

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



Université Abbès Laghrou Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie
Département d'écologie et environnement



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : science écologiques

Spécialité : Protection des écosystèmes

THÈME

**Mise en évidence de macro et micro débris de plastique
ingérés par les poissons de la région d'Annaba**

Présenté par:

BADI Dounya

DAHOU Fatima Zohra

Devant le jury :

Président: Mr BOULABAIZ Mehrez (MCA, Univ. Abbès Laghrou khenchela)

Examineur: Mr SALHI Zin Elabidine (MAA, Univ. Abbès Laghrou khenchela)

Encadreur: Mr ZIOUCH Omar Ramzi (MCA, Univ. Abbès Laghrou khenchela)

Co-encadreur: Mr ZEGHDANI Zouhir (Doctorant, Univ. Abderrahmane Mira-Bejaia)

Année universitaire : 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّاتِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّاتِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّاتِ

Remerciement

Mon premier remerciement vient à **ALLAH** Sobhanou qui nous a donné la force et les moyens de préparer ce travail.

Ce travail a été effectué au Laboratoire pédagogique de l'Université de khenchela sous la direction de Monsieur **ZIOUCH Omar Ramzi**, professeur à l'Université Abbas laghrour Khenchela, et le doctorant Monsieur **ZEGHDANI Zouhir**, on les remercie pour leurs confiance, leurs remarques, leurs conseils et leurs gentillesse qui nous a permis de mener à bien ce travail.

C'est un grand honneur qu'il me fait, Monsieur **ZIOUCH Omar Ramzi**, Professeur à l'Université Abbas laghrour Khenchela, pour ses compétences scientifiques, l'orientation, la confiance et la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port.

Nous tenons à remercier notre enseignant **ZEGHDANI Zouhir**, qui a contribué énormément à la réalisation de ce travail et surtout dans la partie pratique, merci d'être toujours là pour nous.

Nos sincères remerciements s'adressent aux membres de Jury d'avoir accepté d'évaluer mes travaux : le président Mr. **BOULABAIZ Mehrez** et l'examineur Mr. **SALHI Zin Elabidine** qui ont accepté de lire et juger ce modeste travail.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes que j'aurais pu omettre de citer et qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Merci



Dédicace



Je dédie ce travail à :

*Mon espoir ma grande mère **MENAOUER HADJA***

*Mes chers parents **FATMA et AHMED**, source de vie, d'amour et d'affection.*

*Mes chers frères **MOUHAMED, ADEL, BENOUDA, YUCEF, MHAMED.***

*Mes sœurs **KARIMA, FOUZIA.***

*Mon fiancé **ABDERRAHMANNE ABBASSA.***

*A mon professeur et mon encadreur «**ZIOUCH OMAR RAMZI**».*

*Mes amis **AZIZA, SAFA, KHADOUMA, AMIRA, CHAIMA.***

*Ma chère amie et mon binôme **DOUNYA.***

FATIMA ZOHRA

Merci



Dédicace



Je dédie mon modeste travail :

*À mes chères parents **MOSBAH** et **MARIEM** :*

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être Que dieu vous garde pour nous, longue vie Inchallah.

*A mes chères et adorables frères **CHEMS EDDINE**, **FARES**.*

*A mes chères sœurs **SAMIA**, **FARIDA**, **AOUATEF**.*

*À mes chères neveux : **MOUHAMED ALI**, **AMANELLAH**,
mes chères nièces **FARAH**, **DJANA**, **DJOURI**.*

*A mon professeur et mon encadreur «**ZIOUCH OMAR RAMZI**».*

*A mon point de départ de ma vie **SOLTANI SAAD ELLAH**.*

*A toutes la famille **SOLTANI** et **BADI**.*

*A ma chère amie et ma sœur **GHIZLANE MERGHAD** et sa famille.*

*Mes amis **HANANE**, **AMIRA**, **MINA**, **ALA**, **PIDRO**, **MONCEF**.*

*Ma chère amie et mon binôme **FATIMA ZOHRA**.*

A mes amies de promotion protection des écosystèmes (Enseignants et étudiants).

DOUNYA

Merci

SOMMAIRE

Sommaire	Page
liste des figures	6
liste des tableaux	6
Liste des abréviations	6
Introduction	1
Chapitre 1 : généralité sur les microplastiques	
I. Généralité sur les microplastiques :	4
1. Le plastique :	4
1.1. Définition :	4
1.2. Les types de plastiques :	5
1.3. L’histoire de la recherche sur les pollutions par les plastiques :	6
2. La gestion de déchets des matières plastiques :	7
2.1. Cycle de vie du plastique :	7
3. Débris de plastique en milieu marin :	8
3.1. Définition :	8
3.2. Les types de débris plastique:	9
3.3. Les origines des microplastiques :	9
3.3.1. Origine primaire :	9
3.3.2. Origine secondaire :	10
4. Pollution aux plastiques dans les eaux marines :	11
4.1. Les principales sources de la pollution plastique :	11
4.1.1. Déchets littoraux abandonnés :	11
4.1.2. Décharge :	11
4.1.3. Les activités maritimes :	12
4.1.4. Les activités portuaires :	12
4.1.5. Activités anthropiques sur le littoral :	12
4.1.6. La pêche, l’aquaculture et la plaisance :	12
4.2. Mécanisme de transport des déchets plastiques :	12
4.3. Les impacts de la pollution par les microplastiques :	13
Chapitre 2 : Matériels et méthodes :	
1. Présentation de la zone d’étude :	15
1.1. Description de la baie (Golfe) d’Annaba :	15

1.2. Les principales sources de pollution dans le golfe d'Annaba :	16
1.2.1. Oued Seybouse :	16
1.2.2. Oued Mafragh :	17
1.2.3. L'effluent urbain : Oued Boujemaa :	17
1.2.4. L'effluent industriel : Rejets d'ASMIDAL :	18
1.2.5. Le port d'Annaba :	19
2. Echantillonnage et mensuration des poissons :	20
2.1. Echantillonnage :	20
2.1.1. Sardinella aurita (L'Allache) :	20
2.1.2. Sardina pilchardus (La Sardine) :	20
2.1.3. Trachurus trachurus (La Saurel) :	21
2.1.4. Boops boops (La Bogue) :	21
2.2. Etude biométrique :	22
2.2.1. La taille :	22
2.2.2. Le poids :	22
2.2.3. Identification des sexes et prélèvement de tractus digestif :	23
3. Identification et étude des microplastiques :	24
Chapitre 3 : Interprétation des résultats et discussion :	
1. Résultats :	26
1.1. Les paramètres biologiques :	26
1.2. Occurrence et distribution des MPs au sein des espèces des poissons :	27
1.2.1. Occurrence des MPs au sein des espèces des poissons:	27
1.2.2. Fréquence des MPs ingérés:	27
1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes:	28
1.2.4. Distribution des MPs ingérés selon leurs tailles:	29
1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs:	29
1.2.6. Distribution des MP ingérés selon le sexe des poissons:	32
1.2.7. Distribution des MP ingérés selon la taille des poissons:	32
1.2.8. Distribution des MP ingérés selon le poids des poissons:	33
1.2.9. Distribution des MP dans le tractus gastro-intestinal:	34
2. Discussion :	34
Conclusion et perspectives	38
Références bibliographiques	

Résumé
Abstract

Liste des figures

N°	Liste des figures	Page
Figure 1	la polymérisation des monomères qui forment les polymères (Christopher Blair Crawford ,2017).	4
Figure 2	Echelle de Lansink.	7
Figure 3	Cycle de vie de plastique (Réco France).	8
Figure 4	Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille (MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, 2013).	9
Figure 5	Microplastiques primaire, billes.	10
Figure 6	Fragments des microplastiques secondaires.	11
Figure 7	Diagramme présentant les différents types de plastiques et leurs effets sur les organismes marins.	14
Figure 8	Situation géographique du golfe d'Annaba ainsi que les sites sources majeures de pollution: Oued Seybouse, Oued Mafragh, Oued Boudjemâa, effluents d'Asmidal et le port.	15
Figure 9	Golfe d'Annaba soumis aux apports d'Oued Seybouse et Oued Mafragh.	16
Figure 10	Golfe d'Annaba soumis aux apports de l'effluent urbain d'Oued Boudjemaa et les rejets d'ASMIDAL.	18
Figure 11	Le port d'Annaba (y compris le port de pêche).	19
Figure 12	Sardinella aurita (L'Allache).	20
Figure 13	Sardina pilchardus (La Sardine).	21
Figure 14	Trachurus trachurus (La Saurel).	21
Figure 15	Boops boops (La Bogue).	22
Figure 16	Poissons destinés pour une mensuration de la longueur et le poids.	22
Figure 17	La mesure du poids des poissons.	23
Figure 18	Poisson femelle (Gonades de couleur jaune orangée).	23
Figure 19	Poisson mâle (Gonades de couleur rose blanchâtre).	24
Figure 20	Préparation des boîtes de pétries pour ajouter de l'eau oxygénée.	24
Figure 21	Séchage des échantillons dans le four.	25
Figure 22	Des boîtes de pétrie destinées pour une observation sous une loupe binoculaire.	25
Figure 23	Classification de particules de MPs ingérées selon leurs formes pour chaque espèce étudiée.	28
Figure 24	Classification de particules de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.	29
Figure 25	Classification de particules de MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.	30
Figure 26	Exemples de débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différentes visualisés dans les tubes digestifs des quatre espèces de poissons étudiées.	31
Figure 27	Classification de particules de MPs ingérés en fonction du sexe des quatre espèces étudiées.	32

Figure 28	Classification de particules de MPs ingérés en fonction de la taille des quatre espèces étudiées.	33
Figure 29	Classification de particules de MPs ingérés en fonction du poids des quatre espèces étudiées.	33
Figure 30	La densité minimale, moyenne et maximale des MPs (MP/g) en fonction du poids du tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées.	34

Liste des tableaux

N°	Liste des tableaux	Page
Tableau 1	Principaux types de polymères utilisés pour la fabrication des matières plastiques (Lambert, S., Sinclair, C., Boxall, A. 2014).	5
Tableau 2	Les différents types de plastiques.	6
Tableau 3	Classement par taille des particules de plastique (De Witte et al, 2017).	9
Tableau 4	Résumé statistique des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf d'Annaba	26
Tableau 5	Nombre et pourcentages des individus contaminés par les MP.	27
Tableau 6	Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces de poissons étudiés.	27

LISTE DES ABREVIATIONS

MPs :	Microplastiques
PROGDEM :	Programme National de Gestion des Déchets Ménagers
PE-HD :	Polyéthylène haute densité
PE-BD :	Polyéthylène basse densité
PP :	Polypropylène
PS :	Polystyrène
PET :	Polythéréphtalate d'éthylène
PA :	Polyamide
PUR :	Polyuréthane
PHA :	Polhydroalcanoates
PLA :	Acide polylactique
PCL :	Polycaprolactone
PVC :	Polychlorure de vinyle
PC:	Polycarbonate
SBR:	Styrène butadiène
ABS :	Acrylonitrile butadiène styrène
BR :	Pulybutadiène
NR :	Polyisoprène
PMP :	Polyméthylpentène
PTFE :	Polytétrafluoroéthylène
PPS :	Polysulfure de phénylène
NP	Nano-plastiques
MP	Micro-plastiques
STEP	Stations d'épurations
Cm	Centimètre
G	Gramme
H2O2	Peroxyde d'hydrogène
N	Le nombre de spécimens
F	Femelle
M	Mâle
I	Indéterminé
LT	La longueur totale
Ltm	La longueur totale moyenne
Ptm	Le poids total moyens
PE	Poids éviscéré
Pgi	Poids gastro-intestinal
Pt	Le poids du poisson entier
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection



Introduction

Introduction:

Les plastiques ont changé notre façon de vivre, car ils sont légers, durables et peu chers, par conséquent, la production mondiale de plastique a augmenté de façon exponentielle depuis les années 1950 (plus de 8 milliards de tonnes) (Andrady, 2011). En 2018, plus de 359 millions de tonnes de matière plastique ont été produites dans le monde (PlasticsEurope, 2019). Elle s'accroît à mesure qu'augmente la demande de nos sociétés pour ces matériaux qui sont largement utilisés dans l'industrie, l'agriculture et la vie quotidienne de l'homme, ce qui lui procure une grande commodité et, en parallèle, les quantités de déchets plastiques produites chaque année ne cessent d'augmenter et envahir tout les environnements terrestres et aquatiques de la planète (Cózar et al., 2014).

Selon Malti, (2021) la consommation plastique en Algérie, environ 15 Kg par habitant et par an, est relativement faible par rapport aux pays industrialisés. Récemment, il y a eu une prise de conscience, de sensibilisation et promotion de l'environnement à travers la création de programmes de gestion de déchets: Programme National de Gestion des Déchets Ménagers (PROGDEM), le développement très timide d'industrie de recyclage (ANSEJ), et des projets de 'déplastiquage' à travers la création de Petites et Moyennes Entreprises PME spécialisées dans la récupération et le recyclage. La quasi-totalité des 5 milliards de sachets polluent la nature à cause d'une collecte très médiocre.

Par ailleurs, la présence de petits fragments de plastique en pleine mer a été documentée à partir des années 1970 (Carpenter et Smith, 1972), et le terme "microplastiques" (MP) a été introduit pour la première fois en 2004 (Thompson et al, 2004). Les plastiques représentent la grande majorité des déchets retrouvés en milieu marins dont un grand nombre sont des MP qui proviennent de la fragmentation des déchets plastiques ou, directement, de l'émission de produits plastiques micrométriques manufacturés (UNEP et GRID-Arendal, 2016).

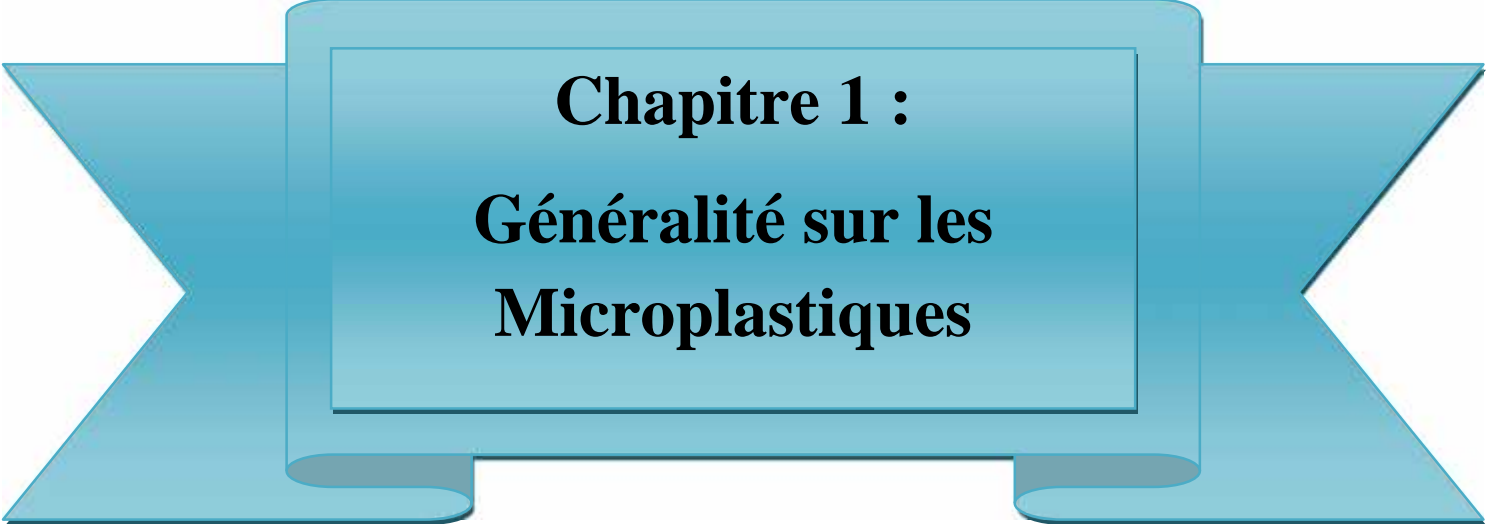
La pollution marine par le plastique est une problématique désormais connue du grand public. Lorsqu'elle contient de déchets visibles à l'œil nu, alors qu'il faut aussi compter ceux qui restent invisibles (micro et nano). La principale caractéristique qui fait de la matière plastique un élément de pollution important est bien sa résistance à la dégradation dans tous les compartiments de l'environnement (Hidalgo, 2012). En effet, une bouteille en plastique peut prendre 450 ans avant sa dégradation complète (Bennett, 2010). Ces déchets, persistant dans le temps, peuvent s'accumuler en grandes plaques de déchets flottant ou s'échouer sur les côtes (Kedzierski, 2017).

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

Il résulte de cette exposition qu'un nombre important d'espèces est en contact direct avec ces déchets. Les plastiques légers et résistants flottent sur l'océan, libérant des substances polluantes lorsqu'ils se désagrègent en microparticules toxiques que les animaux confondent avec de la nourriture. Les poissons et les oiseaux peuvent s'étouffer avec ces particules qui les rendent malades lorsqu'elles s'accumulent dans leurs estomacs. Ils peuvent également s'étrangler avec des déchets plus gros (UNESCO, 2012). Enfin, il faut considérer que si cet état de fait est déjà très préoccupant, on doit lui ajouter la problématique de l'introduction de ce plastique à la chaîne alimentaire marine ce qui fait un réel danger pour la santé humaine.

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

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



Chapitre 1 :
Généralité sur les
Microplastiques

I. Généralité sur les microplastiques :

1. Le plastique :

1.1. Définition :

Le mot 'plastique' dérive du latin 'plasticus' qui est lui-même issu du grec ancien 'plastikos', qui est relatif au modelage (Charlton and Charles, 1879). Les matières plastiques sont des matières organiques ou semi-organiques. Elles sont constituées d'un ou plusieurs polymères et de plusieurs additifs, fabriqués par l'homme, de poids moléculaire élevé, constitués de répétition de macromolécules obtenues par la polymérisation de monomères extraits du pétrole ou du gaz. Chaque polymère présente des propriétés, une structure et une taille propres (Bowmer et Kershaw, 2010). Les polymères qui constituent les plastiques peuvent être séparés en trois catégories: les polymères de grande diffusion, les polymères techniques et les polymères spéciaux (Fontanille et Gnanou, 2014; Reyne, 1998).

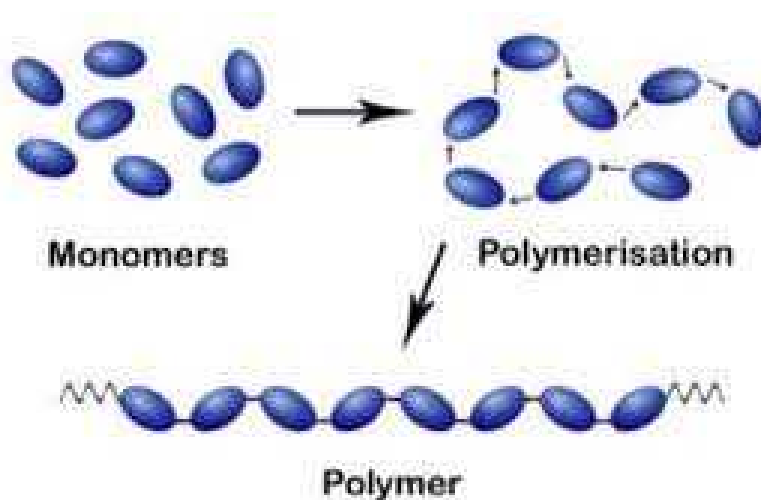


Figure 1: la polymérisation des monomères qui forment les polymères (Christopher Blair Crawford, 2017).

La fabrication des matières plastiques sont est obtenus par polymérisation de composés (éthylène, propylène, styrène...) issus principalement du vapocraquage d'hydrocarbures eux même provenant de la distillation du pétrole. Il en existe de très nombreux types qui se présentent sous des formes variées. Leur production a connu un développement considérable à partir de la deuxième partie du XXème siècle. La fabrication du plastique utilise différents polymères, le tableau suivant résume les principaux :

Chapitre 1 : Généralité sur les microplastiques

Tableau1 : Principaux types de polymères utilisés pour la fabrication des matières plastiques (Lambert et al., 2014).

Principaux polymères de plastiques	Abréviation	Exemple d'utilisation
Polyéthylène haute densité	PE-HD	Flacons, bouteilles, boites rigides....
Polyéthylène basse densité	PE-BD	Sacs, films, sachets, récipients souples...
Polypropylène	PP	Pièces moulées pour l'automobiles, emballage alimentaire, gaines de fils électriques....
Polystyrène	PS	Emballage, isolation
Polythéréphtalate d'éthylène	PET	Bouteilles de soda ou d'eau minérales, textiles
Polyamide	PA	Nylons, filets de pêche, flexibles industriels, textiles
Polyuréthane	PUR	Mousses d'isolation, Rouleaux d'impression, pneus, semelles de chaussures, pare-chocs, matelas, sièges auto, usages bio-médicaux
Polhydroalcanoates	PHA	Application émergentes
Acide polylactique	PLA	Sacs plastiques « biodégradables »
Polycaprolactone	PCL	Biomédical
Polychlorure de vinyle	PVC	Tuyaux
Styrène butadiène	SBR	Pneus, chaussures, bâtiment, enduction du papier
Acrylonitrile butadiène styrène	ABS	Instruments de musique, bordures de cordon, usages électriques et médicaux, casques, canoës, appareils de cuisine, jouets
Polybutadiène	BR	Pneus, balles de golf, intérieur des tuyaux
Polyisoprène	NR	Gants, pneus, bottes, élastiques, gommes, tuyaux, usages médicaux
Polycarbonate	PC	Bouteilles, récipients, appareils électriques, usages médicaux
Polyméthylpentène	PMP	Matériel médical, seringues, abat-jour, radars, emballages alimentaires allant aux micro-ondes
Polytétrafluoroéthylène	PTFE	Revêtements antiadhésifs, joints, usages électriques et médicaux, matériel de laboratoire, pièces de pompes
Polysulfure de phénylène	PPS	Utilisations dans l'électronique, la cuisine et l'automobile, matériel de laboratoire stérilisable

1.2. Les types de plastiques :

Il y a trois grandes familles de polymères, ils sont généralement distingués en fonction du type de mise en œuvre: les thermoplastiques et les thermodurcissables et une autre famille appelée les élastomères, chaque famille comprend différents types de polymère, le tableau suivant résume ces types :

Chapitre 1 : Généralité sur les microplastiques

Tableau 2 : Les différents types de plastiques.

Type de plastique	Caractéristiques
1. PET	Le polyéthylène téréphtalate est le type de plastique le plus utilisé pour les emballages alimentaires.
2. HDPE	Le polyéthylène haute densité (high density polyethylene en anglais) est translucide, facile à manier et résistant au froid, il est très utilisé dans les bouteilles de produits ménagers.
3. PVC	Le Polychlorure de Vinyle, rigide ou souple, est essentiellement utilisé pour emballer le fromage et la viande.
4. LDPE	Le Polyéthylène Basse Densité (Low Density Polyethylene en anglais), qui possède les mêmes propriétés que le HDPE, se retrouve dans certains sacs et emballages plastiques.
5. PP	Le 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 voitures.
6. PS	Le Polystyrène, dur et cassant, est également très présent dans les emballages alimentaires mais aussi le mobilier, les jouets...
7. Autres	Il s'agit des autres types de plastique non répertorié

1.3. L'histoire de la recherche sur les pollutions par les microplastiques :

Les études sur les risques associés aux plastiques se développent dès les années 1950. En effet, en 1953, une publication paraît sur le contrôle de la poussière de plomb dans une usine de fabrication de plastiques vinyliques (Colton et al. 1974). Les années 1970 marquent un tournant, une prise de conscience collective pour les questions environnementales est amorcée. En effet, Greenpeace et le World Wide Fund (WWF) se sont engagés dans la protection de l'environnement dès 1971. Au cours de l'année 1973, les dangers des plastiques sur les oiseaux marins sont exposés. En 1992, un nouvel essor des études sur les pollutions des plastiques émerge suite au Sommet de la Terre de Rio. Ce Sommet met l'accent sur le principe de précaution en ce qui concerne l'environnement et le principe du pollueur-payeur. L'avènement de la Chine dans les années 2000 au sein des grandes nations scientifiques a fortement augmenté le nombre de publications. À la même époque, l'épanouissement de la recherche scientifique en Inde l'a hissé à la 3e place, derrière les Etats-Unis et la Chine. A partir de 2010, le taux de publications concernant les pollutions par les plastiques augmentent annuellement, et ce proportionnellement avec le nombre de publications en relation avec les pollutions par les microplastiques (Kedzierski, 2017)

2. La gestion de déchets des matières plastiques :

Selon l'échelle de Lansink (Figure 2), outre la prévention, plusieurs types de gestion sont utilisés. Tout d'abord la réutilisation, le recyclage, l'incinération et enfin la mise en décharge. En Europe, 27,3% des déchets plastiques sont mis en décharge, 41,6% sont incinérés et 31,1% sont recyclés ([Plastics Europe, 2017](#)).



Figure 2: Echelle de Lansink

2.1. Cycle de vie du plastique :

La production des plastiques débute en 1907 avec la Bakélite. À partir des années 1940, ils commencent à être produits en masse. Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, la production de plastiques n'a cessé d'augmenter. Entre 1950 et 2015, la production mondiale de matières plastiques hors fibres plastiques est passée de 1,5 MT à 322 MT ([Plastics Europe, 2016](#)). Les plastiques sont utilisés dans un grand nombre de secteurs industriels et commerciaux. Ces gisements de plastiques sont particulièrement importants dans cinq principaux secteurs les emballages, le secteur du bâtiment et de la construction, les composants de véhicule, les composants électriques ou électroniques et l'agriculture ([Balet, 2005](#); [Plastics Europe, 2016](#)).

Les produits plastiques ne sont pas tous les mêmes, donc n'ont pas tous la même durée de vie, Ils peuvent durer un an, 50 ans ou plus ([Plastics Europe, 2016](#)). Dans l'Union européenne en 2018, 29,1 millions de tonnes de déchets plastiques ont été collectés afin d'être traités. 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 3 : Cycle de vie de plastique (Réco France, 2015).

3. Débris de plastique en milieu marin:

3.1. Définition :

Les microplastiques ou MP sont des petites particules et des petites fibres en plastique. Elles sont mesurées par l'unité millimétriques et submillimétriques (Thompson et al., 2004) inférieure à 1 mm par certains (Browne et al., 2010 ; Claessens et al., 2011 ; Dekiff et al., 2014), inférieurs à 2 mm par d'autres (Ryan et al., 2009) mais aussi entre 2 et 6 mm (Derraik, 2002), voire inférieurs à 10 mm également (Graham and Thompson, 2009).. Néanmoins, pendant plusieurs années après la publication par Thompson et al. (2004) aucune définition claire des limites hautes et basses des microplastiques n'a été donnée, laissant chaque équipe de recherche utiliser sa propre définition des MP.

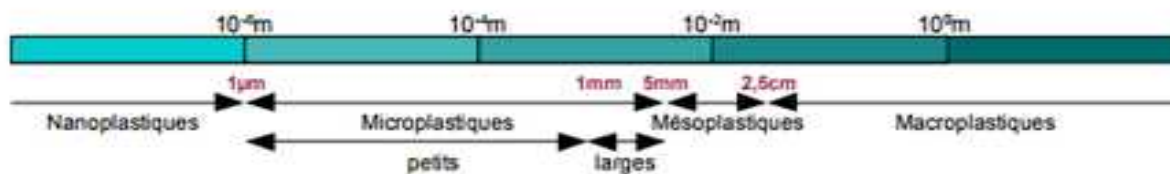


Figure 4 : Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille (MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, 2013).

3.2. Les types de débris plastique :

La création du terme de microplastique en 2004 (Thompson et al., 2004) a rapidement induit la création de termes tels que « macroplastique », « mésoplastique » ou encore « nanoplastique » entre la fin des années 2000 et le début 2010. Ainsi, se sont développées les premières nomenclatures intégrant différents termes nouveaux et permettant de nommer les plastiques en fonction de leur taille. Par exemple, De Witte et al, (2017) proposent de catégoriser les débris plastiques tels que résumé dans le tableau suivant:

Tableau 3 : Classement par taille des particules de plastique (De Witte et al, 2017).

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

3.3. Les origines des microplastiques :

3.3.1. Origine primaire :

Les MP d'origine primaire sont des particules plastiques fabriquées directement avec des tailles inférieures à 5 mm, qu'il s'agisse de pellets ou granulés de pré-production, aussi observable sous la forme de flocons ou sphérules destinés à être transformés en biens de consommation ou servant d'abrasifs industriels ou dans une moindre mesure de microbilles <1mm (Fendall et Sewell, 2009). Elles sont utilisées notamment comme exfoliant dans les cosmétiques, les shampoings et les dentifrices. Leurs appellations « billes » vient de particules généralement plus grosses et de couleurs facilement identifiables, mais leurs formes générales sont en fait assez chaotiques et leurs tailles peuvent s'avérer très petites (Lei et al., 2017). Relâchées dans les eaux usées, elles sont retrouvées dans les écosystèmes

Chapitre 1 : Généralité sur les microplastiques

aquatiques sans qu'on connaisse précisément leur devenir dans les stations d'épuration (Leslie et al., 2013). Les stations d'épurations (STEP) déversent leurs effluents directement dans les cours d'eau ou les mers sans utiliser de procédé particulier de filtration des MP. Du fait de leur petite taille, les MP peuvent être retenus ou non par les STEP et donc être libérés dans l'environnement (Carr et al., 2016; Dris et al., 2015).



Figure 5 : Microplastiques primaire sous forme de billes

3.3.2. Origine secondaire :

Les microplastiques secondaires MPs résultent de la fragmentation de gros déchets plastiques (par dégradation physique/chimique) en particules de moins de 5 mm (Ryan et al. 2009), Cela peut se produire lors de leurs fabrications, de leurs utilisations ou de leurs dégradations une fois devenus des déchets. Les textiles, qui en 2010 étaient à plus de 61 % composés de fibres en polymère plastiques (Shui et Plastina, 2013), généralement ils sont générés par les touristes et les pêcheurs, par l'industrie de démantèlement des navires et les abrasifs industriels, ainsi que par les plastiques lessivés provenant des sites des déchets. Les vêtements synthétiques sont aussi une source de microplastiques, puisqu'en un seul lavage 1900 fibres peuvent être libérées dans les eaux (Pruter, 1987 ; Andrady, 2011 ; Browne et al., 2011), Les activités terrestres sont responsables de 80% des apports de plastiques dans l'environnement marin (Andrady, 2011). Le mécanisme produisant la majorité des microplastiques dans l'environnement marin est l'altération de déchets plastiques abandonnés par les touristes ou par les engins de pêche : 18% des plastiques

marins (polystyrène expansé, bouées, filets) viennent de l'industrie de la pêche (Derraik, 2002 ; Cole et al., 2011 ; Andrady, 2011).



Figure 6 : Fragments des microplastiques secondaires.

4. Pollution aux plastiques dans les eaux marines :

La pollution plastique est aujourd'hui une préoccupation environnementale et sociale majeure. À la cour des 10 dernières années, de nombreuses études expérimentales ont complété les observations de terrain dans l'espoir de mieux comprendre le devenir de l'impact des micro et/ ou nano-plastiques (MP/NP) sur divers organismes (par exemple : oiseau, poissons et mammifères).

4.1. Les principales sources de la pollution plastique:

4.1.1. Déchets littoraux abandonnés :

Papier gras, emballages alimentaires, résidus alimentaires, bouteilles en verre ou en plastique, canettes métalliques, mégots et sacs d'emballage, journaux, crème solaire, vêtements, etc. Cela représente la principale source de déchets côtiers pour de vastes zones. (Henry ,2010).

4.1.2. Décharge :

Les décharges et dépotoirs sauvages représentent une source d'apport importante de déchets plastique sur les plages. Les vents les cours d'eau les transportent pour finir sur les plages (Franeker, 1985).

4.1.3. Les activités maritimes :

Les déchets plastiques provenant des activités maritimes sont par exemple les filets de pêche, généralement en fibre plastique, et autres matériels de pêche (lignes, hameçons, plombs, leurres, casiers, nasses, filets, palangres...), qui peuvent être perdus au cours d'activité ou jetés, lorsque ceux-ci ne sont plus utilisés. Ces outils de pêche sont communément appelés les filets fantômes ([Addamo et al. 2017](#)).

4.1.4. Les activités portuaires :

L'activité portuaire génère des quantités importantes de déchets de toutes sortes. Les déchets proviennent de pertes lors de la manutention des cargaisons sur les quais et les navires, des activités de pêche, de l'entretien des bateaux sur les aires de carénage, mais aussi de l'abandon d'ordures ménagères. Les ports où le nettoyage n'est pas assuré de manière adéquate voient s'accumuler dans les bassins des nappes de macro-déchets qu'il est difficile de récupérer sans moyens adaptés. Ces nappes peuvent sortir des ports sous l'effet du vent, des marées et des courants, pour aller souiller le littoral voisin ([Arthur et al., 2009](#)).

4.1.5. Activités anthropiques sur le littoral :

Toutes les activités humaines, qu'elles soient localisées sur le littoral ou non produisent des déchets qui sont susceptibles d'être entraînés vers la mer et finir échoués sur les plages. En effet les granules de pré-production et des fragments de plastiques dans les rivières, les estuaires et les eaux côtières sont souvent le résultat d'une mauvaise évacuation des eaux usées des industries de plastique ([Colton et al. 1974](#)).

4.1.6. La pêche, l'aquaculture et la plaisance :

De tous les déchets aquatiques présents dans l'océan, les déchets plastiques sont de plus en plus nombreux dans nos océans ([Barnes et al 2009](#)). Le mécanisme produisant cela dans l'environnement marin est l'altération de déchets plastiques abandonnés par les touristes ou par les engins de pêche : 18% des plastiques marins (polystyrène expansé, bouées, filets) viennent de l'industrie de la pêche ([Derraik, 2002 ; Cole et al., 2011](#)).

4.2. Mécanisme de transport des déchets de plastiques :

Selon [Schwarz et al. \(2019\)](#) le transport des plastiques est lié à des différents mécanismes :

- La nature des débris plastiques (taille, forme, densité...) ;
- Caractéristiques des eaux (la densité, la salinité, la présence de nutriments...) ;

– Facteurs environnementaux dans lesquels ceux-ci se trouvent (le vent, la pluie, le courant, la température, les turbulences, la salinité, la profondeur...).

4.3. Les impacts de la pollution par les microplastiques :

Plusieurs recherches ont montré que plus de 50 espèces de poissons consomment du plastique en mer. Nécessairement, ces chiffres concernent aussi les 2,9 milliards d'humains qui en tirent 20% de leurs besoins en protéines. Selon une récente étude américaine, les poissons confondent les débris de plastique envahis par les bactéries et les algues avec leur nourriture, ce qui entraîne l'ingestion de ces déchets (Sylvie Latieule, 2018). La pollution par les microplastiques présente dans la colonne d'eau et les sédiments constitue une voie d'exposition directe pour les organismes aquatiques et marins. Les microplastiques peuvent également contaminer les proies et exposer les prédateurs par la migration à travers la chaîne alimentaire marine. Il s'agit d'une voie indirecte mais potentiellement majeure d'ingestion des microplastiques pour toute espèce dont l'écologie alimentaire implique la consommation de proies entières, y compris les êtres humains (Nelms et al., 2018). La consommation directe des microplastiques est répandue chez de nombreux suspensivores tels que les huîtres et les moules, ainsi que chez les organismes limivores, tels que les concombres de mer, les crabes et les homards. Ces organismes ne peuvent pas faire la différence entre les microplastiques et les aliments. La situation se trouve encore compliquée d'autant plus que des microplastiques dans les milieux marins ont acquis une «signature de sulfure de diméthyle » (Luisa Amo et al. 2013). Ces minuscules fragments de plastique sont persistants dans l'écosystème marin et, en raison de leur taille micrométrique, sont confondus avec de la nourriture et ingérés par le biote marin qui comprend les coraux, les phytoplanctons, les zooplanctons, les oursins, les homards, les poissons etc. Ces substances passent alors au niveau trophique suivant. L'impact des microplastiques sur le biote marin est inquiétant car il entraîne des entraves et étouffements, qui peuvent être mortels pour la vie marine. Comme les fragments microplastiques proviennent principalement de sources terrestres, les écosystèmes côtiers (qui comprennent des récifs coralliens) sont particulièrement menacés par cette pollution (Amy and Lusher, 2015). Par ailleurs, les biofilms microbiens associés aux microplastiques peuvent aussi avoir des effets négatifs sur le récif coralien en accélérant la transmission des agents pathogènes (Jesse and Harrison, 2011).

Chapitre 1 : Généralité sur les microplastiques

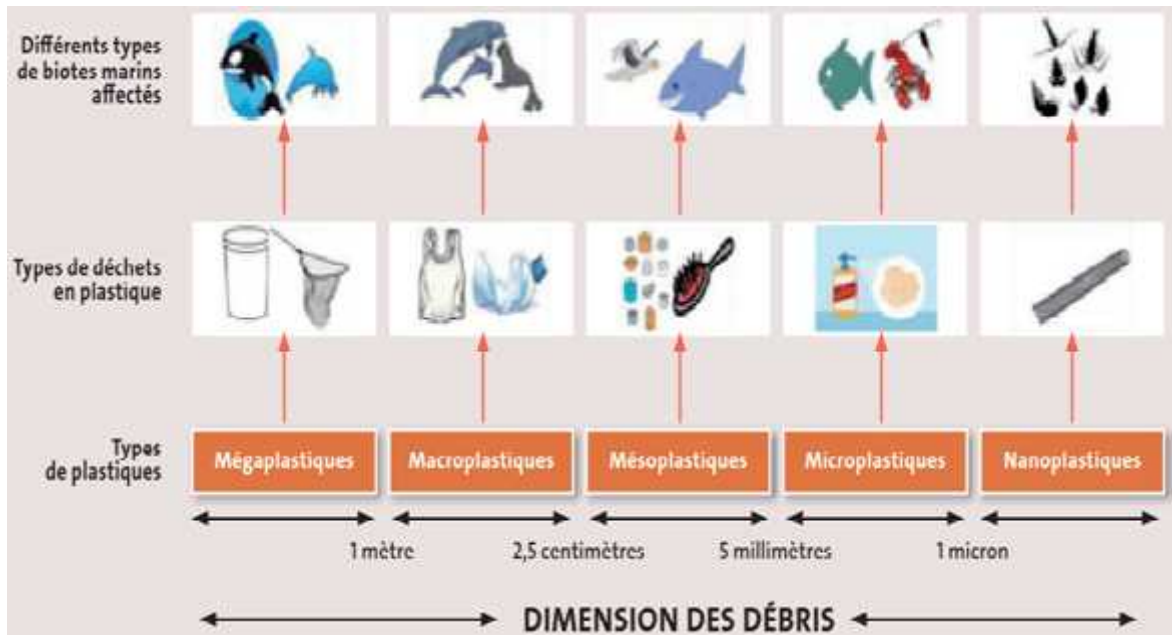


Figure 7 : Diagramme présentant les différents types de plastiques et leurs effets sur les organismes marins.



Chapitre 2 :
Matériels et méthodes

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude :

1.1. Description de la baie (golfe) d'Annaba :

Le golfe d'Annaba ou la baie d'Annaba (en arabe, خليج عنابة) est un grand golfe de la mer Méditerranée situé à l'extrême Est algérien ($36^{\circ} 50' - 37^{\circ} N$; $7^{\circ} 45' - 8^{\circ} 15' E$) dans la province d'El Tarf, 400 km à l'est d'Alger au niveau du littoral Est Algérien, limité à l'Est par le cap Rosa et à l'Ouest par le cap garde, distant de 40 Km (large plateau continental) (Ziouch, 2014). La baie d'Annaba affectée par un courant permanent de direction Est, reçoit les apports à l'Est par l'estuaire du Mafragh et à l'Ouest par la Seybouse et oued Boudjemâa auxquels il faut ajouter les rejets urbains et industriels de la ville d'Annaba et les rejets de quelques agglomérations de la zone de Taref (Fig. 8). Ces avantages océanographiques sont contrastés par les rejets domestiques et industriels (rejets industriels du complexe d'Asmidal et rejets urbains) provenant de la ville d'Annaba, qui sont fortement urbanisées avec près d'un million d'habitants (Ounissi et al, 2014). Ses eaux abritent de nombreux types de poissons, pour la plupart des sardines, des allaches, des saurels et bogues, des merlans, des rougets et roussettes, des poulpes et seiches ainsi que des crevettes.

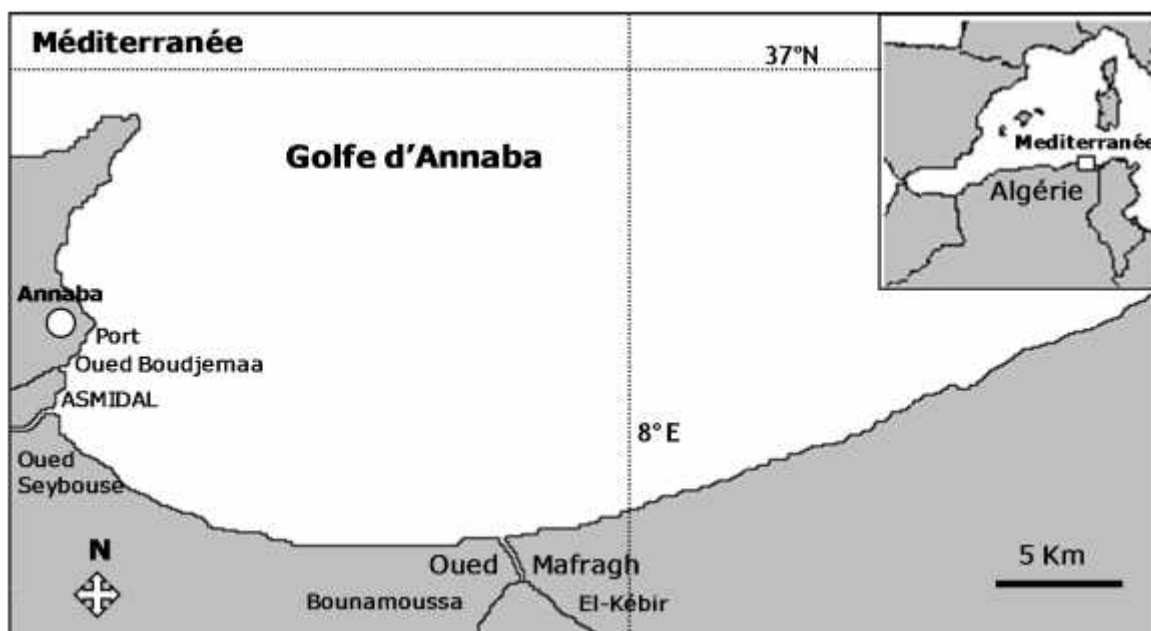


Figure 8 : Situation géographique du golfe d'Annaba ainsi que les sites sources majeures de pollution: Oued Seybouse, Oued Mafragh, Oued Boudjemâa, effluents d'Asmidal et le port.

1.2. Les principales sources de pollution dans le golf d'Annaba :

1.2.1. Oued Seybouse :

Oued Seybouse possède un vaste bassin versant de 6 500 km² accueillant environ 1,5 million d'habitants (ABH, 2013). Il comprend deux barrages importants d'une capacité de stockage de 400 millions de m³ et plusieurs retenues retenant environ 7,5 millions de m³. Ces constructions retiennent environ la moitié du ruissellement annuel total. Le bassin versant est majoritairement occupé par des pratiques agricoles intensives, et les activités industrielles lourdes se limitent au bas bassin versant maritime (plus de 70 usines dont les plus importantes sont regroupées sur la Seybouse maritime). Selon ABH (2013) le réseau d'assainissement est de 1200 km avec un taux de raccordement de 80%. Le débit d'Oued Seybouse varie fortement en fonction des précipitations sur le bassin versant qui reçoit de 450 à 735 mm/an selon les sous-bassins. Ziouch et al., (2020) ont estimé un débit moyen annuel à l'embouchure d'environ 15 m³ s⁻¹. Oued Seybouse déverse ces eaux chargées par des nutriments, sédiments et polluants dans le golfe d'Annaba (fig. 9).



Figure 9: Golfe d'Annaba soumis aux apports d'Oued Seybouse et Oued Mafragh.

1.2.2. Oued Mafragh:

Le bassin versant de Mafragh comprend les barrages de Cheffia construit sur la branche de Bounamoussa et le barrage de Mexa et de Bougous construits sur les branches de d'El Kebir. Ces barrages retiennent une grande portion du débit annuel de l'Oued. Le bassin versant de Mafragh (3 200 km²) est moyennement peuplé (354 000 habitants) (ABH, 2013). L'agriculture est essentiellement intensive où l'irrigation est assurée en grande partie par les affluents de l'Oued. L'industrie dans la région se limite à de petites usines agro-alimentaires. Le bassin versant est largement boisé en la partie supérieure et comprend de grands marais dans la partie inférieure. Entre ces parties s'élèvent quelques villages, dans la grande plaine inondable, où les activités de la population sont principalement l'agriculture de subsistance. Cette utilisation singulière des terres fait du bassin versant de Mafragh une zone vierge et unique dans la région méditerranéenne (Ziouch, 2014). La confluence de ces deux branches Bounamoussa et El-Kebir à 1Km de l'embouchure fait naître Oued Mafragh qui jette ces eaux dans la méditerranée (fig. 9).

1.2.3. L'effluent urbain: Oued Boujemaâ:

Les eaux usées domestiques sont constituées d'apports physiologiques, d'apports divers (eaux usées, déchets solides rejetés dans les toilettes), et d'eau à usage domestique (lavabo, baignoire et douche, lave-vaisselle). Les apports physiologiques sont principalement les matières fécales et l'urine humaine. Environ 30 à 45 kg de matières fécales humides sont produites par personne et par an, ou 10 à 15 kg de matières fécales sèches (Lentner et al., 1981).

L'effluent de Boudjemâa, principale eau usée entrant dans la Baie, traverse la plaine ouest de la ville d'Annaba et s'écoule jusqu'à la mer (Fig. 10). Avant d'atteindre la mer, l'effluent reçoit de multiples eaux usées domestiques de plusieurs stations de relèvement des égouts et de nombreux autres raccordements aux eaux usées domestiques. On estime que l'effluent apporte les déchets domestiques d'environ 150 000 habitants. En dehors de l'eau fluviale, l'effluent avait un débit variant généralement dans la journée entre 0,2 et 1 m³ s⁻¹ (Khammar, 2007). L'effluent de Boujemaâ constitue en effet un véritable émissaire d'eaux usées à ciel ouvert (Fig. 10).

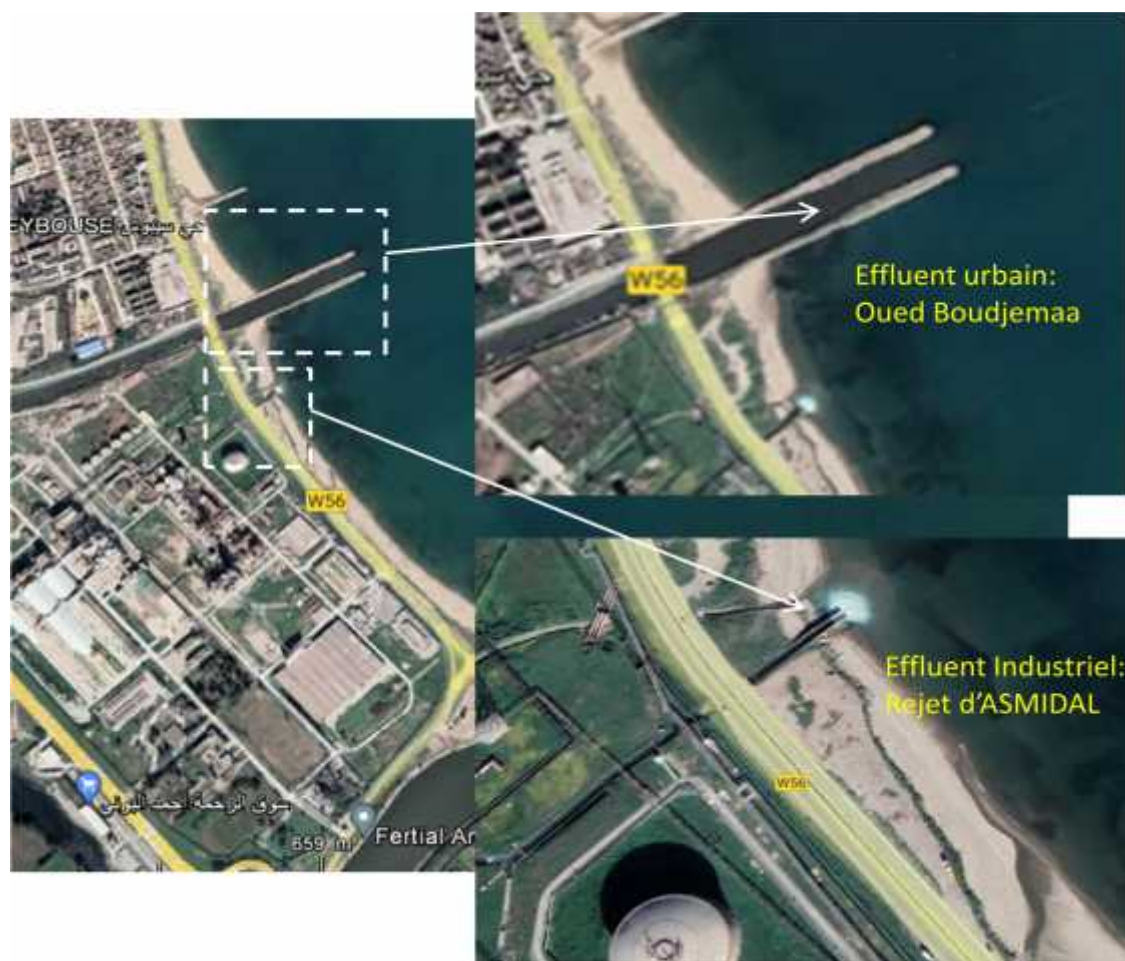


Figure 10: Golfe d'Annaba soumis aux apports de l'effluent urbain d'Oued Boudjema et les rejets d'ASMIDAL.

1.2.4. L'effluent industriel: Rejets d'ASMIDAL:

L'industrie chimique est l'un des secteurs les plus consommateurs d'eau notamment pour la production d'engrais chimiques à usage agricole. Le complexe ASMIDAL (ou FERTIAL) d'Annaba, utilise quotidiennement plus de 1 Million de m³ d'eau (Saker, 2007) qui est jeté dans la mer par la suite (Fig. 10). Dans l'ensemble, l'industrie des engrais produit quelque 360 millions de produits fertilisants. En Algérie, le groupe ASMIDAL est spécialisé dans la production, la commercialisation et le développement d'engrais, d'ammoniac et de dérivés. Selon Saker, (2007) le Group ASMIDAL avait une capacité de production annuelle:

- 1 million de tonnes d'ammoniac
- 825 000 tonnes de nitrate d'ammonium
- 240 000 tonnes d'engrais azoté liquide
- 800 000 tonnes d'engrais phosphatés (toutes formes confondues).

1.2.5. Le port d'Annaba :

Le Port de ANNABA (Fig. 11), fait partie des dix principaux Ports de Commerce d'Algérie. Son champ d'influence s'étend sur douze wilayas du pays où sont situées des zones industrielles à fort potentiel de développement et des ressources naturelles tels que les mines de fer, de phosphates et les champs pétroliers.



Figure 11: Le port d'Annaba (y compris le port de pêche).

A proximité (Fig. 11), il y a le port de pêche qui à une infrastructure plus simple que le port de commerce : quelques quais ou pontons, une station de ravitaillement, et un moyen de vendre le produit de la pêche (marché à proximité), et éventuellement de le traiter avant la vente si cela n'a pas été fait sur le bateau. Selon [MPRH \(2015\)](#) l'activité de pêche à Annaba n'a cessé de se développer. En effet, la flottille de pêche de la région est passée de 457 à 627 bateaux de pêche de différentes tailles et catégories. Le nombre de marins-pêcheurs, sans compter la main-d'œuvre au niveau du port de pêche, est quant à lui passé de 3000 à 6000. Une augmentation bénéfique pour l'économie locale et nationale, puisqu'elle a permis de faire passer, durant cette même période, la production de 8000 à 10000 tonnes, soit 5% de la production nationale.

2. Echantillonnage et mensuration des poissons :

2.1. Echantillonnage :

Notre manière d'échantillonnage consiste en un achat de poissons durant la période Mars-Avril 2022. Les espèces de poisson (objet d'études) capturées au niveau du golfe d'Annaba ont été achetées à partir des poissonneries de l'avant port de pêche, transportés immédiatement dans une glacière vers les laboratoires pédagogiques à l'université Abbas Laghrour de Khenchela pour mensuration et analyses. Les 4 espèces choisies dans cette étude sont : *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops*, C'est des espèces vendues à bas prix et à large consommation en Algérie.

2.1.1. *Sardinella aurita* (L'Allache) : sont des petits poissons (Fig. 12) pélagiques planctophage à alimentation opportuniste, plus riche en phytoplancton chez les juvéniles. La sardinelle ronde sélectionne ses proies, les copépodes constituant une part importante de son régime avec la présence des euphausiides et des larves de cirripèdes et cladocères (Fréon, 1988).



Figure 12: *Sardinella aurita* (L'Allache)

2.1.2. *Sardina pilchardus* (La Sardine) : est un petit pélagique côtier (Fig. 13) vivant en bancs denses. Les sardines vivent au-dessus du plateau continental jusqu'à 180 m de profondeur. Elles sont surtout abondantes le jour à des profondeurs de -25 à -55 m et la nuit sur des fonds de -15 à -35 m. Les sardines forment des bancs denses proches du fond le jour qui, la nuit montent en surface en se dispersant. La Sardine est planctonophage, les jeunes se nourrissent de phytoplancton, d'œufs, de larves et de petits crustacés alors que les adultes se nourrissent essentiellement de crustacés planctoniques et de larves de crabes et d'ophiures (Fisher et al., 1987).



Figure 13: *Sardina pilchardus* (La Sardine)

2.1.3. *Trachurus trachurus* (La Saurel) : est un poisson pélagique (Fig. 14) voyageant parfois en surface ou entre deux. Ce sont des prédateurs carnivores macrophages. Les *T. trachurus* juvéniles et adultes se nourrissent d'une grande variété de poissons (juvéniles de mugilidés et de *Sardina pilchardus*) ainsi que de crustacés (décapodes, copépodes, amphipodes, isopodes et mysidacés du zooplancton) et de mollusques (calmars) (F.A.O., 1987).

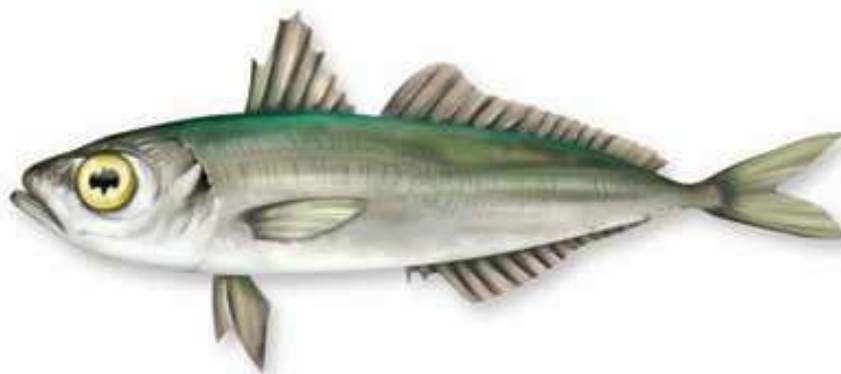


Figure 14: *Trachurus trachurus* (La Saurel)

2.1.4. *Boops boops* (La Bogue) : est une espèce démersale et épipélagique (Fig. 15) vivant au dessus du plateau continental, surtout dans les fonds (sable, vase, roches et herbiers) (Fisher et al. 1987); Dans le golfe d'Annaba, *B. boops* est pêché essentiellement au chalut démersal et pélagique et à la senne, à des profondeurs oscillant entre -50 et -300 m. Il se trouve aussi à de faibles profondeurs (< 10 m) où il fréquente les fonds meubles et accidentés et occasionnellement l'herbier à *Posidonia oceanica* (Derbal et Kara, 2006), *Boops boops* est omnivore et se nourrit de proies benthiques (crustacés, mollusques, annélides, sipunculides, végétaux) et pélagiques (siphonophores, œufs, copépodes). Les algues chlorophycées constituent une part non négligeable dans son alimentation. Aucune variation de son régime n'est observée en fonction du sexe (Derbal et Kara, 2006).



Figure 15: Boops boops (La Bogue)

2.2. Etude biométrique :

Tous les échantillons de poissons prélevés ont fait l'objet d'une étude biométrique à savoir les différentes longueurs à l'aide d'une règle graduée et les différents poids grâce à une balance (Fig. 16).



Figure 16 : Poissons destinés pour une mensuration de la longueur et le poids.

2.2.1. La taille : A l'aide de la règle on mesuré au centimètre : La longueur totale (LT) avant la dissection.

2.2.2. Le poids : Après les mesures de la longueur, chaque individu est pesé à l'aide d'une balance afin d'obtenir le poids total (le poids du poisson entier = Pt) (Fig. 17).

Une fois les pesées et les mensurations sont réalisées, chaque individu a été disséqué à l'aide des outils de la trousse de dissection (des ciseaux chirurgicaux avec des pinces), en effectuant des ouvertures dans la cavité abdominale pour faire les prélèvements des gonades, du foie et de tubes digestif. Afin d'empêcher la contamination externe de pénétrer dans le tube digestif pendant la préparation, les échantillons ont été transférés dans des boîtes de pétries bien fermées. Après la dissection, chaque individu est pesé encore une fois afin d'obtenir le poids éviscéré (PE) et le poids gastro-intestinal (Pgi).



Figure 17 : La mesure du poids des poissons.

2.2.3. Identification des sexes et prélèvement de tractus digestif :

On prélève tous le tractus digestif à l'aide d'une pince, et on le met dans une boîte de pétrie puis on passe directement à l'identification des sexes qui se fait après l'ouverture de la cavité abdominale et observation des gonades. Les mâles présentent des gonades qui prennent la forme d'une lame de couteau de couleur rose blanchâtre (Fig. 19) et les femelles ont des gonades qui prennent la forme de sac allongé de couleur jaune orangée (Fig. 18). Chez les plus petits poissons, cette méthode n'a pas permis de reconnaître mâle et femelle (Sexe indéterminé).



Figure 18 : Poisson femelle (Gonades de couleur jaune orangée).



Figure 19 : Poisson mâle (Gonades de couleur rose blanchâtre)

3. Identification et étude des microplastiques :

À l'aide d'un scalpel, le contenu de l'estomac et des intestins de chaque individu a été déposé sur des boîtes de pétries (Fig. 20). On rajoute pour chacun deux ou trois gouttes d'eau oxygénée (H_2O_2) puis on mélange et on étale le contenu sur les boîtes de pétries.



Figure 20 : Préparation des boîtes de pétries pour ajouter de l'eau oxygénée.

Les boîtes de pétries ont été étiquetées en portant le numéro correspondant à chaque individu. Les échantillons ont été ensuite séchés dans un four à $60^{\circ}C$ pendant 24h à 48h (Fig. 21). Enfin, on passe à la recherche et l'identification des microplastiques à l'œil nu et sous une loupe binoculaire.



Figure 21: Séchage des échantillons dans le four.

Sous une loupe binoculaire (Fig. 22) les échantillons ont été soigneusement examinés pour la présence de particules de plastique, y compris le bord de la Boîte de Pétri, où les particules de microplastiques se fixent généralement. Les débris de plastiques ont été comptés et photographiés. A l'aide un logiciel de traitement d'image (Image J) la longueur maximale de chaque particule a été mesurée (unités mm). Les particules de microplastiques ont été évaluées visuellement (Thompson et Thiel, 2012). Les microplastiques ont été classés selon Jabeen et al., (2016) par forme en filament, fragments, pastilles et films.

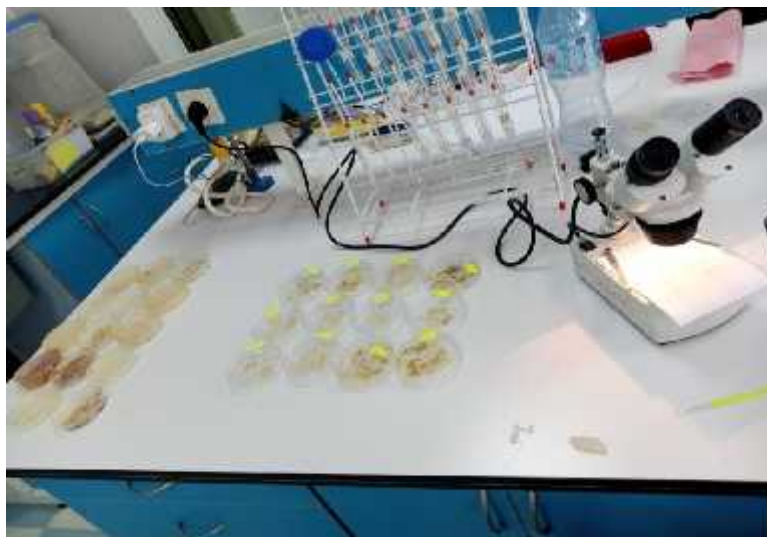
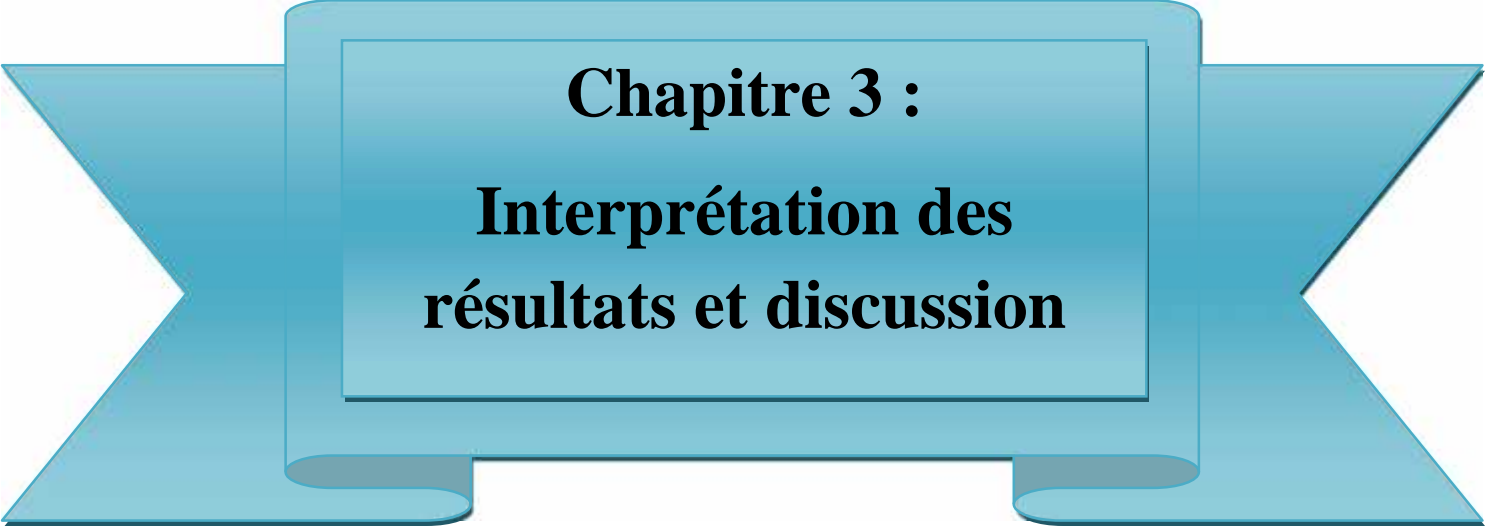


Figure 22 : Des boîtes de pétrie destinées pour une observation sous une loupe binoculaire.



Chapitre 3 :
Interprétation des
résultats et discussion

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1. Résultats:

1.1. Les paramètres biologiques :

La biométrie des poissons a été effectuée pour déterminer s'il existe une relation entre les concentrations de microplastiques (MPs) dans le tractus gastro-intestinal des poissons et les facteurs biométriques. Des informations détaillées sur la biométrie des échantillons de poissons sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résumé statistique des paramètres biologiques des quatre espèces de poissons étudiées du golf d'Annaba

Espèce	Nombre de spécimens (n)	Poids total moyens (Ptm) en gramme	Longueur totale moyenne (Ltm) en cm	Sexe ratio F:M:I
<i>Sadinella aurita</i>	15	34.43 (\pm 11.34)	15.66 (\pm 1.93)	02:02:11
<i>Sardina pilchardus</i>	12	35.26 (\pm 8.20)	16.05 (\pm 1.16)	10:01:01
<i>Trachurus trachurus</i>	15	66.55 (\pm 18.79)	19.50 (\pm 1.64)	01:11:03
<i>Boops boops</i>	12	60.43 (\pm 32.81)	17.78 (\pm 3.34)	05:07:00
Total=54			Total=18:21:15	

En ce qui concerne le poids, le spécimen de *Trachurus trachurus* avait un poids plus lourd suivi de la bogue *Boops boops* ensuite des deux espèces de sardine (Tab. 4). Le poids des spécimens variait de 42.82g à 106.51g, de 21.97g à 119.02g, de 22.32g à 45.85g et de 20.76g à 57.08g pour *Trachurus trachurus*, *Boops boops*, *Sardina pilchardus* et *Sadinella aurita* respectivement

Compte tenu de la longueur totale des quatre espèces de poissons, elle suit la même tendance que le poids, la longueur totale était plus élevée dans la plupart des échantillons de *Trachurus trachurus*, suivis des *Boops boops*, *Sardina pilchardus* et en fin *Sadinella aurita*, bien que la fourchette de la longueur totale moyenne était très serrée variant entre 15.66 (\pm 1.93) cm et 17.78 (\pm 3.34)cm pour les quatre espèces étudiées (Tab. 4).

Pour les 54 individus examinés, le sexe ratio (sexe femelle : sexe mal : sexe indéterminé) F:M:I=18:21:15. Le sexe de la plupart des individus de *Sadinella aurita* n'a pas été déterminé; le sexe féminin prédomine chez les spécimens de *Sardina pilchardus*, contrairement pour les échantillons de *Trachurus trachurus*, tandis que les échantillons de *Boops boops* présentent un nombre de mal et de femelle comparable (Tab. 4).

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 nombre et la distribution des MP dans les quatre espèces de poissons ont été évalués pour mieux comprendre le niveau de contamination. Selon le tableau 5, le niveau de contamination des espèces de poisson étudié varie entre 93% et 100% avec une moyenne de 96.5% (52/54 individus). Il faut aussi souligner que tout les spécimens examinés de *Sardinella pilchardus* et *Boops boops* ont été contaminés par les débris de plastique (Tab. 5).

Tableau 5 : Nombre et pourcentages des individus contaminés par les MP.

Espèce	Nombre d'individu contaminé	Pourcentage
<i>Sardinella aurita</i>	14	93 %
<i>Sardina pilchardus</i>	12	100 %
<i>Trachurus trachurus</i>	14	93 %
<i>Boops boops</i>	12	100 %
		X = 96.5 %

1.2.2. Fréquence des MPs ingérés:

L'observation microscopique nous a permit d'identifier et compter au sein de 54 individus examinés un nombre total de 419 de débris de MPs représentant une moyenne de 8.1 (± 7.5) débris de MPs par individu (Tab. 6).

Tableau 6 : Fréquence des MPs ingérés par les quatre espèces de poisson étudiées.

Espèce	Nombre	Min	Max	Médiane	Moyenne	Ecart type
<i>Sardinella aurita</i> (n=15)	82	0	15	5	5.5	4.0
<i>Sardina pilchardus</i> (n=12)	189	2	68	11.5	15.8	18.0
<i>Trachurus trachurus</i> (n=15)	64	0	10	3	4.3	2.8
<i>Boops boops</i> (n=12)	84	2	17	5	7.0	5.3
Totaux	419	0	68	6.1	8.1	7.5

La fréquence des MP dans le tube digestif des différentes espèces de poissons variait de 0 à 10, de 0 à 15, de 2 à 17 et de 2 à 68 chez *Trachurus trachurus*, *Sardinella aurita*, *Boops boops* et *Sardina pilchardus*, respectivement (Tab. 6). La distribution des particules dans les échantillons de poissons a révélé que l'abondance des éléments MP dans le tube digestif des spécimens de *Sardina pilchardus* était supérieure à celle des échantillons des autres espèces, avec une moyenne de 15.8 (± 18) tandis que la valeur médiane chez la

même espèce n'est que 11.5. Le tableau 6 montre qu'il y a seulement un échantillon de *Sardinella aurita* et un échantillon de *Trachurus trachurus* qui n'ont pas ingéré de MPs. Contrairement, un seul spécimen de *Sardina pilchardus* montre une abondance considérable de MP avec un maximum de 68 débris dans son tube digestif. L'ensemble des résultats obtenus concernant le nombre des particules ingérées, montre que les espèces pélagiques ingèrent plus de débris de plastique que les espèces démersales.

1.2.3. Distribution des MPs ingérés selon leurs formes:

Dans le tractus gastro-intestinal de 54 spécimens appartenant à quatre espèces de poisson examinées, un total de 419 particules de MPs ont été récupérés (92.8% filaments, 6.9% fragments et 0.2% film), dont *Sardina pilchardus* a accumulé dans son tube digestif plus de MPs que les autres espèces (Tab. 6 ; Fig. 23). La forme la plus répandue de tout les débris de MPs c'est les filaments (389) suivis par les fragments avec 29 particules, alors que les films ne sont repérés qu'une seule fois.

Il faut souligner que chez l'espèce *Trachurus trachurus* 100% les débris de MPs avalés sont sous forme de filaments. D'autre part, un seul film dans le tractus gastro-intestinal d'un spécimen de *Boops boops* a été répertorié (Fig. 23).

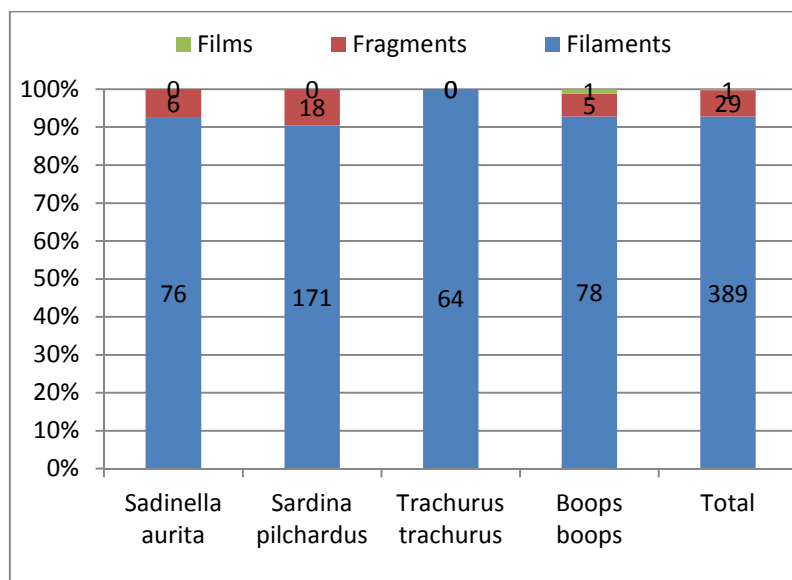


Figure.23 : Classification de particules de MPs ingérées selon leurs formes pour chaque espèce étudiée.

1.2.4. Distribution des MPs ingérés selon leurs tailles:

En ce qui concerne la taille, les particules de plastique récupérées du tractus gastro-intestinal des poissons étudiés ont été mesurées individuellement, 401 débris représentant 95.7% de taille inférieure à 5mm était donc considérés comme des microplastiques. Le reste c'est des mésoplastiques de taille comprise entre 5mm et 25mm. Par ailleurs, les gros débris supérieurs à 25mm et classés comme macroplastiques n'ont jamais été observés (Fig. 24). Aucune limite de taille inférieure n'a été fixée ou mesurée, mais toutes les particules observées avaient une taille qui pouvait être retirée à la main à l'aide d'une aiguille, une pince ou un forceps. Il est important de signaler d'autre part que les deux espèces de sardine ont ingéré 2-3 fois plus de particules de plastiques de taille moyenne (mésoplastiques) par rapport à *Trachurus trachurus* et *Boops boops* (Fig. 24).

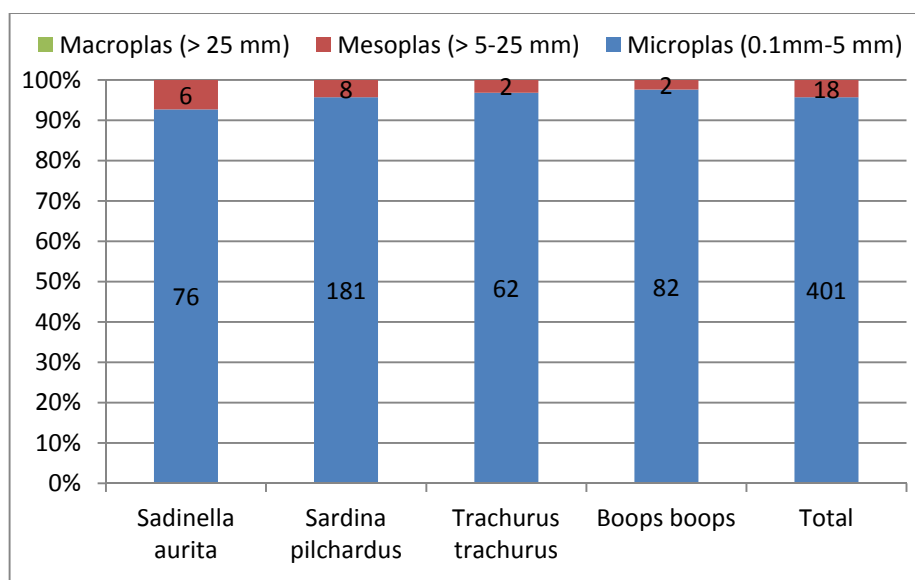


Figure 24: Classification de particules de MPs ingérées selon leurs tailles pour chaque espèce étudiée.

1.2.5. Distribution des MPs ingérés selon leurs couleurs:

En ce qui concerne la couleur, les débris de plastiques dans le tractus gastro-intestinal des poissons échantillonnés présentent une diversité de couleurs (noir, rouge, bleu, transparent et autres couleurs) (Fig. 25). Le noir est la couleur la plus abondante des débris de MPs dans le tube digestif de *Trachurus trachurus*, *Sardinella aurita*, *Boops boops* et *Sardina pilchardus* avec 83%, 78%, 73% et 69% respectivement), suivie par le rouge qui va dans l'intervalle 12-26%. Alors que les autres couleurs ne représentent qu'un

pourcentage minime (1-6%). De plus, les deux espèces de Sardine ingèrent des débris de plastique plus diversifiés en couleurs par rapport aux autres espèces (Fig. 25).

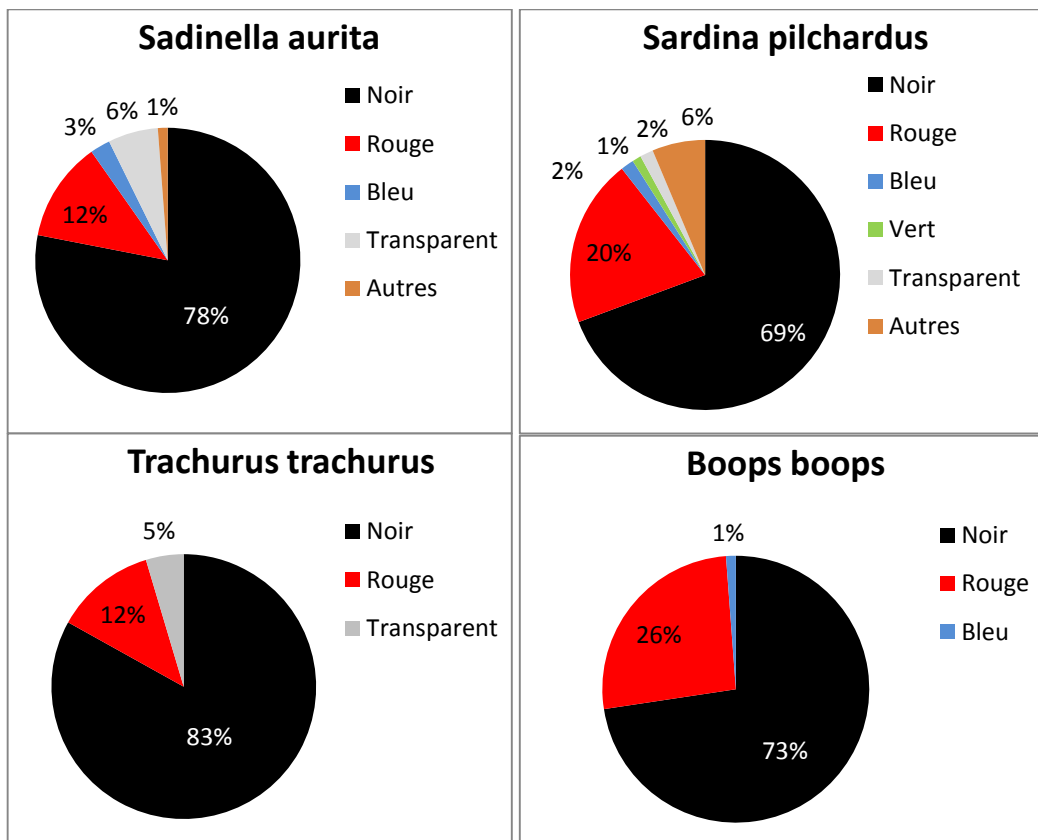


Figure.25 : Classification de particules de MPs ingérées selon leurs couleurs pour chaque espèce étudiée.

La figure 26 montre des exemples de débris de plastiques photographiés sous microscope à un grossissement de 10 fois. Ces photos montrent des débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différentes. En effet, la figure 26.A montre un fragment inférieur à 1mm de couleur rouge visualisé chez *Boops boops* ; la figure 26.B montre un fragment égale à 1mm de couleur jaune-orangé visualisé chez *Sardina pilchardus* ; la figure 26.C montre deux filaments de taille entre 5-8mm de couleur rouge visualisé chez *Sardina pilchardus* ; la figure 26.D montre un filament égale à 10mm de couleur rouge visualisé chez *Boops boops* ; la figure 26.E montre un filament égale à 4mm de couleur noir visualisé chez *Sardinella aurita* ; la figure 26.F montre un film égale à 12mm de diamètre de couleur transparente visualisé chez *Boops boops* ; la figure 26.G montre un filament égale à 18mm de couleur verte visualisé chez *Boops boops* ; la figure 26.H montre un filament égale à 6mm de couleur noir chez *Trachurus trachurus*.

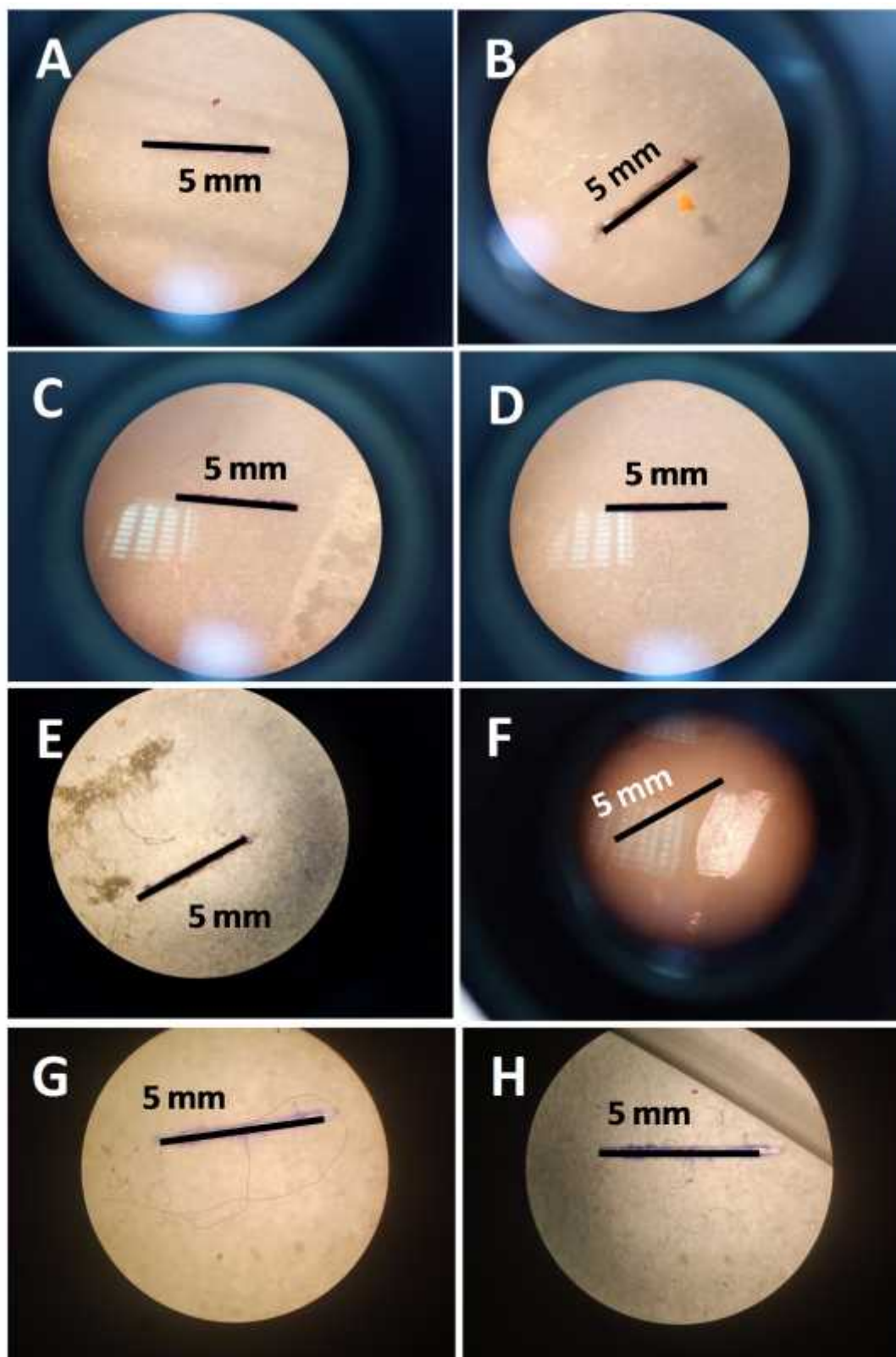


Figure 26 : Exemples de débris de plastiques de types, de formes, de tailles et de couleurs différents visualisés dans les tubes digestifs des quatre espèces de poissons étudiées.

1.2.6. Distribution des MP ingérés selon le sexe des poissons:

En considérant simplement la présence ou l'absence de MPs dans le tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées, on constate que plus de 50% des MPs ont été avalés par des poissons femelles, alors que les spécimens à sexe males et à sexe indéterminé ingèrent un nombre de particules de plastiques comparable. La figure 27 montre que presque 90% des particules de MPs ont été ingérés par les femelles chez *Sardina pilchardus* contrairement chez *Trachurus trachurus* où les $\frac{3}{4}$ des débris de MPS ont été ingérés par des poissons males. Tandis que chez *Boops boops* le nombre de MPs ingérés est identique pour les deux sexes. Par ailleurs, et étant donné le nombre des individus à sexe indéterminé prédomine (11/14) chez *Sardinella aurita*, plus que 70% des MPs ont été identifiés dans le contenu digestif de ces spécimens (fig. 27).

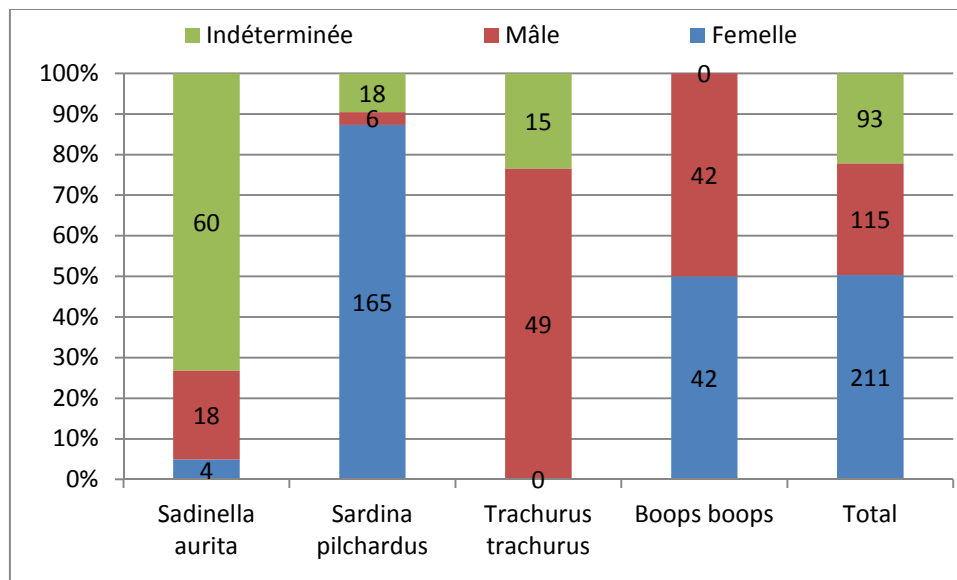


Figure 27: Classification de particules de MPs ingérés en fonction du sexe des quatre espèces étudiées.

1.2.7. Distribution des MP ingérés selon la taille des poissons:

Pour qu'on puisse déterminer l'existence de relation entre les tailles des échantillons et le nombre de MPs dans le tractus gastro-intestinal des quatre espèces de poissons étudiées, les spécimens ont été divisés en trois classes de taille selon le nombre d'individus capturés (Petits: 13-15cm; Moyens: 15-18cm; Grands: 18-23cm). La figure 28 montre clairement que plus de $\frac{1}{2}$ du nombre total de MPs a été ingéré par les poissons de classe moyenne, suivis par les poissons de petite taille et en fin c'est les poissons de grande taille qui avalent moins de débris de MPs.

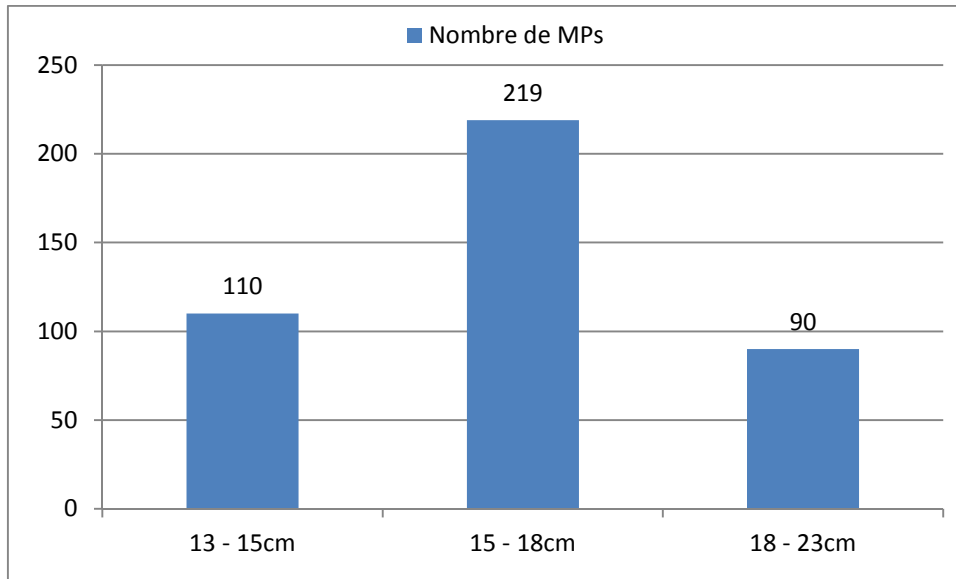


Figure 28: Classification de particules de MPs ingérés en fonction de la taille des quatre espèces étudiées.

1.2.8. Distribution des MP ingérés selon le poids des poissons:

Les spécimens ont été divisés aussi en trois classes selon le poids et selon le nombre d'individus capturés (Petits: 10-30g; Moyens: 30-50g; Grands: 50-120g).

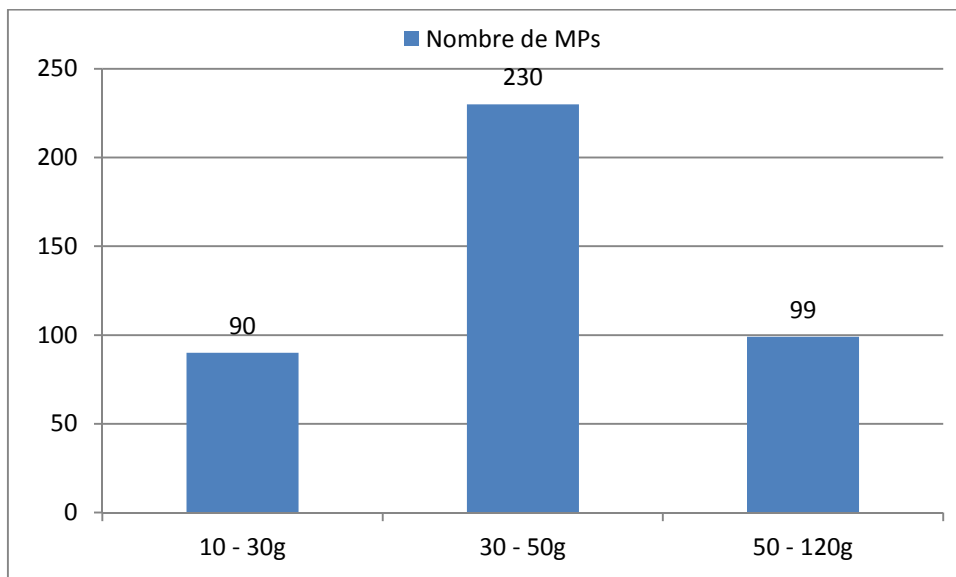


Figure 29: Classification de particules de MPs ingérés en fonction du poids des quatre espèces étudiées.

La distribution des MPs ingérés par classe de poids suit exactement la tendance de classe d'âge ou le nombre total de MPs a été ingéré par les poissons du poids moyen, alors que les petits poissons et les grands poissons (selon le poids) avalent moins de débris de MPs avec 110 et 90 particules de PMs respectivement (fig. 29).

1.2.9. Distribution des MP dans le tractus gastro-intestinal:

La densité minimale, moyenne et maximale des MPs (MP/g) en fonction du poids du tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées est représentée sur la figure 30. La densité moyenne la plus élevée (5.8 MP/g) est remarquée chez *Sardina pilchardus* représentant respectivement 1.9 fois, 2.3 fois et 5.3 fois la densité chez *Sardinella aurita*, *Boops boops* et *Trachurus trachurus*. Selon la figure 30, la densité minimale (0 MP/g) est rencontrée chez *Sardinella aurita* et *Trachurus trachurus* alors, tandis qu'un maximum de densité de 21.8 MP/g est observé chez *Sardina pilchardus*.

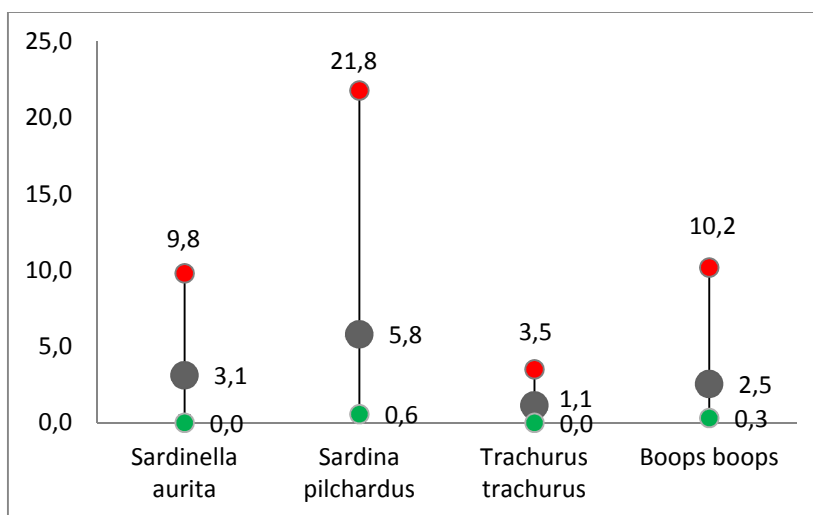


Figure 30: La densité minimale, moyenne et maximale des MPs (MP/g) en fonction du poids du tractus gastro-intestinal des quatre espèces étudiées.

2. Discussion:

l'investigation des PMs dans les poissons utilisés pour la consommation humaine, a été reportée dans plusieurs études à travers le monde, (Li et al., 2015; Bessa et al., 2018; Garcia et al., 2021; Piyawardhana et al., 2022). Cependant, en rive sud de la Méditerranée, plus précisément en Algérie, aucun rapport ne s'est intéressé à l'analyse des PMs dans les poissons d'intérêt économique. Par conséquent, pour combler ce manque de données, la

présence de PMs dans quatre espèces de poissons abondantes et largement consommées, à savoir *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops* collectées dans le golf d'Annaba, a été étudiée pour la première fois.

Cette étude fournit la première preuve d'ingestion de particules de MPs par les quatre espèces de poissons de la baie d'ANNABA. En effet, aussi bien la fourchette d'incidence (93-100%) que et le nombre moyen de MPs (moyenne \pm erreur standard = $8,14 \pm 7,52$) au sein des espèces étudiées sont plus élevés que ceux reportés par autres études (exp. [Hossain et al., 2019](#); [Garcia et al., 2021](#); [Siddique et al., 2022](#)). les deux espèces de sardine ensemble représentent une fréquence des MPs (10.7 débris/spécimen) deux fois plus élevée que les deux autres espèces ensemble (5.7 débris/spécimen). Il semble que la zone d'existence a influencée amplement la contamination des espèces par les MPs, les espèces pélagiques (*Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*) se trouvent beaucoup plus contaminées que les espèces benthiques (*Boops boops* et *Trachurus trachurus*). Une étude menée par [Rummel et al. \(2016\)](#) confirme que la colonne d'eau représente une densité des MPs plus élevée que les aux autres compartiments.

Dans le tractus gastro-intestinal des poissons, le nombre de PMs était deux fois plus élevé chez les individus à sexe femelle, alors que les mâles et les individus de sexe indéterminé représentent un nombre de MPs comparable. Il se pourrait que les différences spécifiques au sexe dues à l'événement de ponte précédent aient entraîné des besoins énergétiques plus importants chez les femelles ([Foltz et Norden, 1977](#)) et donc un plus grand volume de nourriture consommée (et donc une ingestion accidentelle de MPs).

Cette étude n'a pas montré une tendance claire entre le poids, la taille corporelle (indicateur de l'âge) des poissons et la fréquence de l'ingestion des MPs. Les individus de taille moyenne (15-18 cm) et de poids moyen (30-50 g) sont marqués par une fréquence élevée de MPs dans leurs tube digestif, suivis par la classe supérieure et la classe inférieure qui ingèrent moins de MPs, ces résultats complètent les résultats d'une étude récente menée par [Sbrana et al. \(2020\)](#). On s'attendait à ce que les poissons plus gros aient des charges de MPs plus élevées, car ces individus peuvent avoir besoin de volumes accrus d'aliments, certaines études identifiant de telles corrélations ([Horton et al., 2018](#); [Garcia et al., 2021](#)).

Concernant la taille, 95.7 % des particules de plastique observées dans le tractus gastro-intestinal des poissons étudiés ont une taille inférieure à 5mm et donc considérées comme des microplastiques. Le reste c'est des mésoplastiques de taille comprise entre

5mm et 25mm. Par ailleurs, les gros débris supérieurs à 25mm et classés comme macroplastiques n'ont jamais été détectés. Des études récentes ont indiqué que les débris de plastiques avec des classes de taille < 5mm (Microplastiques) sont les plus fréquemment détectés dans les écosystèmes marins (Lusher et al., 2013 ; Bessa et al., 2018).

Les seules formes de MPs observées sont des filaments et des fragments ce qui est similaire aux résultats de Neves et al., (2015) et Ferreira et al. (2018), le pourcentage des filaments par rapport au nombre total des MPs est 93% où 389 sur un total de 419 débris répertoriés dans le tractus gastro-intestinal de toutes les espèces échantillonnées, ce résultat est démontré par la majorité des études (exp. Sathish et al., 2020; Merga et al., 2020), de plus il est admis dans la littérature que les filaments sont les MPs les plus abondants dans l'environnement (Valente et al., 2019). Les vêtements synthétiques sont une source de MPs, puisqu'en un seul lavage 1900 fibres peuvent être libérés dans les eaux (Pruter, 1987; Andrady, 2011). D'autre part, les fragments c'est le deuxième type de MPs en termes d'abondance observé dans le tube digestif des spécimens examinés représentant un pourcentage minime de 6-10%.

La forme des MPs est souvent associée à une couleur, dans cette étude les particules de MPs dans le contenu digestif des espèces étudiées étaient principalement de couleur noir. Des études récentes ont indiqué que la couleur noire est plus fréquente dans les milieux marins (Morgana et al., 2018; Wu et al., 2020). La couleur rouge est classée la deuxième en abondance après la couleur noir ce qui corrobore avec les résultats de Cole et al., (2011) et Lusher et al. (2013). Selon Nelms et al. (2018), les MPs de couleur rouge viennent essentiellement de l'industrie de la pêche principalement la dégradation de filet de la pêche.

En ce qui concerne la densité des microplastiques par gramme de tractus gastro-intestinal, on a souligné des concentrations moyennes élevées chez les deux espèces de sardine quoi que *Sardina pilcardus* représente une densité deux fois plus élevée que *Sardinella aurita*. Paradoxalement, *Boops boops* et *Trachurus trachurus* ne représentent que des densités faibles de l'ordre de 1.76 MPs/g et 0.82 MPs/g respectivement pour les deux espèces. La fréquence des MPs dans le tube digestif des poissons de la baie d'Annaba, 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 and Devipriya, 2019; Dhineka et al., 2022)

En fin, ces premières investigations confirment la présence de PMs dans le poisson, mais que les valeurs réelles ont une certaine dépendance au contexte résultant, par exemple, la manière de traiter l'échantillon, des caractéristiques du bassin versant, mais aussi de l'écologie et l'habitat des espèces. Ces derniers sont les caractéristiques sur lesquelles nous nous concentrerons dans nos futures études.



Conclusion

Conclusion

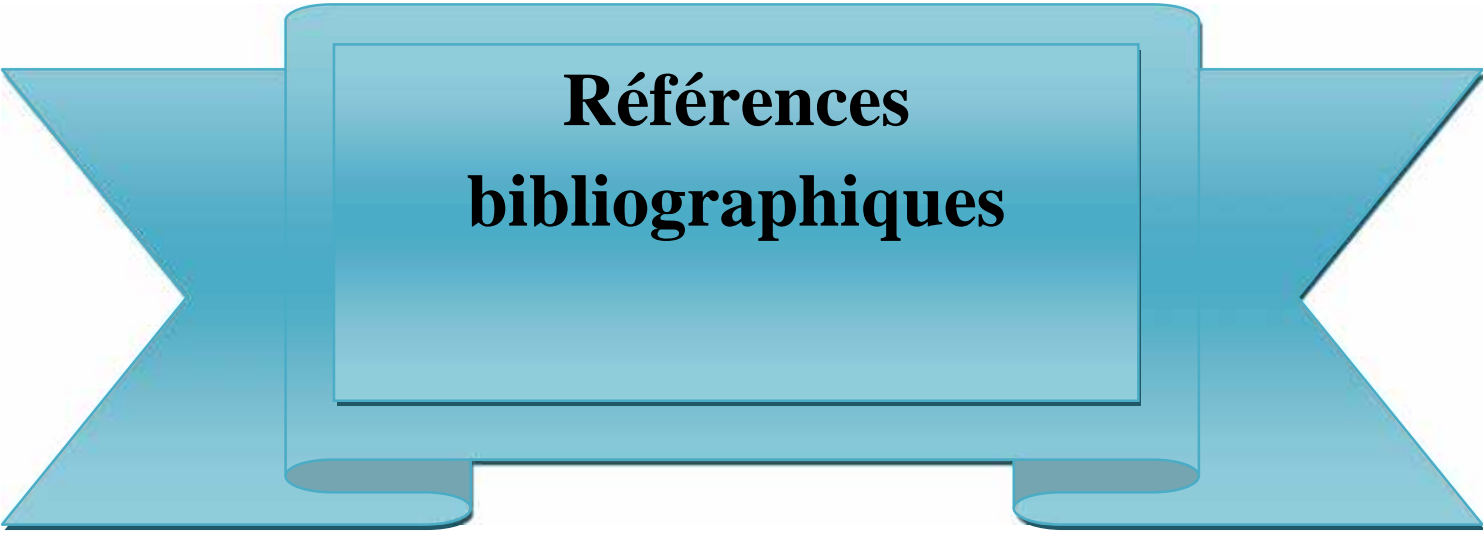
Conclusion :

Cette étude fournit pour la première fois des informations pertinentes sur les quantités et les types de MPs ingérés par les poissons du golfe d'Annaba en Algérie.

- Les résultats obtenus montrent que 93-100% des quatre espèces étudiées sont infectées par les MPs et avec des niveaux très élevés (8.1 (\pm 7.5) MPs / individu).
- Les spécimens ayant un sexe femelle, une longueur totale moyenne, et un poids total moyen sont les plus contaminés par les MPs.
- Les fibres constituent la forme la plus courante (93%) des particules MPs, ou la couleur noir domine, suivie par le rouge.
- 95.7% du nombre total des particules de plastiques ingérées c'est des microplastiques (< 5mm), le reste c'est des mésoplastiques.
- L'abondance moyenne (15.8 (\pm 18) MPs/individu) et la densité moyenne (5.8 MPs/g) sont très élevées chez l'espèce *Sardina pilcardus*.
- Les paramètres biologiques n'ont pas une tendance claire avec l'ingestion de MPs.
- Les espèces pélagiques ingèrent plus de débris de plastique que les espèces démersales.
- Les apports entrants des deux rivières Seybouse et Mafragh, les rejets industriels (FERTIAL), les rejets urbain (oued Boujemaa) ainsi que les activités de pêche sont des contributeurs importants à la pollution par les MPs dans le golfe d'Annaba. des recherches supplémentaires sont nécessaires pour quantifier leurs contributions respectives afin de réduire le nombre de MPs qui pénètrent dans la mer.

Perspectives :

- Réduire la pollution de l'eau par les MPs en sensibilisant à ses dangers.
- Réduire les déchets plastiques grâce au recyclage.
- Sensibiliser les pêcheurs sur l'effet de l'utilisation des filets et des produits de pêche où l'utilisation des produits neufs est conseillée.
- Éviter d'utiliser des plastiques à usage unique.
- Mise en place d'un système de collecte des déchets surtout dans les plages.
- Sensibiliser la communauté et éduquer les générations sur les dangers de la pollution plastique.



**Références
bibliographiques**

A

ABH (Agence des bassins hydrographiques) Seybouse-Mellag-Constantinois, 2013. Le bassin de la Seybouse en quelques chiffres, Actualisation, Les cahiers de l'agence: 1-16.

Addamo A.M., Laroche P., Hanke G., 2017. Top Marine Beach Litter Items in Europe; A review and synthesis based on beach litter data. JRC Technical Reports – European Commission.

Amy L Lusher, Gema Hernandez-Milian, Joanne O'Brien, Simon Berrow, Ian O'Connor et Rick Officer, Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: The True's beaked whale *Mesoplodon mirus*, Environmental Pollution, DOI.org/10.1016/j.envpol.2015.01.023, 2015.

Andrady, 2011, Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin. 62, 1596-1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.

Ariane Luppens Article rédigé D'après les recherches de : France Collard, Remy François, Gilbert Bernard et al, Les micro-plastiques dans les estomacs de poissons, 2007.

Arthur C., Baker J., Bamford H., 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Technical Memorandum NOS-OR&R-30.

B

Balet, J.-M. (2005). Aide-mémoire : gestion des déchets.

Barnes D., Galgani, F., Thompson R., & Barlaz M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 364(1526), 1985-1998.

Ben Abdallah, L. and Gaamour. A., 2004. Répartition géographique et estimation de la biomasse des petits pélagiques des côtes Tunisiennes.

BENETTE O; 2010- continent of rubich : section science and environnement p.

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>

Browne, M.A., Galloway, T.S., Thompson, R.C., 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. Environmental Science & Technology, 44, 3404–3409.

Bowmer, T., Kershaw, P., 2010. Proceedings of the GESAMP International Workshop on microplastic particles as a vector in transporting persistent, bioaccumulating and toxic substances in the ocean. Paris : UNESCO-IOC.

Browne M.A., Crump P., Niven S.J., Teuten E., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines World wide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*. 45, 9175-9179.

C

Carr, S.A., Liu, J., Tesoro, A.G., 2016. Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*. 91, 174-182. doi: 10.1016/j.watres.2016.01.002.

Carpenter, E.J., Smith, K.L., 1972. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science* 175, 1240–1241 (1972).

Charlton, T. L., Charles, S., 1879. *A Latin Dictionary*, by Charlton T. Lewis and Charles Short. Oxford/Clarendon Press.

Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., Janssen, C.R., 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine pollution bulletin*, 62, 2199–2204.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, S.C., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62, 2588–2597.

Colton, J. B., Burns, B. R. & Knapp, Frederick D. (1974). Plastic Particles in Surface Waters of the Northwestern Atlantic. *Science* 185, 491-497.

Cózar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S., Palma, A.T., Navarro, S., Garcia-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernandez-de-Puelles, M.L., Duarte, C.M., 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 10239– 10244.

D

Dekiff, J.H., Remy, D., Klasmeier, J., Fries, E., 2014. Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environmental Pollution*, 186, 248–256.

DERBAL F. & M.H. KARA, 2006. - Régime alimentaire du sar tambour *Diplodus cervinus cervinus* (Sparidae) des côtes de l'est algérien. *Cybium*, 30: 161-170.

Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine pollution bulletin*, 44, 842–852.

De Witte, B., 2017. Microplastics in the food chain: risk characterization for human health and prevalence, 13th Symposium of the Scientific Committee of the Belgian Federal Agency for Safety of the Food Chain, Brussels, Belgium.

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.

DJABALI F., BRAHMI B. & M. MAAMASS, 1993. - Poissons des côtes algériennes. *Pelagos (NS)*, 1-215.

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.

Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., Tassin, B., 2015. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*. 12, 592-599. doi: 10.1071/EN14167.

F

F.A.O., 1987 et Fishbase, 2009, mémoire présenté par CHAREF-BELIFA Zoubida El-Batoul, Contribution à l'étude de la croissance du saurel *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) pêché à Oran, par lecture d'otolithes et distribution des fréquences de taille, université D'ORAN ES-SENIA.

F.A.O, 2008, Etude de l'intérêt de *Dunaliella salina* (micro-algue halophile) sur la culture de l'Artémie en Oranie. Mémoire de master en Agronomie, Université ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM, P10.

Fendall et Sewell, 2009, Contributing to marine pollution by washing your face.

Ferreira G.V.B., Barletta M., Lima A.R.A., Morley S.A., Justino A.K.S., Costa M.F., 2018 High intake rates of microplastics in a Western Atlantic predatory fish, and insights of a direct fishery effect. *Environ. Pollut.* ; 236:706–717.

Fischer, W., Bauchot, M. L., & Schneider, M., 1987. Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer noire (Révision 1. Zone de pêche. 37).

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.

Franeker, 1985, mémoire de master par BENKADA Djawad, Abondance et répartition des débris plastiques au niveau des plages d'AGLA et HONAÏNE (Tlemcen), université de ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN.

Fréhi H., 1995. Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanktonique dans un écosystème marin côtier : Eutrophisation de la Baie d'Annaba. Thèse de magister, Université d'Annaba. Algérie, 160p.

Fréon P., 1988.- Réponses et adaptations des stocks de Clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Etudes et Thèses. ORSTOM Editions: 287 p.

G

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>.

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.

Gouiez H., 2006. Apport en sels nutritifs et en Matières organiques oxydables au littoral d'Annaba par Oued Seybouse et l'estuaire de la Mafrag. Mémoire de Magister, Université d'Annaba, 30p.

H

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. Rapport final.64p.

HIDALGO-RUZ V;GUTOW L; THOMPSON C. et THIEIL M; 2012- Microplastique in the marine environment : a review of the method used for identification and quantification. Environmental Science and Technology, 46, 3060-3075.

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.

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>.

J

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.

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A.L., Narayan, R., Law, K.L.: Plastic waste inputs from land into the ocean. Science 347, 768–771 (2015).

Jesse P Harrison, Melanie Sapp, Michaela Schratzberger et Mark A Osborn, Interactions between microorganisms and marine microplastics: A call for research, Marine Technology Society Journal, Doi. org/10.4031/MTSJ.45.2.2, 2011.

K

Kedzierski, M. 2017. « Pollutions du milieu littoral par les microplastiques », 240.

Khammar H., 2007. Caractères chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de Magister, Université d'Annaba, 46p.

L

Laurent Basilico, Pierre-François Staub et Rachid Dris synthèse La pollution plastique De nouvelles connaissances et des pistes pour l'action publique.

Lambert, S., Sinclair, C., Boxall, A. (2014) Occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment. Rev Environ Contam Toxicol. 227:1-53.

Lei, K. and Coauthors, 2017: Microplastics releasing from personal care and cosmetic products in China. Marine Pollution Bulletin, 123, 122–126, doi:10.1016/j.marpolbul.2017.09.016.<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X17307518> (Accessed August 16, 2018).

Lentner, C., Wink, A., 1981. Units of measurement, body fluids, Composition of the body, Nutrition. Geigy Scientific tables. Ciba-Geigy, Basle.

Les microplastiques dans la pêche et l'aquaculture, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

Leslie, H.A., Brandsma, S.H., van Velzen, M.J.M., Vethaak, A.D., 2017. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam

canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environment International*. 101, 133- 142. doi: 10.1016/j.envint.2017.01.018.

Leslie H.A.; van Velzen, M.J.M.; Vethaak, A.D, 2013, Microplastic survey of the Dutch.

Les types de plastique, mémoire de master par HAMRI. Okba, Etude et conception et réalisation d'un broyeur pour le recyclage des déchets plastiques, Université A.MIRA – BEJAIA.

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>.

Luisa Amo, Miguel Ángel Rodríguez-Gironés, Andrés Barbosa, (2013) Olfactory detection of dimethyl sulphide in a krill-eating Antarctic penguin MEPS 474:277-285 DOI: <https://doi.org/10.3354/meps10081>.

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.

M

Malti Mariem Sabiha 2021. Etude de la pollution de la côte de Rachgoun par les déchets plastiques (Ain Témouchent). Mémoire de master en écologie, Université ABOUBEKR BELKAID-TLEMCEN, p12.

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

Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D., Rogers, D.L., 2016. Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*. 218, 1045- 1054. doi: 10.1016/j.envpol.2016.08.056.

Medina-Gaertner M. 1985. - Etude du zooplancton côtier de la baie de Dakar et de son utilisation par les poissons comme source de nourriture. Thèse 3 eme cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest : 141 p.

Merga, L. B., Redondo-Hasselerharm, P. E., Van den Brink, P. J., & Koelmans, A. A. (2020). Distribution of microplastic and small macroplastic particles across four fish species and sediment in an African lake. *Science of The Total Environment*, 140527. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140527

Michielssen, M.R., Michielssen, E.R., Ni, J., Duhaime, M.B., 2016. Fate of microplastics and other small anthropogenic litter (SAL) in wastewater treatment plants depends on unit processes employed. *Environmental Science: Water Research & Technology*. 2, 1064- 1073. doi: 10.1039/C6EW00207B.

Mikaël Kedzierski, *Pollutions du milieu littoral par les microplastiques : Méthodes d'évaluation*, Université BRETAGNE LOIRE.

Morgana, S., Ghigliotti, L., Estévez-Calvar, N., Stifanese, R., Wieckzorek, A., Doyle, T., Christiansen, J.S., Faimali, M., Garaventa, F., 2018. Microplastics in the Arctic: a case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environ. Pollut.* 242, 1078–1086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001>.

M.P.R.H., 2003. Informations sur l'aménagement des pêches dans la République Algérienne Démocratique.

MPRH (Ministère de la pêche et des ressources halieutiques), 2015. Contribution des filières de la pêche et de l'aquaculture au développement d'un système productif compétitif en Algérie. In: MPRH (ed.) *Conférence Nationale sur le Commerce Extérieur*. MPRH, Palais des Nations, Club des Pins, Alger.

Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B., 2016. Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology*. 50, 5800-5808. doi: 10.1021/acs.est.5b05416.

N

Nelms SE, Galloway TS, Godley BJ, Jarvis DS, Lindeque PK. (2018) Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environ Pollut.* 238:999-1007, Guide sur 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.

Nieland, H. 1980: In Ghéno, Y. et Fontana, A. 1981. Les stocks de petits pélagiques côtiers les sardinelles. In: *Milieu marin et ressources halieutiques de la république populaire du Congo*, A. Document. ORSTOM, Paris., 138: 213-25.

O

Ounissi M., & Fréhi H., 1999. Variabilité du microphytoplancton et des Tintinnides d'un secteur hautement eutrophe du golfe d'Annaba (Algérie). *Cah. Biol. Mar.* 40, 141-153.

Ounissi, M., Ziouch, O. R., Aounallah O., 2014. Variability of the dissolved nutrient (N, P, Si) levels in the Bay of Annaba in relation to the inputs of the Seybouse and

Outils PFERD, 2012. Outils PFERD pour l'usinage des matières plastiques : plastique. Catalogues 201.

P

Pedrotti, M. L., Petit, S., Elineau, A., Bruzard, S., Crebassa, J. C., Dumontet, B., Marti, E., Gorsky, G. & Cozar, A. (2016). Changes in the Floating Plastic Pollution of the Mediterranean Sea in Relation to the Distance to Land. *PLoS One* 11, e0161581.

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.

PlasticsEurope (2016). *Plastics - the Facts 2016*. An analysis of European plastics production, demand and waste data.

PlasticsEurope, 2017, *Plastics – the Facts 2017 An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data*, mémoire de master en bioingénieur par MAXIME BUYCK, gestion des déchets plastiques et détection de micro-déchets plastiques en station d'épuration en Wallonie, Liège université Gembloux Agro-bio tech.

PlasticsEurope, 2019, URL <https://www.plasticseurope.org/fr/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>.

PlasticsEurope, 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.

Pruter A.T. (1987). Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine- environment. *Marine Pollution Bulletin*. 18, 305-310.

R

Réco France, le cycle de vie de plastique, Publié le 30 mai 2015.

Reyne, M., 1998. Aspects technico-économiques de l'utilisation des plastiques. *Techniques de l'Ingénieur*.

Rummel, C.D., Löder, M.G.J., Fricke, N.F., Lang, T., Griebeler, E.-M., Janke, M., Gerdts, 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>

Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A. & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, 1999-2012.

S

Saker I.E., 2007. Caractères chimiques des effluents industriels directs introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de Magister, Université d'Annaba, 38p.

Sathish, N., Jeyasanta, I., & Patterson, J. (2020). Occurrence of microplastics in epipelagic and mesopelagic fishes from Tuticorin, Southeast coast of India. *Science of The Total Environment*, 137614. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137614.

Sbrana, A., Valente, T., Scacco, U., Bianchi, J., Silvestri, C., Palazzo, L., ... Matiddi, M. (2020). Spatial variability and influence of biological parameters on microplastic ingestion by Boops boops (L.) along the Italian coasts (Western Mediterranean Sea). *Environmental Pollution*, 114429. doi:10.1016/j.envpol.2020.114429.

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>.

Shui et Plastina, 2013, thèse de doctorat Préparée par : Mel CONSTANT, Source, transfert et devenir des microplastiques (MPs) en mer Méditerranée Nord-Occidentale, Université de Perpignan via Domitia.

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.

Sylvie Latieule, Cosmétiques : Des solutions biosourcées pour remplacer les microbilles de plastique, 2017. Disponible en ligne au <http://www.formule-verte.com/cosmetiques-des-solutions-biosourcees-pour-remplacer-les-microbilles-de-plastique/> (Accédé le 15.11.2018).

T

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, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W., McGonigle, D., Russell, A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*. 304, 838-838. doi: 10.1126/science.1094559.

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.

U

UNEP and GRID-Arendal, 2016: *Marine Litter Vital Graphics*.

UNESCO. 2012. « La pollution marine | Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture ». 2012. <http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/rio-20-ocean/blueprint-for-the-future-we-want/marine-pollution/>

V

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

Van Wezel, A., Caris, I., Kools, S.A.E., 2016. Release of primary microplastics from consumer products to wastewater in the Netherlands. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1-5. doi: 10.1002/etc.3316.

W

Wong, C. S., Green, D. R. & Cretney, W. J. (1974). Quantitative tar and plastic waste distributions in the Pacific Ocean. *Nature* 247, 30-32.

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>

Z

Zbyszewski, Maciej; Corcoran, Patricia L.; Hockin, Alexandra (2014), Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America. In: Journal of Great Lakes Research, vol. 40, n° 2, p. 288–299. DOI: 10.1016/j.jglr.2014.02.012.

Ziouch, O.R., 2014. Nutrient distribution in the Bay of Annaba under the influence of the Seybouse and the Mafragh estuaries inputs (South-Western Mediterranean). In: Doctoral Thesis: Coastal Environment. University of Badji Mokhtar (Annaba), Algeria. <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/09/ZIOUCHOmar-Ramzi.pdf>.

Ziouch, O. R., Laskri, H., Chenaker, H., Ledjedel, N. E., Daifallah, T., Ounissi, M. 2020. Transport of nutrients from the Seybouse River to Annaba Bay (Algeria, SW Mediterranean). Marine Pollution Bulletin, 156, 111231. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.11123.



Résumés

Résumé :

Les microplastiques sont un polluant répandu à l'échelle mondiale présentant un risque pour les organismes marins et les processus écologiques. L'objectif de la présente étude est d'évaluer, pour la première fois, la présence, la quantité et la typologie des MPs dans le tractus gastro-intestinal de quatre espèces de poisson commercialisées: *Sardinella Aurita*, *Sardina Pilcardus*, *Trachurus Trachurus* et *Boops Boops* prélevées du golf d'Annaba (Algérie). La zone d'étude est bien connue pour la forte population et les activités industrielles élevées qui peuvent contribuer à la pollution plastique. Après mesures biologiques, le tractus gastro-intestinal des spécimens a été prélevé, la matière organique éliminée par l'ajout de H₂O₂, et en fin les particules de plastiques ont été visualisées sous microscope ($\times 10$). Les résultats obtenus montrent que 93-100% des quatre espèces étudiées sont infectées par les MPs et avec des niveaux très élevés (8.1 (± 7.5) MPs / individu). Les spécimens ayant un sexe femelle, une longueur totale moyenne, et un poids total moyen sont les plus contaminés par les MPs. Les fibres constituent la forme la plus courante (93%) des particules MPs, ou la couleur noir domine, suivie par le rouge. 95.7% du nombre total des particules de plastiques ingérées c'est des microplastiques (< 5mm), le reste c'est des mésoplastiques. L'abondance moyenne (15.8 (± 18) MPs/individu) et la densité moyenne (5.8 MPs/g) sont très élevées chez l'espèce *Sardina pilcardus*. Les espèces pélagiques ingèrent plus de débris de plastique que les espèces démersales. Cette étude montre que les paramètres biologiques n'ont pas une tendance claire avec l'ingestion de MPs. Peut être d'autres facteurs tel que l'écologie de l'espèce et l'habitat qui feront l'objet des études futures.

Les mots clé :

Les microplastiques, les poissons, les paramètres biométriques, La baie d'Annaba, le tractus gastro-intestinal.

Abstract:

Microplastics are a globally prevalent pollutant posing a risk to marine organisms and ecological processes. The objective of the present study is to evaluate, for the first time, the presence, quantity and typology of MPs in the gastrointestinal tract of four traded fish species: *Sardinella Aurita*, *Sardina Pilcardus*, *Trachurus Trachurus* and *Boops Boops* taken from the Annaba golf (Algeria). The study area is well known for high population and high industrial activities which can contribute to plastic pollution. After biological measurements, the gastrointestinal tract of the specimens was removed, the organic matter eliminated by adding H₂O₂, and finally the plastic particles were visualized under a microscope ($\times 10$). The results obtained show that 93-100% of the four species studied are infected by MPs and with very high levels (8.1 (± 7.5) MPs / individual). Specimens with a female sex, an average total length, and an average total weight are the most contaminated with MPs. Fibers are the most common form (93%) of PM particles, where the color black dominates, followed by red. 95.7% of the total number of plastic particles ingested are microplastics (< 5mm), the rest are mesoplastics. The average abundance (15.8 (± 18) MPs/individual) and the average density (5.8 MPs/g) are very high in the species *Sardina pilcardus*. Pelagic species ingest more plastic debris than demersal species. This study shows that the biological parameters do not have a clear trend with the ingestion of MPs. Perhaps other factors such as the ecology of the species and the habitat will be the subject of future studies.

The key words:

Microplastics, fish, biometric parameters, Annaba Bay, the gastrointestinal tract.

:

تعد اللدائن الدقيقة من الملوثات العالمية السائدة التي تشكل خطراً على الكائنات البحرية والعمليات البيئية. الهدف من هذه الدراسة هو توسيع نطاق تحليلات الجسيمات الدقيقة لتشمل الأسماك من خلال تقييم وجود وكمية وتصنيف الجسيمات الدقيقة في القناة الهضمية لأربعة أنواع يتم تناولها: السردين

التي تم جمعها من خليج عنابة(الجزائر) . تشتهر منطقة الدراسة بارتفاع عدد السكان والأنشطة الصناعية المرتفعة التي يمكن أن تسهم في التلوث البلاستيكي. بعد القياسات البيولوجية ، تمت إزالة الجهاز الهضمي من العينات ، وإزالة المادة العضوية عن طريق إضافة H2O2 ، وأخيراً تم تصور جزيئات البلاستيك تحت المجهر (×10). بينت النتائج المتحصل عليها أن 93-100 جزيئات البلاستيك وبنسبة عالية جداً (8.1

(± 7.5) جزيئاً بلاستيكاً / فرد). العينات ذات الجنس الأنثوي، ومتوسط

هي الأكثر تلوئاً جزيئات البلاستيك. الألياف هي الشكل الأكثر شيوعاً (93) من جسيمات الجسيمات الدقيقة ، حيث يسود اللون الأسود ، يليه اللون الأحمر. 95.7 من إجمالي عدد جزيئات البلاستيك التي يتم تناولها عبارة عن مواد بلاستيكية دقيقة (أقل من 5) ستينكية متوسطة. متوسط (15.8 ± 18) جزيئاً

بلاستيكاً / (5.8 جزيئاً بلاستيكاً /) . الأنواع البحرية

تبتلع مخلفات بلاستيكية أكثر من الأنواع القاعية. تظهر هذه الدراسة أن المعلمات البيولوجية ليس لها

اللدائن الدقيقة. مثل بيئة الأنواع والسكن موضوع الدراسات المستقبلية.

المفتاحية:

اللدائن الدقيقة ، الأسماك ، المقاييس الحيوية ، خليج عنابة ، الجهاز الهضمي.