été effectuées, pour chaque poisson à l'aide d'une règle graduée au millimètre près, sur différentes longueurs comme suit



Figure19 : Préparation des espèces pour la mensuration de la longueur en centimètre.

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

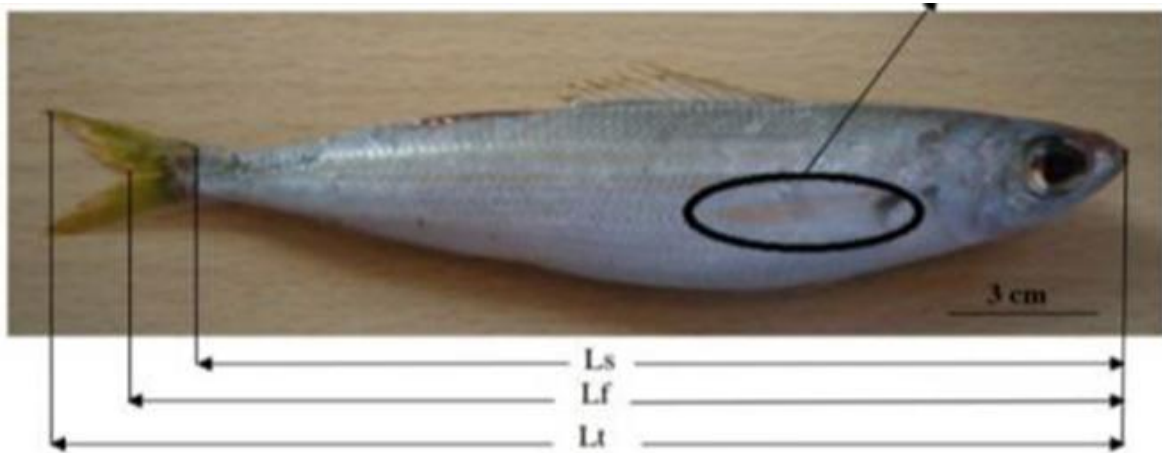


Figure 20: Les différentes mensurations de la longueur.

- La longueur Totale (LT) : c'est la longueur allant du bout du museau jusqu'à l'extrémité du rayon le plus long de la nageoire caudale.
- La longueur à la Fourche (LF) : c'est la longueur allant du bout du museau jusqu'à l'extrémité des rayons médians de la nageoire caudale.
- La longueur Standard (LS) : c'est la longueur allant du bout du museau jusqu'au pli articulaire de la nageoire caudale.

2.1.2. Le poids

Les poids ont été mesurés à l'aide d'une balance électronique.

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



Figure 21 : Le poids total en gramme.

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

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



Figure 22: Le poids éviscéré en gramme.

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



Figure23 : Le poids GIT en gramme.

3. Dissection

A l'aide des ciseaux chirurgicaux et des pinces les individus ont été disséqués par l'ouverture de la cavité abdominale de l'anus jusqu'à l'opercule les gonades, le foie et le tube digestif ont été extraits, le poids éviscéré et le poids gastro intestinale de chaque individu ont été mesurés aussi après la séparation des gonades.



Figure 24 : La dissection et l'ouverture de la cavité abdominale des poissons.

4. Détermination du sexe

Pour la détermination du sexe, ce dernier est opéré visuellement après l'observation des gonades, dès l'ouverture de l'abdomen dont la couleur et la forme diffèrent selon le sexe (mâle ou femelle). Après l'autopsie nous avons extrait les gonades de chaque individu après la séparation de tube digestif.

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



Figure25: Les gonades femelles couleur jaunâtre.

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

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



Figure26 : Les gonades mâles couleur blanchâtre.

5. Préparation de solution

Après avoir fait une pesée du tube digestif de tous les poissons nous préparons la solution de H_2O_2 15% à partir de la solution H_2O_2 30% après la dilution avec l'eau distillée, pour chaque 1g nous mettons 20ml de H_2O_2 15%.



Figure 27 : Préparation de H_2O_2 15% par la dilution de H_2O_2 30%.

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Tous les échantillons sont placés dans les béchers est souhaitables être un peu grand pour éviter la perdre de la solution, chaque bécher porte son code d'échantillon et il est fermé hermétiquement par le papier d'aluminium pour éviter l'évaporation de la solution.



Figure 28: Tube digestif dans la solution H₂O₂ 15%.

Tous les béchers sont placés ensuite dans le four à une température 60°C pendant une période allant de 2 à 4 jours ou encore plus, jusqu'à la décomposition complète de la matière organique.



Figure29 : Les échantillons dans le four.

6. Filtration

Tous les échantillons ont été filtrés sur papier wattman (0,45micrometre de diamètre) à l'aide d'une pompe à vide. Après le processus de filtration, le papier filtre est stocké dans une boîte de pétri avec des codes avec des couvercles pour éviter la contamination. En fin, une observation des particules de plastiques a été effectuée à l'aide d'un Stéréomicroscope.



Figure 30 : La filtration des échantillons.

7. Identification des microplastiques

Une première exploration des débris de plastiques a été faite à l'œil nu, suivie par une observation méticuleuse sous un stéréomicroscope. Les particules des MPs sont évaluées visuellement et classés selon [Jabeen et al. \(2016\)](#) selon leur forme en filament (fibres), les fragments (petits morceaux) et en films. La mensuration de la longueur de ces particules, un logiciel de traitement d'image (Image J ver:1,46r) a été utilisé.



Figure 31 : L'identification de débris de plastique sous stéréomicroscope.



Chapitre III :
Résultats et discussion

I. Résultats

1.1. Les paramètres biologiques

L'étude biométrique (mesuration de poids et longueur) a été faite pour connaître s'il y a une relation entre les paramètres biologiques et la concentration des microplastiques (MPs) dans le tractus gastro-intestinale des poissons. Les mesures des paramètres biologiques des échantillons sont présentées dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3: Résumé statistiques des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf Skikda.

Espèce	Nombre de spécimens N	Poids total moyen (Ptm) en g	Longueur total moyen (Ltm) en cm	Sexe ratio F:M:I
<i>Sardinella aurita</i>	15	34.52	16.44	11:3:1
<i>Sardina pilchardus</i>	15	30.4	15.5	7:6:1
<i>Trachurus trachurus</i>	15	43.46	17.25	7:5:3
<i>Boops boops</i>	12	79.45	20.25	5:5:2
Total	57			30:19:8

Le tableau 3 montre qu'il y a une diversité biologique importante entre les échantillons de poisson examinés. Concernant le poids total moyen, c'est *Boops boops* (la bogue) qui montre le poids le plus lourd (79.45g) représentant 1.5 fois le poids total moyen de *Trachurus trachurus*, et plus que le poids total moyen des deux espèces de sardine (*Sardinella aurita* et *Sardine pilchardus*) ensemble.

Par rapport à la longueur totale moyenne des quatre espèces de poissons, elle suite la même évolution du poids, la longueur la plus élevée est celle de la bogue puis *Trachurus trachurus* suivis par les deux espèces de sardine.

Le sexe ration des 57 individus (sexe femelle: sexe mâle: sexe indéterminé) F:M:I = 30:19:8. Le sexe le plus dominé c'est le sexe femelle. Les femelles prédomine chez *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus* et *Trachurus trachurus* mais chez la bogue on a une égalité entre les femelles et les mâles. Au total, on n'a pas pu identifier le sexe de 3 individus (Tab. 3).

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 étudiées par les débris de MPs est représenté dans le tableau 4. En effet, pour les 57 spécimens le pourcentage de contamination pour toutes les espèces de poissons est 100%. Tous les spécimens examinés des quatre espèces ont été contaminé par le débris de plastiques et contiennent au moins une particule de plastique dans leurs tractus gastro-intestinal.

Tableau 4 : Nombre et pourcentage des individus contaminés par les MPs .

Espèce	Nombre des individus contaminés	Pourcentage
<i>Sardinella aurita</i>	15	100%
<i>Sardine pilchardus</i>	15	100%
<i>Trachurus trachurus</i>	15	100%
<i>Boops boops</i>	12	100%
		$\bar{X}=100\%$

1.2.2. Fréquences des MPs ingérés

L'identification microscopique a permet de compter un nombre total 411 de débris de MPs au sein de 57 individus. Représentant une moyenne de $7.3(\pm 3.7)$ de MPs par individus tableau 5.

Tableau 5 : Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces étudiées.

Espèce	Nombre de MPs	Min	Max	Médiane	Moyenne	Ecart type
<i>Sardinella aurita</i>	157	4	29	8	10.46	6.35
<i>Sardina pilchardus</i>	62	1	15	4	4.13	3.35
<i>Trachurus trachurus</i>	59	2	7	3	3.8	1.56
<i>Boops boops</i>	133	5	17	10	10.83	3.92
Totaux (n=57)	411	1	29	6.2	7.3	3.7

La fréquence des MPs varie entre 1 à 15, 2 à 7, 4 à 29 et 5 à 17 chez *Sardina pilchardus*, *Ttrachurus trachurus*, *Sardinella aurita* et *Boops boops* respectivement. La distribution des particules dans les échantillons de poissons à révélé que l'abondance des débris de MPs dans le tube digestif des spécimens de *Boops boops* et *Sardinella aurita* est presque égale avec un moyenne de $10.83 (\pm 3.92)$ et $10.46 (\pm 6.35)$ respectivement et par apport la *Sardina pilchardus* et *Trachurus trachurus* ont des moyennes qui varient respectivement entre $4.13 (\pm 3.35)$ et $3.8 (\pm 1.56)$.

Chapitre 03 : Résultats et discussion

Il est à souligner par ailleurs qu'un seul spécimen de *Sardine pilchardus* a ingéré un seule particule de MPs, et un maximum de 29 particule a été ingéré par un seul spécimen de *Sardinella aurita*. Les résultats obtenus montrent aussi que les espèces pélagiques (les deux espèces de sardine) ingèrent plus de débris de plastiques que les espèces démersales (la bogue et la saurel) avec 219 et 192 débris de plastiques respectivement.

1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes

Dans le tractus gastro-intestinal de 57 individus de poissons étudiés il y a une diversité des formes (filament, fragment et film). La forme la plus répandue chez les quatre espèces c'est les filaments. En effet, un totale de 411 MPs ont été récupérés qui sont distribués comme suit: les filaments viennent en premier lieu avec 91.76%, suivies par les fragments qui représentent 7.15%, alors que les débris de plastiques sous forme de film ne représentent que 1.06%. *Sardinella aurita* a accumulé dans son tube digestif 148 MPs sous forme des filaments suivi par la bogue (108 filament) puis *Sardina pilchardus* (61 filament) et en fin la saurel avec 55 filaments. L'espèce *Boops boops* a accumulé plus de fragments (24) que les autres espèces. Il faut souligner l'absence de MPs sous forme de film chez *sardina pilchardus* et l'absence de MPs sous forme de fragment chez *Trachurus trachurus* (fig. 32).

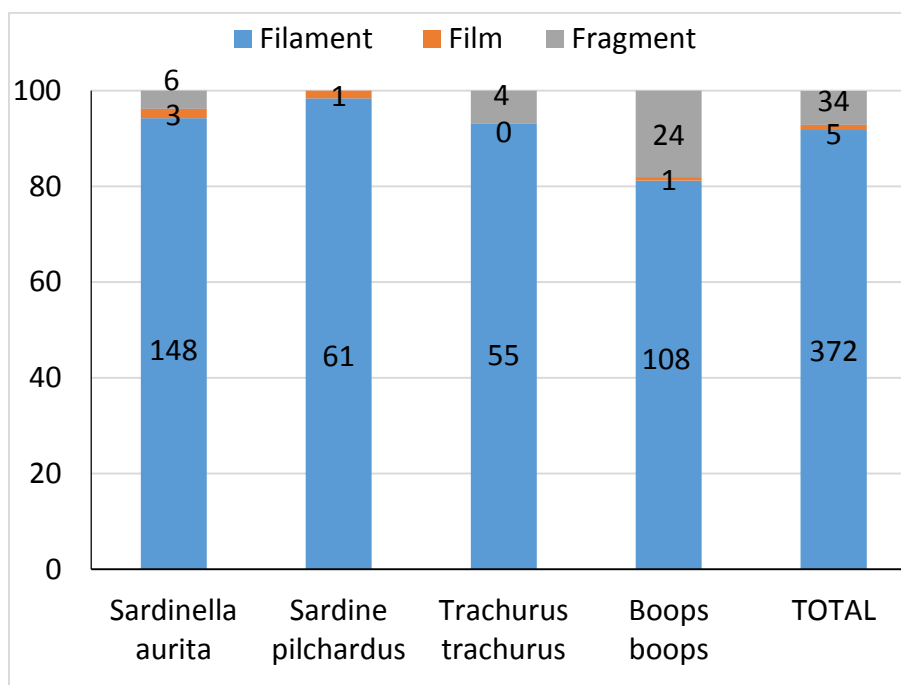


Figure 32: Distribution des MPs ingérés selon leurs formes pour les quatre espèces de poissons étudiées.

1.2.4. Distribution des MPs selon leurs tailles

Les particules de plastiques observées dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés ont été mesurées individuellement. 400 débris de plastique représentant 97.6% de taille inférieure à 5mm sont classés comme des microplastiques (MPs), 11 débris de plastique représentent 2.4% de taille comprise entre 5mm et 25mm ce sont des mésoplastiques, les macroplastiques de taille supérieure à 25mm n'ont pas été observés. Chez *Sardina pilchardus* aucun mésoplastique n'a été observé dans son tractus gastro-intestinale, alors que chez les trois autres espèces les mésoplastiques ont été observés avec un nombre qui ne dépasse pas 5 fragments (Fig. 33).

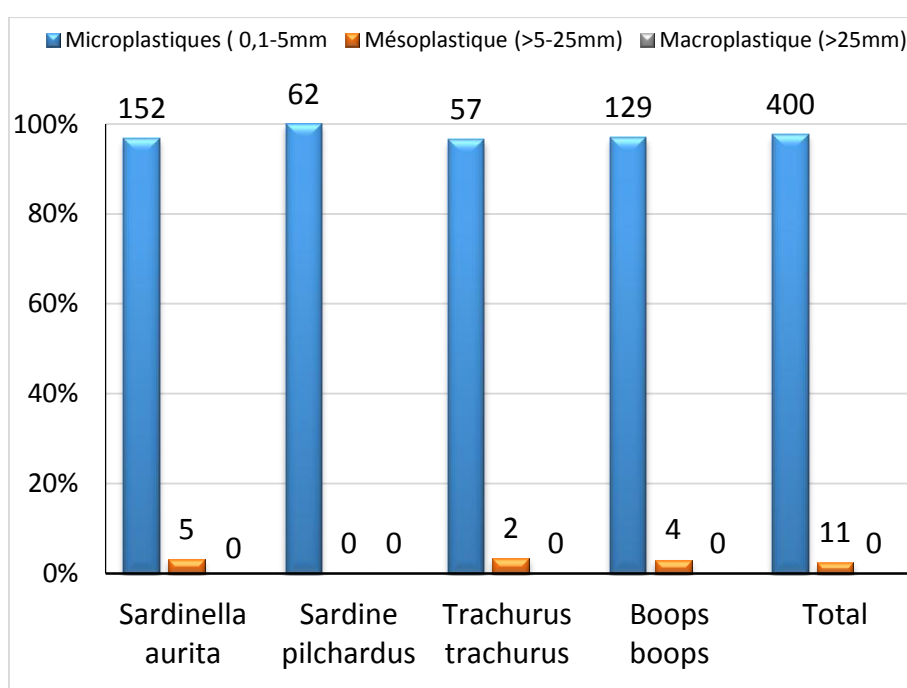


Figure 33: Distribution des particules de MPs selon leurs tailles pour les quatre espèces de poissons étudiées.

1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs

La couleur des particules des MPs dans le tube digestif des quatre espèces étudiées a été diversifiée (noir, rouge, transparent, bleu et jaune). La couleur dominante chez les trois espèces *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus* et *Trachurus trachurus* c'est la couleur noire représentant 62.90%, 52.86% et 52.54% pour les trois espèces respectivement. Tandis que chez la bogue la couleur la plus répandue c'est la couleur transparente qui représente 44.36% suivie par la couleur noire 42.10%. La deuxième couleur des MPs qui domine c'est le rouge chez *Sardina pilchardus* et *Trachurus trachurus* qui va dans l'intervalle 19-40%, mais chez *Sardinella aurita* la

Chapitre 03 : Résultats et discussion

deuxième couleur domine c'est le transparent 19.10%. La couleur bleu varie dans l'intervalle 3-16% chez tous les spécimens (Fig. 34).

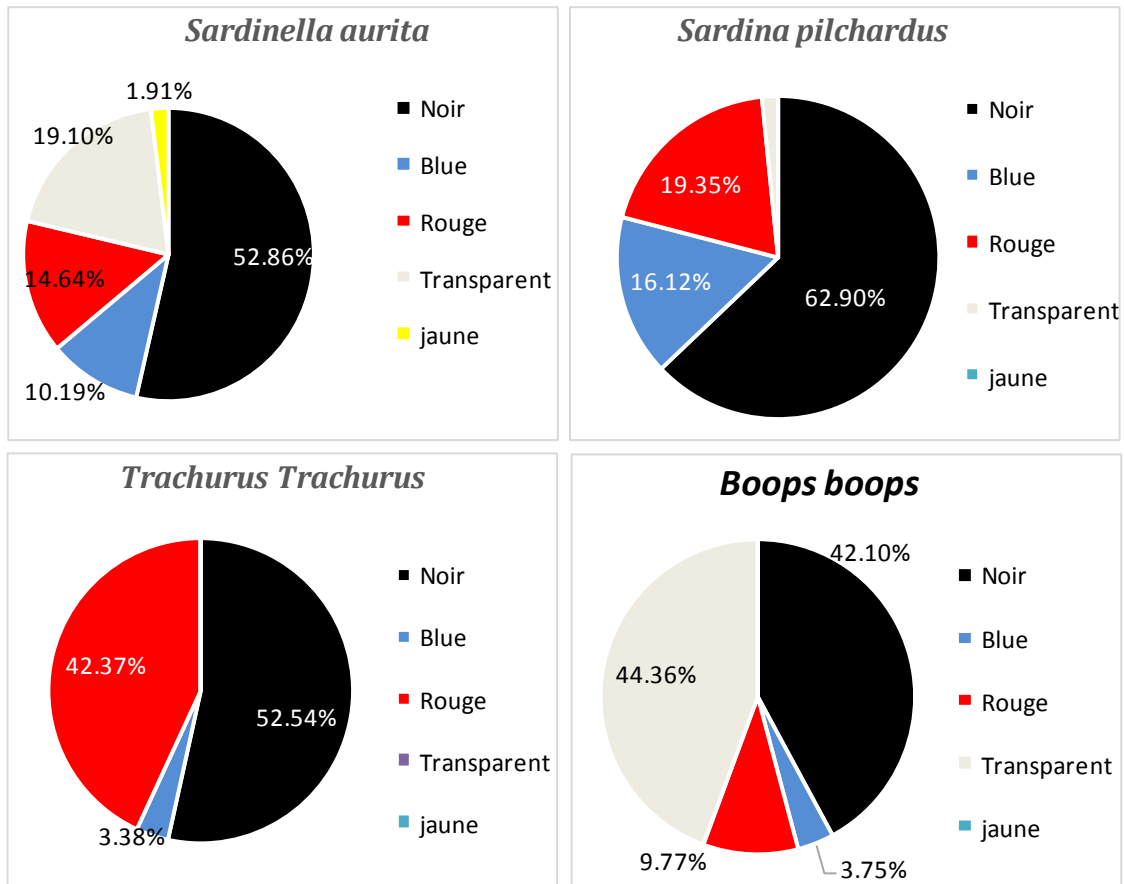


Figure 34 : Distribution des MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.

La figure 35 représente des exemples de particules de débris de plastiques observés sous stéréomicroscope. Les photos obtenues représentent les différentes couleurs, formes, types et tailles des MPs ingérés par les quatre espèces de poissons étudiées. En effet, la figure 35 A représente un filament noir égale à 4mm ingéré par *Sardina pilchardus*; la figure 35 B représente un filament bleu égale à 0.72 mm ingéré par *Sardina pilchardus*; la figure 35 C représente un filament rouge égale à 5mm ingéré par *Sardinella aurita*; la figure 35 D représente un filament bleu égale 0.5mm ingéré par *Sardina pilchardus*; la figure 35 E représente un film transparent égale à 4.85mm à grossissement $\times 10$ ingéré par *Sardinella aurita*; la figure 35 F représente deux fragment rouge égale à 0.25 mm et 0.75 mm ingéré par *Trachurus trachurus*.

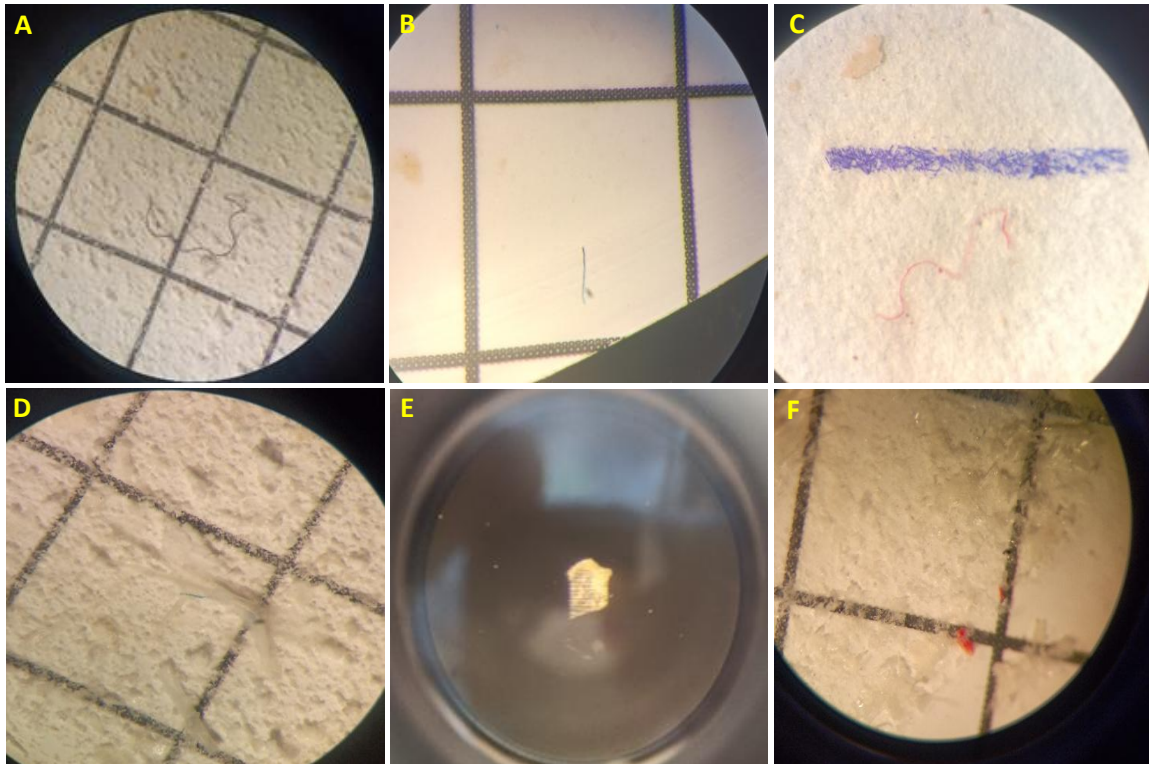


Figure 35: Des exemples de particules de plastiques des différentes espèces étudiées observées sous stéréomicroscope.

1.2.6. Distribution des MPs ingérés selon le sexe des poissons

Tous des individus des quatre espèces étaient infectées par les débris de plastiques. Pour l'ensemble des spécimens examinés, 218 particules de MPs ont été avalées par les poissons femelles, 143 particules de MPs ont été avalées par des mâles et 50 particules de MPs ont été récupérées à partir du tractus gastro-intestinal des individus ayant un sexe indéterminé. En effet, les individus des deux espèces de sardines de sexe femelle ont ingéré 71.33% et 56.45% respectivement pour *sardinella aurita* et *sardina pilchardus*. Au contraire chez la bogue et *Trachurus trachurus*, elles ont ingéré 45.11% et 38.98% par les individus de sexe mâle. Alors que les spécimens à sexe indéterminé ont un pourcentage minime chez les quatre espèces qui va dans l'intervalle 4-23% (fig. 35).

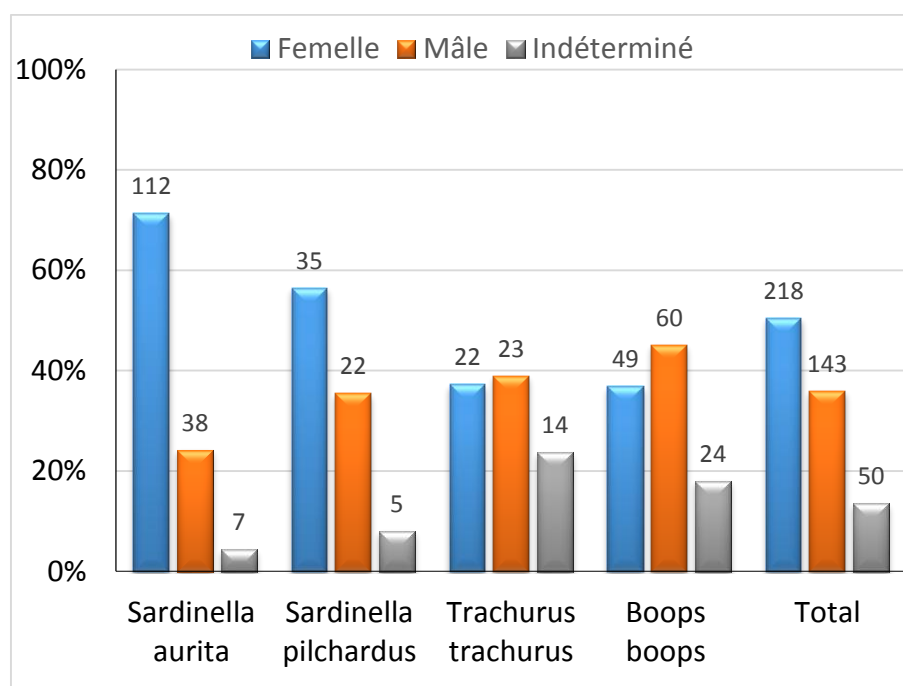


Figure 36 : Distribution des MPs ingérés en fonction de sexe des quatre espèces étudiées.

1.2.7. Distribution des MPs ingérés selon la taille des poissons

Les individus des espèces ont été divisés en trois classes de taille selon le nombre des individus de chaque espèce (petite taille, moyenne taille et grande taille) :

Les quatre espèces étudiées ont une taille moyenne comparable. Les spécimens capturés sont classés comme suit :

- Pour les deux espèces de sardine ont le même intervalle : petite taille (15-16 cm), moyenne taille (16-17 cm) et grande taille (≥ 17 cm).
- Pour *Trachurus trachurus*: petite taille (16-17 cm), moyenne taille (17-18 cm) et grande taille (≥ 18 cm).
- Pour *Boops boops* : petite taille (13-20cm), moyenne taille (20-21 cm) et grande taille (≥ 21 cm).

La figure 37 montre que les individus des deux espèces pélagiques (les deux espèces de sardine) ayant une grande taille sont les plus infectées par les débris de plastiques à l'inverse chez les deux espèces démersales. Les individus de taille moyenne chez la bogue se trouvent plus infectés par les MPs au contraire chez les individus de deux espèces de sardine. Pour *Trachurus trachurus* le nombre de MPs ingérés est comparable pour les spécimens de petite et de moyenne taille.

Chapitre 03 : Résultats et discussion

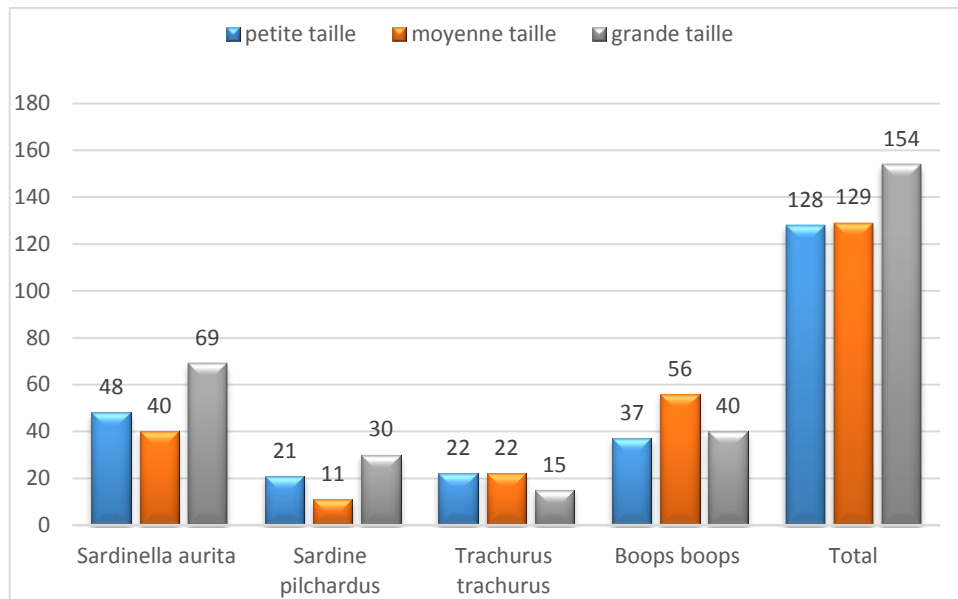


Figure 37: Distribution des MPs ingérés selon la longueur totale en cm des spécimens des quatre espèces étudiées.

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

Les spécimens de poissons ont été divisés en trois classes de poids selon le nombre d'individu de chaque espèce (poids faible, poids moyen et poids élevé). En effet, en fonction du poids total moyen les spécimens des quatre espèces de poissons ont été classés comme suit :

- Pour la *Sardinella aurita* le poids faible (20-30 g), poids moyen (30-50 g) et le poids élevé (≥ 40 g).
- Pour la *Sardina pilchardus* poids faible (20-30 g), poids moyen (30-35 g) et le poids élevé (≥ 35 g).
- Pour *Trachurus trachurus* poids faible (30- 40 g), pois moyen (40-45 g) et le poids élevé (≥ 45 g).
- Pour *Boops boops* le poids faible (20-70 g), poids moyen (70-90 g) et le poids élevé (≥ 90 g).

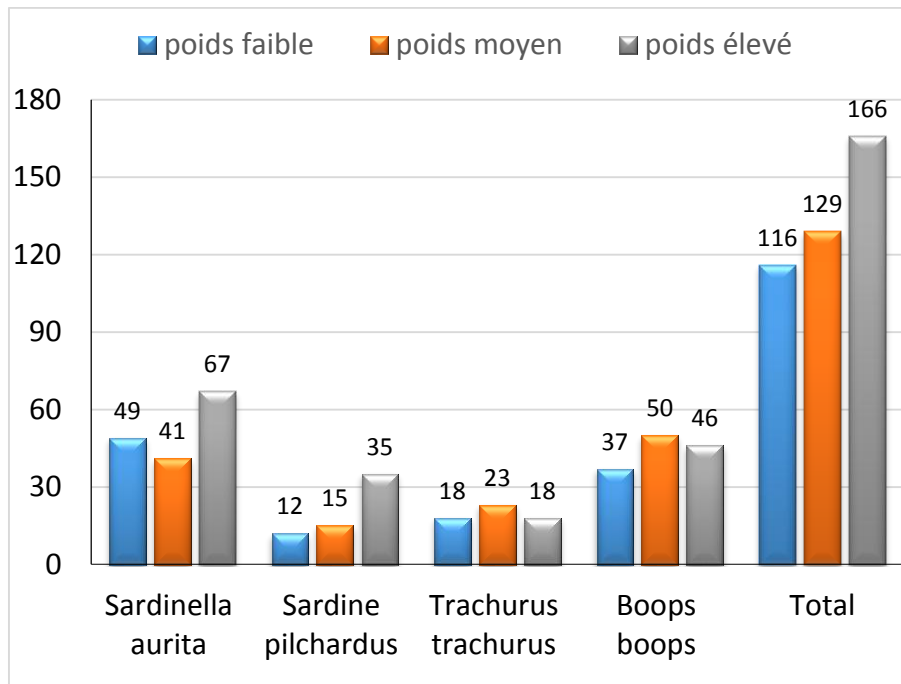


Figure 38: Distribution des MPs ingérés en fonction de poids total des quatre espèces étudiées.

La figure 38 montre que la classe la plus infecté par les MPs c'est la classe du poids élevé chez les deux espèces de sardine à l'inverse chez les individus de la bogue et la saurel c'est la classe du poids moyen qui est plus infecté par les MPs. Si on considère tous les spécimens appartenant aux quatre espèces étudiées on s'aperçoit que l'ingestion des MPs est proportionnelle avec le poids c'est c'est-à-dire que les individus aux poids élevé qui sont plus infecté par le débris de plastiques suivis par les moyens et en fin les individus de petit poids.

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

La figure 39 représente la densité minimale, moyenne et maximale de MPs par gramme (MPs/g) du contenu gastro intestinale des quatre espèces de poissons examinées. La densité moyenne la plus élevée est marquée chez *Sardinella aurita* (8.68 MPs/g) suivi par les deux espèces *Sardina pilchardus* et *Boops boops* avec des densités moyennes très comparables, en fin *Trachurus trachurus* avec seulement 1.28 MPs/g. Quant à la densité maximale, elle suit presque la même tendance que la densité moyenne chez les quatre espèces. Par rapport la densité minimale varie dans l'intervalle 0.35- 2.40 MPs/g pour toutes les espèces étudiées.

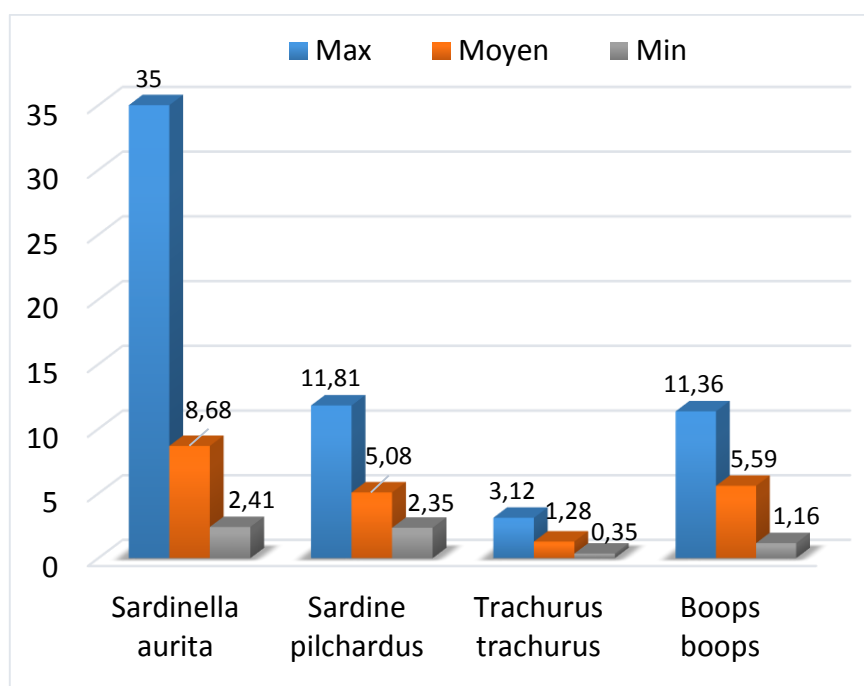


Figure 39: La densité minimale, moyenne et maximale des MPs par gramme du contenu digestif de toutes les espèces étudiées.

2. Discussion

Bien que la situation est alarmante dans tout les pays du monde quand aux problème de pollution par les microplastiques (MPs) dans les poissons utilisés pour la consommation humaine (Li et al., 2015; Bessa et al., 2018 ; Garcia et al., 2021 ; piyauardhana et al., 2022), et que la méditerranée est souvent désignée comme l'un des endroits les plus chargés en déchets de plastique dans le monde (Collignon et al., 2012; Cózar et al., 2015; Garofalo et al., 2020). L'Algérie, comme tout les pays de la rive sud de la méditerranée, a prêté peut d'attention sur à la contamination espèces de poissons par les MPs. Cette étude fournit pour la première fois des données sur l'ingestion des MPs par quatre espèces de poissons à savoir *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops* capturées dans le Golf de Skikda.

L'ensemble des résultats montrent que le taux de contamination des quatre espèces de poissons est de 100% que le nombre moyen de MPs (moyenne \pm erreur standard = 7.3 ± 3.7) est très élevé en comparaison avec d'autres études (Hossain et al., 2019; Garcia et al., 2021; Siddique et al., 2022; Hamoudi et Siad, 2022). La moyenne de contamination des espèces pélagiques (*Sardinella aurita* et *Sardina pilchardus*) et démersales (*Trachurus trachurus* et *Boops boops*) été comparables. Les espèces pélagiques sont infectées par les MPs à raison de 7.3 débris/individus alors que les espèces démersales sont moins contaminées (7.11 débris/individu). Ce résultat est contradictoire à celui reportés par des autres études (Hamoudi

Chapitre 03 : Résultats et discussion

et Siad, 2022; Rummel et al., 2016) qui trouve que les espèces pélagiques est plus infectées par le débris de plastiques que les espèces démersales.

Les individus de sexe femelle sont plus contaminés par les débris de plastiques (218 particules) que les individus de sexe mâle (143 particules), alors que 50 particules de MPs sont observées dans le tractus gastro-intestinal des spécimens de poissons à sexe indéterminé. Il se pourrait que les différences spécifiques aient entraîné des besoins énergétiques plus importants chez les femelles (Foltz et Norden, 1977) donc une quantité plus importantes de nourriture consommée c'est-à-dire ingérer un nombre accidentelle de particules des MPs.

Cette étude montre qu'il y a une tendance claire entre les paramètres biométriques (le poids et la longueur) des poissons examinées et la fréquence de l'ingestion des particules de MPs. Les spécimens de classe du grande taille et de poids élevé sont marquées un fréquence de l'ingestion des MPs plus élevés que les spécimens des autres classes, ces résultats complètent les résultats d'une étude récente mené par (Horton et al., 2018 ; Garcia et al., 2021) qui s'attendrait à ce que les poissons les plus gros aient des charges de MPs plus élevées, car ces individus peuvent avoir besoin de quantités accrues d'aliment.

L'observation microscopique montre qu'il y a des débris de plastiques en différentes tailles. Les particules inférieur à 5mm, ce sont des microplastiques, prédominant avec un pourcentage de 97.56%, les particules compris entre 5mm et 25mm ce sont des mésoplastiques, elles présentent un pourcentage de 2.44%, alors que les particules supérieur à 25mm qui sont considérées comme des macroplastiques, ne sont jamais détectées. Plusieurs études (Lusher et al., 2013 ; Bessa et al., 2018) confirment que les MPs sont les particules les plus réponsus dans les écosystèmes marins.

D'autre part, l'identification microscopique montre aussi que les débris de MPs se trouvent sous trois formes : des filaments, des fragments et des films. La forme la plus réponsue chez les quatre espèces de poissons étudiées c'est les filaments (91.76%) suivis par les fragments (7.15%) tandis que les films ne représentent que 1.06%. Ces résultats sont similaires aux résultats de Neves et al. (2015), Ferreira et al. (2018), Badi et Dahou, (2022). Dans le même contexte, Valent et al. (2019) rapportent que les filaments c'est la forme la plus réponsue dans l'écosystème aquatiques. En effet, la matière textile aussi bien que les vêtements synthétiques sont les sources principales des MPs puisqu'en un seul lavage libère 1900 fibres dans les eaux (Pruter, 1977; Andrady, 2011).

Au terme de diversité des couleurs, la couleur la plus réponsus c'est la couleur noir (52.6%) chez les toutes les espèces de poissons étudiées, ce résultat complète les études récentes indiquant que la couleur noir est la plus fréquente dans les milieux marins (Morgana et al.,

Chapitre 03 : Résultats et discussion

2018; Wu et al., 2020). La deuxième couleur c'est le rouge avec un pourcentage de 21.52%. Nelms et al. (2018) confirment dans leur étude que la dégradation des filets de pêche c'est la source principale des MPs de couleur rouge. Ces résultats corroborent avec ceux de Cole et al. (2011) et de Lusher et al. (2013) tandis que d'autres recherche indiquent une dominance des MPs de couleurs bleu qui est susceptible d'être causer par des engins de pêche en plastique (Zhang et al., 2020).

La densité des MPs par gramme de tube digestif des quatre espèces examinées représente des concentration moyenne élevées (5.15 MPs/g), les valeurs maximales aussi élevées que 8.68 MPs/g sont remarquées chez *Sardinella aurita* suivi par *Boops boops* puis *Trachurus trachurus*, ce qui est similaire à l'étude Badi et Dahou, 2022 ; Hamoudi et Siad, 2022. La fréquence des MPs dans le tractus gastro-intestinal des poissons de la baie de Skikda, soumise à différentes sources de pollution par les plastiques, dépasse de loin la fréquence de MPs dans les poissons reportée par la littérature (Tiwari et al., 2019; Dowarah et Devipriya, 2019; Dhineka et al., 2022).

Finalement, cette étude confirme la présence de particules de MPs dans le tube digestif des poissons prélevées sur le littoral de Skikda. La côte de cette ville considérée l'une des endroits les plus pollués par ces particules dans le littoral Algérien, car elle proviennent de diverses sources de pollution telles que les activités de pêche et les activités industrielles notamment le complexe de Sonatrach et ses différentes unités comme l'unité de l'industrie du matière plastique, qui contribue à la diffusion de ces particules dans les écosystèmes terrestres et les écosystèmes marins. Des études postérieures devront se poursuivre tout en considérant d'autres facteurs tels que la concentration des MPs dans le sédiment et dans la colonne d'eau, ainsi que l'écologie et l'habitat des espèces étudiées pour mieux comprendre l'influence de ce type de pollution sur les écosystèmes et sur le biote.



Conclusion

Conclusion

Conclusions

Cette étude fournit les premières preuves de l'ingestion des débris de plastique par quelques espèces de poissons du Golfe de Skikda en Algérie.

- Les résultats obtenus montrent que tous les individus des quatre espèces (100%) sont contaminés par les MPs et avec des niveaux très élevés (7.3 ± 3.7 MPs/individus).
- Les spécimens à sexe femelle, à poids élevé et à grande taille sont les plus infectées par le débris de plastiques.
- La forme la plus courante c'est les filaments avec 91.76%.
- La couleur des MPs la plus observée c'est la couleur noir 52.60%.
- 97.56% du nombre total, soit 400 particules de plastiques c'est des microplastiques (<5 mm) et seulement 11 particules sont des mésoplastiques.
- La fréquence moyenne la plus élevée (10.83 ± 3.92) est celle de *Boops boops* alors que la densité moyenne la plus élevée (8.68 MPs/g) est observée chez *Sardinella aurita*.
- Les paramètres biométriques ont une tendance claire avec l'ingestion des MPs.
- La moyenne de contamination des espèces pélagiques et les espèces démersales été comparables.
- Les rejets industriels de complexe Sonatrach ainsi que les activités de pêche, les rejets urbains et les activités économiques sont des contributeurs importants à la pollution du Golfe de Skikda par les particules de plastiques.

Perspectives :

- Mise en place des stations dépurations des eaux industrielles pour chaque unité industrielle.
- Réduire l'utilisation du plastique à l'usage unique.
- Travail sur la sensibilisation des pêcheurs sur les effets néfastes de l'utilisation des filets de pêche en plus ses équipes.
- Sensibiliser les touristes aux dangers du plastique et en mettre un système de collecte de ces déchets, notamment les plages.
- Sensibiliser les citoyens à l'impact d'une excessive de sacs plastique sur l'écosystème aquatique et le remplacer par papier.
- Réduire le plastique grâce au processus de recyclage

Les références

Bibliographiques

- ANPE, [1994](#). Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement Monographie de la wilaya de Skikda, [186](#) p.
- A.N.P.E: [2020](#). Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement Monographie de la wilaya de skikda. P 6.
- ABH : Agence de bassin hydrographique de Constantine, Annaba et Skikda, [2006](#). Documents inédits.
- Ademe, Marek C, Parisot F, Guyomard M., Marcoux M., Rondel M., LEESU, ECOGEOS, et Tramoy R. [2020](#). « Lutte contre la pollution par les déchets plastiques en milieu marin ».
- Alessi, E et al. [2018](#). « Pollution plastique en Méditerranée. Sortons du piège. WWF Initiative Marine Méditerranéenne ». WWF - Fond Mondial pour la Nature. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-201806/180608_rapport_plastiques_mediterranee.pdf
- Anato C.B. ([1995](#)) - Contribution à l'étude de la Bogue : Boops boops (Linné, [1857](#)) Poisson Téléostéen sparidae des cotes Tunisiennes. Thèse doctorat. Université de Tunis, [100](#)p.
- Anato, C.B & Katari, M. ([1983](#)) - Régime alimentaire de Boops boops (Linné, [1758](#)) et de Sarpa salpa (Linné, [1758](#)), poissons téléostéens, Sparidae du Golfe de Tunis. Rapp. Comm.Int. Mer Médit., 28 (5): [33-34](#).
- AND : Agence Nationale des déchets [2019-2020](#).
- [Andrady](#) (A.). – The plastic in Microplastics. Mar. Pollut. Bull., [119](#)(1), p. [12-22](#) ([2017](#)).
- [Andrady](#), A. ([2011](#)). Microplastics in the marine environment. . Marine Pollution Bulletin, 62, [1596-1605](#).
- [Andrady](#), A.L., [2011](#). Microplastics in the marine environment. Mar. Pollut. Bull. 62, [1596–1605](#). doi:[10.1016/j.marpolbul.2011.05.030](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030).
- ANRH : Agence nationale des ressources hydrauliques de Constantine, Annaba et Skikda, [2006](#). Documents inédits.
- 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.
- Aucher, J., [2009](#). Etude comparative du comportement composites à matrice thermoplastique ou thermodurcissable (phdthesis). INSA de Rouen.
- Badi D et Dahou F [2022](#): Mise en évidence de macro et micro débris de plastique ingérés par les poissons de la région de Annaba. Mémoire de master Univ: Abbès Laghrou Khenchela.

- Baibai, T., Oukhattar, L., Quinteiro, J., Mesfioui, A., Rey-Mendez, M., soukri, A. (2012). First global approach: morphological and biological variability in a genetically homogeneous population of the European pilchard, *Sardinapilchardus* (Walbaum, 1792) in the North Atlantic coast. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* .22, [63-80](#).
- Ben Ali Rim Mohamed [2015](#) Évaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Mémoire de fin d'étude de Magister Université Constantine 1p 9et 10.
- Benarous, A [2019](#). Pollution des plages de moustaganem par les dechehts plastiques (bouteilles et bouchons). mostaganem, algérie: université Abdelhamid Ibn Badis mostaganem.
- Benette O. (2010). Continent of rubich : section science and environnement. BENETTE O [2010](#)-continent of rubich : section science and environnement p Bulletin, 62, [1596-1605](#).
- Benguendouz, A., Bouderoua, K., Bouterfa, A., Belabes, M., Bekada, A., Sioriki, E., Zabetakis, I. (2018). Fatty acid profile and assessment of heavy metals content of *Sardina pilchardus* captured in the Algerian coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(3), [1021-1029](#).
- Benrabah S, Bousnoubra H, Kherici N et Marc Cote [2012](#):article sur caractérisation de qualité des eaux de l'oued el-kebir Ouest(Nord. Est Algérien). Univ Badji Mokhtar Annaba.
- Ben-Tuvia, A. (1960). Synopsis of biological data on *Sardinella aurita* of the Mediterranean Sea and other waters, Fisheries Division, Biology Branch, Food and Agriculture.
- Bessa, F., Barría, P., Neto, J.M., Frias, J.P.G.L., Otero, V., Sobral, P., Marques, J.C., 2018. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 128, 575–584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>.
- Binet, D. (1976). "Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien." *Cahiers ORSTOM serie Oceanographie* 14: [301-326](#).
- Bonnet M. (1969) - Les sparidés des côtes Nord-Ouest Africains. *Rev. trav. Inst. Pêche marit.*, 33(1) : [97-116](#).
- Boudarel, N. (1948). "Les richesses de la mer: technologie biologique et océanographique."
- Bouhayene S [2015](#): évaluation bactériologique des zones de baignade de la baie de Skikda (N. E Algérien) thèse de doctora univ: Badji Mokhtar Annaba.
- 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](#)Carante maritime. N°(9), [932-940](#).
- Carpenter, Edward J. and Smith Jr., K. L. (1972): *Plastics on the Sargasso Sea Surface*, *Science*, Vol. [175](#), Issue [4027](#), pp. [1240–1241](#), DOI: [10.1126/science.175.4027.1240](#).

- Carpenter, Edward J.; Anderson, Susan J.; Harvey, George R.; Miklas, Helen P. and Peck, Bradford B.; (1972): Polystyrene Spherules in Coastal Waters, Science [178\(4062\)](#): [749–50](#).
- Chali-Chabane F. (1988) - Contribution à l'étude biologique et dynamique de la population de bogue Boops boops (Linné, [1758](#)) de la baie de Bou Ismail. Thèse de Magister. École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. [114](#) p.
- Chatain, M., [1987a](#). Matières thermoplastiques. Tech. Ing.
- Chatain, M., [1987b](#). Matières thermodurcissables. Tech. Ing.
- Chikhi, L. (1996). "Differentiation genetique chez *Sardinella aurita* et *S. maderensis*, allozymes et ADN mitochondrial."
- Christopher Blair Crawford Brian Quinn (2017), Microplastic Pollutants. 1re édition: Published by Elsevier Inc. p [336](#).
- Claessens, M. M. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. Mar. Pollut. Bull. 62, [2199-2204](#).
- Cole, M. L. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Collignon, A., Hecq, J.H., Glagani, F., Voisin, P., Collard, F., Goffart, A., [2012](#). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. Mar. Pollut. Bull. 64, [861–864](#). <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2012.01.011> Mar. Pollut. Bull. 62, [2588-2597](#).
- Conand, F. (1977). "Oeufs et larves de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) au Sénégal: distribution, croissance, mortalité, variations d'abondance de [1971](#) à [1976](#)."
- Cózar, A., Sanz-Martín, M., Martí, E., González-Gordillo, J.I., Ubeda, B., Irigoien, X., Duarte, C.M., Ágálvez, J., [2015](#). Plastic accumulation in the mediterranean sea. PLoS 10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>.
- Cumberlidge N, Pert K.L , Darren C.J, Magalhaes C et Campos M 2009. Fresh water crabs and the biodiversity crisis : importance, threats, status and consevation challenges / j.biocon.2009.
- Derbal F. & Kara H. (2008) - Composition du régime alimentaire du bogue Boops boops(sparidae) dans le golfe d'Annaba (Algérie). Cybium, 32(4): [325-333](#).
- Dhineka, K., Sambandam, M., Sivadas, S., Kaviarasan, T., Pradhan, U., Begum, M., Mishra, P., Murthy, M., 2022. Characterization and seasonal distribution of microplastics in the nearshore sediments of the south-east coast of India, Bay of Bengal. Front. Environ.Sci. Eng. 16, 1–11. doi:10.1007/s11783-021-1444-0.

- Dowarah, K., Devipriya, S.P., 2019. Microplastic prevalence in the beaches of Puducherry, India and its correlation with fishing and tourism/recreational activities. *Mar.Pollut. Bull.* 148, 123–133. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.07.066.
- Eriksen (M.) et al. – Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over [250,000](#) tons afloat atsea. *Plos one*, 9(12), p. e[111913](#) (2014).
- Erni-Cassola (G.) et al. – Distribution of plastic polymer types in the marine environment; a meta-analysis. *Journal of hazardous materials*, [369](#), p. [691-698](#) (2019).
- Ettahiri, O., Berrho A., Vidy G., Ramdani M. & Dochi T. (2003). Observation of spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan atlantic coast ([21-26°N](#)), *Fisheries research*, 60: [207 - 222](#).
- Fisher, W., M. Schneider and M. Bauchot (1987). "Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche." Méditerranée et Mer noire. Zone de pêche 37: [1186-1189](#).
- Foltz, J.W., Norden, C.R., 1977. Seasonal changes in food consumption and energy content of smelt (*Osmerus mordax*) in Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.* 106, 230-234
- Fontanille, M., Gnanou, Y., 2014. *Chimie et physico-chimie des polymères*, Dunod.ed.
- Forest, A. (2001). Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. Ifremer Eds, Tome [2](#). [215p](#).
- François G, Stéphane Bruzaud, Guillaume Duflos, Pascale Fabre, Emmanuelle Gastaldi, et al..Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques. *Techniques de l'Ingenieur*, [2020](#). fihal-[03048415](#).
- Gaamour A., Ben Abdallah L., Khemiri S. et Mili S. (2000). Etudes de la biologie et de l'exploitation des petits pélagiques en Tunisie, ISMAR, Med Sud, Med TechnicalDocuments.
- 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>.
- Garofalo, G., Quattrocchi, F., Bono, G., Di Lorenzo, M., Di Maio, F., Falsone, F., Gancitano, V., Geraci, M.L., Lauria, V., Massi, D., Scannella, D., Titone, A., Fiorentino, F., [2020](#). What is in our seas? Assessing anthropogenic litter on the seafloor of the central Mediterranean Sea. *Environ. Pollut.* [266](#), [115213](#). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115213>.

- Garrido, S., Marçalo, A., Zwolinski, J., van der Lingen, C.D. (2007). Laboratory investigations on the effect of prey size and concentration on the feeding behaviour of *Sardina pilchardus*. Marine Ecology Progress Series. 330p.
- Gesamp (2015). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment" (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO/IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p .
- Goeury D., 2014, "La pollution marine", in Woessner Raymond (dir.), Mers et océans, Paris : Atlante, Clefs concours.
- Gordon, D. (2006). Eliminating Land-based Discharges of Marine Debris in: "California: A Plan of Action from The Plastic Debris Project". Californie: California State Water Resources Control Board.
- Gueddah H 2003: évaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de skikda impact sur l'écosystème marin côtier. Mémoire de magister . Univ de Badji Mokhtar Annaba.
- Hamoudi M et Siad I 2022: première preuve d'ingestion de débris de plastique par quelques espèces de poissons de la région d'El-Kala. Mémoire de master. Univ Abbès Laghrour Khenchela.
- Hattour, A. (2000). Contribution à l'étude des poissons pélagiques des eaux tunisiennes. Sciences biologique, Université de Tunis II, Faculté des sciences de Tunis, 343 p.
- Henry, M. 2010. « Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer », 69.
- Horton, A.A., Dixon, S.J., 2018. Microplastics: an introduction to environmental transport processes. Wiley Interdiscip. Rev. Water 5 (2), e1268.
<https://doi.org/10.1002/WAT2.1268>.
- 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.
https://www.plasticseurope.org/download_file/view/3183/179
- IE, 1998. Inspection de l'Environnement de la wilaya de Skikda. Situation sur l'état de l'environnement dans la wilaya de Skikda. Rapp. Annuel. 1998. 28p.
- ISTPM: Institut Scientifique et Technique des Pêche Maritime (1982). Evaluations des ressources halieutiques de la marge continentale algérienne : Stocks pélagiques-Stocks des mers aux exploitables au chalut .Campagne Thalassa, Ichthys, Joamys. 101.

- 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.
- Jean C., Quero J. C., Spits J., Uayne J., Auby I., Casmajor M. & Leaute J. P. ([2009](#)) - observation ichtyologiques effectués en [2008](#), *Anales de la société des sciences naturelles*.
- Jemaa, S. ([2014](#)). Étude de la structure des populations et du régime alimentaire de l'anchois européen (*Engraulis encrasicolus*) et de la sardine européenne (*Sardina pilchardus*) : relations avec l'environnement. Thèse de doctorat. Université du Littoral Côte d'Opale. [242p](#).
- Jules Hebert. [2020](#). « Atlas du Plastique | Heinrich Böll Stiftung | Bureau Paris - France ». Heinrich-Böll-Stiftung. [2020](#). <https://fr.boell.org/fr/atlas-du-plastique>.
- Kedzierski, Mikael. [2017](#). « Pollutions du milieu littoral par les microplastiques », [240](#).
- Khelfaoui F.et Derradji Z .[2010](#). Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du (wilaya de Skikda, nord-est algérien) ; *Revue « Nature et Technologie »*. [50-56p](#).
- Lambert, S., Sinclair, C., Boxall, A. ([2014](#)). Occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, [227](#), 1–53. DOI: [10.1007/978-3-319-01327-5_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-01327-5_1).
- Lamrini A. [1998](#). Sexualité de la boue (Boops boops, Linnaeus, [1857](#)) au sud du détroit de Gibraltar. *Actes Inst. Agron. Veto (Maroc)* [1998](#), Vol. 18 (1) : [5-14](#).
- Laura, F., [2017](#) les microplastiques une menace en rode de Brest. Thèses. Hal. Science. Université de Bretagne occidentale - Brest,
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., Shi, H., 2015. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environ. Pollut.* 207, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.018>.
- Lie, S., Suyoko, A., Effendi, A. R., Ahmada, B., Hadid, N. I., Rahmasari, N., & Reza, A. ([2018](#)). Measurement of microplastic density in the Karimunjawa National Park, Central Java , Indonesia. 2 (2), 54–58.
- Lithner, D., Larsson, Å., Dave, G., [2011](#). Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci. Total Environ.* [409](#), [3309–3324](#). doi:[10.1016/j.scitotenv.2011.04.038](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.038).
- Lusher, A. L., McHugh, M. & ThoMPson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 67, 94-99.

- Mankou-Haddadi, N., Bachir-bey, M., Galgani, F., Mokrane, K., Sidi, H., [2021](#).
Benthic marine litter in the coastal zone of Bejaia (Algeria) as indicators of anthropogenic pollution. *Marine Pollution Bulletin* [\(170\) 112634](#).
- Mezedjri L., Ali T. et Borhane D.A. [2008](#). Statistical Approach on the Impact of the Activity of the Industrial Zone of Skikda on the Quality of the Waters of Wadi (Skikda Algerian East Coasts). *European Journal of Scientific Research*. Vol.20. No.2 ([2008](#)). [343-347](#) p.
- Morgana, S., Ghigliotti, L., Est'èvez-Calvar, N., Stifanese, R., Wieckzorek, A., Doyle, T., Christiansen, J.S., Faimali, M., Garaventa, F., 2018. Microplastics in the Arctic: a case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environ.Pollut.* 242, 1078–1086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001>.
- Muus B. J. & Dahlstrom P. ([1981](#)) - Guide des poisons de mer et pêche. Edition Delachaux et Neislé. Paris: [244](#)p.
- Negm R. M. K. ([2004](#)) - Reproductive biology of Boops boops (family Sparidae) in the Mediterranean Sea. Thèse en océanographie biologique. Université d'Alexandrie. Egypt.73p.
- Nelms SE, Galloway TS, Godley BJ, Jarvis DS, Lindeque PK. (2018) Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environ Pollut.* 238:999-1007, Guidesur les polluants océaniques menaces toxiques pour la santé humaine et la vie marine, préparé par Mariann Lloyd-Smith, PhD, Joanna Immig B.App.Sc, octobre 2018.
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119–126.
- Nils Simon et Maro Luisa Schulte [2017](#) en finir avec la pollution plastique mondiale : les arguments en faveur d'une convention internationale .
- NOWPAP. ([2007](#)). Twelfth Intergovernmental Meeting of the Northwest Pacific Action plan .
- Pauly D. & Moreau J. ([1997](#)) - Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Edition cépaduès. [5-133](#)pp.
- Piyawardhana, N., eran Weerathunga V., Chen, H.S., Guo, L., Huang, P.J., Ranatunga, R.R.M.K.P., Hung, C.C., 2022. Occurrence of microplastics in commercial marine dried fish in Asian countries. *Journal of Hazardous Materials.*, (423) 127093.
- Plastics Europe, [2019](#). Plastics - The facts [2019](#): An analysis of European plastics production, demand and waste data. Retrieved from https://www.plasticseurope.org/download_file/view/3183/179.

- Plastics Europe. (2013). Plastics – the Facts. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data.
- Plastics Europe. (2016). Plastics - the Facts. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- Postel, E. (1955). "Résumé des connaissances acquises sur les clupéidés de l'ouest africain." Rapport du Conseil d'Exploration de La Mer [137](#): 7.
- Pruter A.T. (1987). Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine- environment. Marine Pollution Bulletin. 18, 305-310.
- Rochet, M.J. (2000). May life traits be used as indices of population viability? Journal of SeaResearch 44, [145-157](#).
- Rummel, C.D., Löder, M.G.J., Fricke, N.F., Lang, T., Griebeler, E.-M., Janke, M., Gerds, G., 2016. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea, Marine Pollution Bulletin. (102) 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.043>.
- Saker H [2007](#) Analyses et dosages des hydrocarbures présents dans les eaux de mer de littoral de Skikda. Mémoire de Magister. Université de 20Août [1955](#) Skikda. P 60.
- Schwarz, A.E., T.N. Ligthart, E. Boukris, et T. van Harmelen. [2019](#). « Sources, Transport, and Accumulation of Different Types of Plastic Litter in Aquatic Environments: A Review Study ». Marine Pollution Bulletin [143](#) (juin): 92-[100](#). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029>.
- 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.
- Subhankar Chatterjee. Shivika Shorma [2016](#): effets sur la santé marine des microplastiques présents dans nos océans. La Revue de l'institut Veolia .
- Taïbi, N.E., Bentaallah, M.E.A., Alomarc, C., Compac, M., Deudero, S., [2021](#). Micro- and macro-plastics in beach sediment of the Algerian western coast: First data on distribution, characterization, and source. Marine Pollution Bulletin [\(165\)112168](#).
- Tata, T., Belabed, B.E., Bououdina, M., Bellucci, S., [2020](#). Occurrence and characterization of surface sediment microplastics and litter from North African coasts of Mediterranean Sea: Preliminary research and first evidence. Science of the Total Environment [\(713\) 136664](#).
- Thompson et Thiel, [2012](#), Microplastics in the Marine Environment ; A Review of the Methods Used for Identification and [Quantification.Environmental](#) science & Technology [46,3060-3075](#) .

Tiwari, M., Rathod, T., Ajmal, P., Bhangare, R., Sahu, S., 2019. Distribution and characterization of microplastics in beach sand from three different Indian coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 140, 262–273. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.01.055.

Valente, T., Sbrana, A., Scacco, U., Jacomini, C., Bianchi, J., Palazzo, L., de Lucia, G.A., Silvestri, C., Matiddi, M., 2019. Exploring microplastic ingestion by three deepwaterelasmobranch species: a case study from the Tyrrhenian Sea. *Environ. Pollut.* 253,342e350.

Wilson & Wilson's. (2017). *Characterization and analysis of microplastics*. 1ère édition. Amsterdam Netherlands, Oxford United Kingdom, Cambridge MA United States: Elsevier.

Wu, J., Lai, M., Zhang, Y., Li, J., Zhou, H., Jiang, R., Zhang, C., 2020. Microplastics in the digestive tracts of commercial fish from the marine ranching in east China sea, China. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100066>.

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 Ocean, *Environ. Pollut.* 259 (2020) 113948, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113948>.

Résumé:

Parmi les problèmes contemporains dont souffre l'écosystème marin c'est la pollution par les plastiques. Ces débris présentent un risque pour les organismes marins et la santé humaine. L'objectif de cette étude est la mise en évidence, pour la première fois, des particules de plastiques dans le tube digestif de quatre espèces de poissons capturées au niveau de Golfe de Skikda. Après faire les mensurations des paramètres biologiques et le prélèvement de tractus gastro-intestinal. La dégradation de la matière organique s'est faite grâce à H₂O₂15%. L'observation microscopique a permis de classer les débris de plastiques selon la taille, la forme et la couleur. Les résultats obtenus montrent que tous les individus des quatre espèces (100%) sont contaminés par les MPs et avec des niveaux très élevés (7.3 ± 3.7 MPs/individus). Les spécimens à sexe femelle, à poids élevé et à grande taille sont les plus infectées par le débris de plastiques. La forme la plus courante c'est les filaments avec 91.76%. La couleur des MPs la plus observée c'est la couleur noir 52.60%. 97.56% du nombre total, soit 400 particules de plastiques c'est des microplastiques (<5 mm) et seulement 11 particules sont des mésoplastiques. La fréquence moyenne la plus élevée (10.83 ± 3.92) est celle de *Boops boops* alors que la densité moyenne la plus élevée (8.68 MPs/g) est observée chez *Sardinella aurita*. Les paramètres biométriques ont une tendance claire avec l'ingestion des MPs. La moyenne de contamination des espèces pélagiques et les espèces démersales été comparables. Les rejets industriels de complexe Sonatrach ainsi que les activités de pêche, les rejets urbains et les activités économiques sont des contributeurs importants à la pollution du Golfe de Skikda par les particules de plastiques.

Mots clés : Microplastiques, Golfe de Skikda, tube digestif, pélagiques, démersales.

Abstract:

Among the contemporary problems that afflict the marine ecosystem, plastic pollution is a significant concern. These debris pose a risk to marine organisms and human health. The objective of this study is to demonstrate, for the first time, the presence of plastic particles in the digestive tract of four fish species captured in the Gulf of Skikda. After measuring the biological parameters and collecting the gastrointestinal tract, organic matter degradation was performed using 15% H₂O₂. Microscopic observation allowed for the classification of plastic debris based on size, shape, and color. The results obtained show that all individuals of the four species (100%) are contaminated with microplastics (MPs) at very high levels (7.3± 3.7 MPs/individual). Female specimens, individuals with higher weight and larger size, are the most affected by plastic debris. The most common form observed is filaments (91.76%). The predominant color of MPs is black (52.60%). Out of the total number of plastic particles (400), 97.56% are microplastics (<5 mm), while only 11 particles are mesoplastics. The species with the highest average frequency (10.83±3.92) is Boops boops, whereas Sardinella aurita exhibits the highest average density (8.68 MPs/g). The biometric parameters show a clear correlation with MP ingestion. The contamination levels between pelagic and demersal species are comparable. Industrial discharges from Sonatrach complex, as well as fishing activities, urban waste, and economic activities, are significant contributors to plastic particle pollution in the Gulf of Skikda."

Key words: Microplastics, golf of Skikda, fish, gastro-intestinal tract, pelagic, demersal.

الملخص

من بين المشاكل المعاصرة التي تصيب النظام البيئي البحري ، يعتبر التلوث البلاستيكي مصدر قلق كبير. تشكل هذه الحطام خطراً على الكائنات البحرية وصحة الإنسان. الهدف من هذه الدراسة هو إثبات، لأول مرة ، وجود جزيئات بلاستيكية في الجهاز الهضمي لأربعة أنواع من الأسماك التي تم صيدها في خليج سكيكدة. بعد قياس المعلمات البيولوجية وجمع الجهاز سمحت المراقبة المجهرية بتصنيف الحطام البلاستيكي H_2O_2 الهضمي ، تم إجراء تحلل المادة العضوية باستخدام 15 % (100 %) على أساس الحجم والشكل واللون. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن جميع الأفراد من الأنواع الأربعة (فرد). تعتبر العينات الأنثوية ، / MP أعضاء 7-7.33) بمستويات عالية جداً (MPs) ملوثون بجزيئات بلاستيكية دقيقة الأفراد ذوو الوزن الأكبر والحجم الأكبر ، الأكثر تضرراً من الحطام البلاستيكي. الشكل الأكثر شيوعاً هو الخيوط % عبارة 97.56 ، (400) من إجمالي عدد جزيئات البلاستيك (52.60%) اللون السائد لكل العينات هو الأسود (91.76%) عن جزيئات بلاستيكية دقيقة (أقل من 5 مم) ، في حين أن 11 جزيئاً فقط من البلاستيك الوسيط. الأنواع ذات أعلى متوسط (8.68 MPs / تظهر أعلى متوسط كثافة *Sardinella aurita* ، في حين أن *Boops Boops* هي 10.83 ± 3.92) تردد مستويات التلوث بين الأنواع السطحية والقاعية قابلة. MP تظهر المعلومات البيومترية ارتباطاً واضحاً بابتلاع (g) للمقارنة. إن التصريفات الصناعية من مجمع سوناطراك ، بالإضافة إلى أنشطة الصيد والنفايات الحضرية والأنشطة الاقتصادية ، تساهم بشكل كبير في تلوث الجسيمات البلاستيكية في خليج سكيكدة

الكلمات المفتاحية: ، خليج سكيكدة اللدائن الدقيقة، الاسماك، الجهاز الهضمي، سطحية، قاعية،