

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de
l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT

Thème :

**Contribution à l'étude de la contamination du biote marin par
les micro-plastiques**

Présenté par:

- AITOUARET Lynda
- MOBAREK Abderrahmane

Soutenu le 24 septembre 2024 devant le jury suivant :

Mme. Khelifa. N	(ENSSMAL)	Président du jury
Mme. Bahbah. L	(ENSSMAL)	Examinatrice
Mme. Mokrane. Z	MCA (ENSSMAL)	Promotrice
Mme. Annouche. S	Doctorante (ENSSMAL)	Co-promotrice

Promotion : 2024

Remerciement :

Je commence par exprimer notre profonde gratitude à **ALLAH (Dieu)** Le Tout Puissant pour nous avoir accordé le courage et la volonté qui nous ont permis de poursuivre nos études et de mener à bien ce travail. La rédaction de cette partie de remerciements est délicate, il est difficile de résumer en quelques mots les cinq années passées à l'ENSSMAL

La réussite de ce mémoire n'aurait pas été possible sans le soutien et l'engagement de nombreuses personnes. Si la détermination, la rigueur, et l'enthousiasme sont indispensables pour mener à bien un tel projet, il est certain que la contribution précieuse de ceux qui m'ont accompagné tout au long de cette aventure a été déterminante. Je tiens donc à exprimer ma profonde gratitude envers tous ceux qui ont rendu ce travail possible.

Je souhaite tout d'abord adresser mes sincères remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'évaluer ce mémoire. Leur présence, leur lecture attentive, et les remarques qu'ils me feront lors de cette soutenance seront d'une grande valeur pour améliorer ce travail.

Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance à ma promotrice, Madame Mokrane, pour son encadrement attentif, sa patience et ses conseils avisés qui ont grandement contribué à la réalisation de ce projet.

Mes remerciements vont également à ma co-promotrice, Mademoiselle Amenouche, pour sa disponibilité, son soutien constant et ses suggestions qui ont été essentielles à l'avancement de ce travail.

Je remercie chaleureusement les ingénieurs du laboratoire de Delly Ibrahim pour leur aide technique et leur coopération. Je tiens particulièrement à remercier Monsieur Aroua, dont la disponibilité et les conseils ont été cruciaux pour la réussite des travaux pratiques.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'achèvement de ce mémoire. Leur soutien a été d'une valeur inestimable.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chère parents, les piliers de ma vie. Leur amour inconditionnel, leur sagesse et leur soutien indéfectible m'ont porté tout au long de ce parcours. Merci pour vos sacrifices, vos encouragements et votre confiance qui ont été ma plus grande source de motivation.

À ma sœur Alicia,

À mes frères, Mokran, Aymen, et Ayoub

À mes oncles, pour leur présence bienveillante et leurs encouragements tout au long de mon parcours. Votre soutien a été un atout précieux dans la réalisation de ce projet.

À mes sœurs de cœur, Mona , Fériel ,Lydia et Naziha pour leur amitié sincère et leur soutien indéfectible. Vos paroles rassurantes et votre écoute m'ont aidé à traverser les moments les plus difficiles.

A mon binôme manou

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Votre aide et votre soutien ont été essentiels à l'accomplissement de ce travail.

Lynda

Dédicace

C'est avec un immense plaisir que je dédie ce travail :

À nos chers parents, Pour leur amour infini, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices

À nos frères et sœurs,

À toute la famille Mobarek et Ait Ouaret, Pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements tout au long de notre formation.

À 3mi Hassan, tous mes amis et mes collègues pour leurs soutiens.

À notre promotrice, Mme Mokrane et co-promotrice Mme amenoushe, Pour leur guidance, leurs conseils avisés et leur soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Au pépinière GARDEN, Pour son appui et son assistance lors de notre travail, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

À notre promotion 2019/2024, En particulier à la promotion Environnement

À tous nos enseignants de l'ENSSMAL, Et spécialement à ceux du département de Aménagement de littorale, pour leur expertise, leur dévouement et leur enseignement précieux.

À toute l'équipe travailleuse de l'ENSSMAL,

A toutes les autres personnes de près et/ou de loin

Abderrahmane

Liste des figures

Figure 1 : Exemple de microplastique.....	4
Figure 2 : Production mondiale de plastique en millions de tonnes source ATLAS DU PLASTIQUE 2020.....	5
Figure 3 : présentation des microfibrés (A), fragment (B), filament (C), granulée (D), film (E) et pellet (F).....	7
Figure 4 Tilapia de Nile <i>O. niloticus</i>	13
Figure 5 : Sardine commune « <i>Sardina pilchardus</i> ».....	15
Figure 6 : <i>Mullus barbatus</i> (Linneaus, 1758).....	17
Figure 7 : « <i>Parapenaeus longirostris</i> » (Lucas, 1846).....	19
Figure 8 : carte de zone d'étude Alger.....	20
Figure 9 : carte de zone d'étude Garden pépinière.....	23
Figure 10 : Les espèces marine échantillonnées (a : la sardine, b : le rouget de vase ; c : la crevette blanche.....	24
Figure 11 : dissection de rouget de vase.....	26
Figure 12 : dissection de la crevette blanche.....	27
Figure 13 : Digestion des différents organes dans le KOH.....	27
Figure 14 : Tilapia de Nile (femelle) <i>O. niloticus</i> en Garden Centre.....	28
Figure 15 : Prélèvement à partir des bassins élevage.....	29
Figure 16 : Répartition des individus dans les différents milieux.....	30
Figure 17 : Conditions expérimentales: A MP>3mm, B MP<3mm, C mesure de ph, D mesure du poids, E avant siphonage, F après siphonage.....	31
Figure 18 : prélèvement après suivis.....	32
Figure 19 : Traitement des échantillons : A pesage, B mesure, C détermination de sexe, D mettre chaque individu dans un sachet de congélation étiqueté.....	32
Figure 20 : Traitement des échantillons de tilapia ; Dissection (A) ; avant digestion(B); après digestion (C);filtration (D) et mp (G).....	34
Figure 21 : Abondance des MPs dans les différents organes.....	36
Figure 22 : Pourcentage d'individus contenant des MP dans chaque.....	36
Figure 23 : Les types de MP observé dans les différentes espèces.....	38
Figure 24 : Les exemples des MP trouvés chez les trois espèces.....	39
Figure 25 : Abondance des couleurs des MP présentent dans les différentes espèces.....	40
Figure 26 : pourcentage des couleurs des MP observé dans les différentes espèces.....	40
Figure 27 : Reproduction de tilapia lors de l'expérience.....	41
Figure 28 : évolution de la taille et le poids des individus de tilapia pendant trois mois de de l'expérience.....	42
Figure 29 : Abondance des MPs dans les différents organes de tilapia.....	44
Figure 30 : Pourcentage d'individu contenant des MP.....	44
Figure 31 : Les types des MP observé chez les individus de tilapia.....	45
Figure 32 : Abondance des couleurs des MP présentent chez Tilapia.....	47
Figure 33 : pourcentage des couleurs des MP observé dans chez Tilapia.....	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : synthèse des résultats statistiques et FO (%).....	35
Table 2 :Présence de Microplastiques (MP) par espèce et individu.	35
Table 3 : Fréquence d'Occurrence de Microplastiques par espèce et organe.	36
Table 4 :Type de microplastiques observées dans les échantillons d'eau de mer	38
Table 5 : Descriptif des Observations	41
Table 6 : Données morphométriques des Tilapia étudié et la fréquence d'occurrence.	42
Table 7 :Synthèse statistique des microplastiques (MP) dans les différents milieux de Tilapia. ..	43
Table 8 : Fréquence d'occurrence des microplastiques dans les différents organes du Tilapia par milieu.	43
Table 9 :Distribution du nombre des microplastiques sous forme de fibres et fragments dans les différents milieux du Tilapia.	45

Liste des abréviations

ENSSMAL: école national supérieur de science de la mer et l'aménagement littoral

MP: microplastique

Frag: fragement

FO : fréquence d'occurrence

Table des matières

Introduction	1
Généralités	3
1.1 Définition	3
1.1.1 Le plastique	3
1.1.2 Les microplastiques	4
1.2 Prise de conscience de la pollution plastique	5
1.2.1 Production en masse de plastique	5
1.2.2 Le plastique en Algérie	5
1.3 Les origines des microplastiques	6
1.3.1 Origine terrestre	6
1.3.2 Origine maritime	6
1.4 Les types de MP	7
1.5 Distribution et accumulation des microplastiques dans le milieu marin	8
1.6 Dégradation des plastiques en milieu marin	8
1.6.1 Biodégradation	8
1.6.2 Photodégradation (photolyse)	8
1.6.3 Agglomération de biomasse	9
1.6.4 La dégradation par hydrolyse	9
1.6.5 La dégradation thermo-oxydative	9
1.7 Les Microplastiques dans le biote	9
1.7.1 Ingestion et bioaccumulation:	9
1.7.2 Effets sur les réseaux trophiques:	10
1.7.3 Impact sur le Comportement et la Santé:	10
1.7.4 Interaction avec les micro-organismes:	10
1.7.5 Écosystèmes et habitat:	11
1.7.6 Implications pour la santé humaine :	11
1.8 Présentation des espèces étudiées	11
1.8.1 Généralité sur le Tilapia	11

1.8.2 Culture du tilapia en Algérie	12
Tilapia du Nile « <i>Oreochromis niloticus</i> »	13
1.8.3 Poisson pélagique « La sardine: <i>Sardina pilchardus</i> »	14
1.8.4 Poisson demersales « Rouget de vase: <i>Mullus barbatus</i> »	16
1.8.5 Crustacés « Crevette blanche : <i>Parapenaeus longirostris</i> »	18
2 Zone d'étude	20
2.1 Choix de la zone	20
2.1.1 Situation géographique :	21
2.2 Climatologie de la zone :	21
2.3 Facteur hydrodynamique :	21
2.4 Situation géographique de la pépinière « Garden Center » :	22
Matériels et méthodes	25
3 Matériel et méthode	24
3.1 Etude des microplastiques dans le biote marin	24
Protocole	24
3.1.1 Contrôle de qualité	26
3.1.2 Dissection et collecte des tissus	26
3.1.3 Isolation des microplastiques	27
3.2 Etude des microplastiques dans le biote de l'eau douce	28
4 Résultats et discussions	35
1. Etude des MP dans les espèces d'eau de mer	35
1. 1 Quantification des MP dans les espèces d'eau de mer (Fréquence et Abondance)	35
1. 2 Variation de la contamination par catégories de MP (Type et couleur)	38
2. Etude des MP dans les espèces d'eau douce	41
2. 1 Quantification des MP dans les espèces d'eau douce (Fréquence et Abondance)	44
2. 2 Variation de la contamination par catégories de MP (Type et couleur)	45
Discussion générale	49
Conclusion	51
Références bibliographiques	52
Annexes	55

Introduction

Introduction

La pollution plastique est devenue l'un des défis environnementaux majeurs du 21^e siècle, affectant particulièrement les écosystèmes marins (Thompson et al, 2009). L'augmentation exponentielle de la production et de la consommation de plastiques, associée à une gestion inadéquate des déchets, a conduit à une accumulation sans précédent de débris plastiques dans les océans (Jambeck et al, 2015). Ces débris se dégradent progressivement en particules plus petites, appelées microplastiques (MP), définies comme des fragments de moins de 5 mm de diamètre (Hartmann et al., 2019).

L'omniprésence des MP dans l'environnement marin soulève des inquiétudes croissantes quant à leurs impacts sur la faune aquatique. Les organismes marins peuvent ingérer ces particules accidentellement ou passivement, ce qui peut entraîner divers effets néfastes, allant des perturbations physiologiques à la mortalité (Rochman et al, 2013). De plus, les MP peuvent agir comme vecteurs de contaminants nocifs, tels que les métaux lourds et les polluants organiques persistants, amplifiant ainsi leur potentiel de nuisance (Teuten et al, 2009).

La mer Méditerranée est particulièrement touchée par cette pollution, concentrant environ 7% des MP mondiaux malgré sa taille relativement modeste (Cózar et al, 2015). Cette situation critique est due à sa nature semi-fermée et à la forte densité de population sur ses côtes. Des études ont révélé la présence de MP dans une large gamme d'organismes méditerranéens, des mollusques aux cétagés (Fossi et al, 2018).

Malgré l'augmentation des recherches sur les MP dans l'environnement marin, notre compréhension de leur présence, de leur ingestion et de leurs conséquences sur les organismes marins reste limitée, particulièrement dans certaines régions comme le sud de la Méditerranée (UNEP/MAP, 2015). Des espèces comme la crevette blanche *Parapenaeus longirostris* et la sardine *Sardina pilchardus* ont été identifiées comme des bio-indicateurs potentiels de la pollution par les MP, en raison de leur importance écologique et commerciale (Galgani et al, 2014), ce qui est aussi le cas pour le rouget *Mulus barbatus* qui a aussi été identifié comme un bio-indicateur de la pollution par les MP (Felline et al, 2022).

Les poissons d'eau douce eux aussi sont exposés à cette pollution, en effet une étude récente a montré que la moyenne de contamination des poissons vivant dans l'eau douce est beaucoup plus élevée que les estimations antérieures, tout en soulignant les dégâts néfastes sur le plan

environnementale, économique et de la santé humaine ; ce qui a créé la nécessité d'approfondir nos connaissances et de diriger notre recherche vers cette face aussi, dans ce but le Tilapia a été analysé afin d'extraire les données nécessaires pour ce travail.

Dans ce contexte, la présente étude vise à : détecter, quantifier et caractériser les MP dans ces trois espèces comestibles prélevées dans la région méditerranéenne de l'Algérie ; évaluer fréquence d'occurrence (FO%) pour obtenir des informations sur les risques potentiels pour l'environnement marin et la santé humaine et comparer l'ingestion de MP entre ces espèces représentant différents habitats et comportements alimentaires. Les résultats de cette étude contribueront à combler les lacunes dans nos connaissances sur la pollution par les MP dans cette région et fourniront des informations précieuses pour les futures stratégies de gestion et de conservation.

L'agencement de ce travail est le suivant :

- Généralité : qui regroupe toutes les informations nécessaires pour la compréhension de cette étude sur les microplastiques.
- Zone d'étude : Notre analyse se focalise sur un examen approfondi de la baie d'Alger, située dans la wilaya d'Alger. Nous présentons un portrait détaillé de cette zone d'étude, en mettant en lumière ses aspects environnementaux, géographiques et ses particularités notables."
- Matériels et méthodes : Cette section est consacrée à la description des protocoles appliqués sur le terrain et en laboratoire, en précisant les équipements et les méthodes d'analyse utilisés pour la collecte et l'étude des échantillons.
- Résultats et discussion : présentation et interprétation des données collectées tout au long de cette recherche, fournira une analyse détaillée des résultats, contribuant ainsi à répondre aux objectifs de notre étude et permettant d'approfondir notre compréhension des microplastiques dans la biocénose marine ainsi que de leurs impacts sur l'écosystème marin.
- Conclusion : Le manuscrit s'achève par un chapitre qui présente les conclusions tirées de cette étude, ainsi que des perspectives intéressantes pour de futurs travaux et des améliorations potentielles.

Généralité sur les microplastique

Généralités

1.1 Définition

1.1.1 Le plastique

Les plastiques sont définis comme des matières organiques synthétiques, constituées de polymères non-métalliques de poids moléculaire élevé, qui sont fabriquées par l'Homme.

Ces polymères sont synthétisés à partir de produits pétroliers ou de cellulose d'ailleurs, l'industrie plastique engage 4 à 5 % de la production mondiale de pétrole (Thompson et al., 2009).

Ils désignent une famille importante les plus courants sont : les Polypropylènes (PPs), les Polyéthylènes (PEs), les Polyvinyl chlorides (PVCs), les Polystyrènes (PSs), les Polyethylene terephthalates (PETs), les Polyamides, les Résine Polyesters et les fibres de verre, et les celluloses acétates (Geyer et al., 2017). Les composants principaux du plastique ainsi que leurs densités sont illustrés dans l'annexe 1. En plus des polymères de base, les plastiques contiennent souvent divers additifs tels que des plastifiants, des stabilisants, des colorants, et des retardateurs de flamme. Ces additifs sont incorporés pour améliorer la performance, la durabilité ou l'apparence des plastiques, mais ils peuvent également poser des risques environnementaux, car certains peuvent être libérés dans l'environnement lors de la dégradation des plastiques. Par exemple, des études récentes ont montré que des composés comme les phtalates, utilisés comme plastifiants, peuvent agir comme perturbateurs endocriniens une fois libérés dans l'environnement (Lithner et al., 2011; Hermabessiere et al., 2017).

Les plastiques connus par leurs réputations de stabilité et de durabilité, peuvent persister assez longtemps et leurs processus de fragmentation est cependant très long (Galgani et al., 2020). Suite à cette fragmentation du plastique, on peut observer quatre catégories : macroplastiques mésoplastiques ; microplastiques et nanoplastiques.

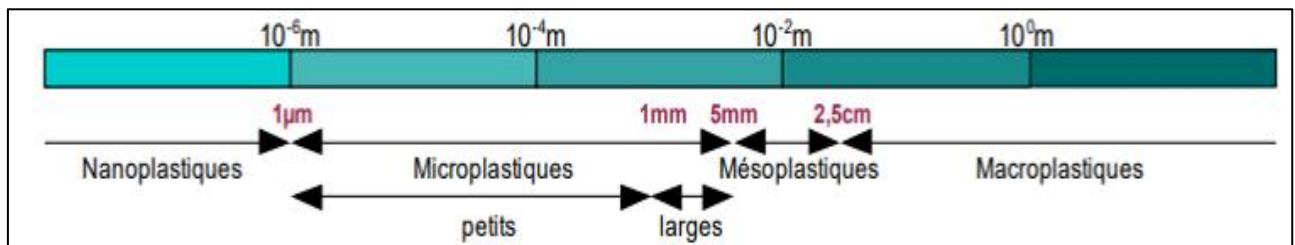


Figure 1 : Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille (MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, 2013)

1.1.2 Les microplastiques

Les microplastiques sont définis de façon informelle comme des plastiques de petites tailles, millimétriques et submillimétriques inférieure à 5mm, facilement identifiables à l'aide d'une loupe (GESAMP, 2015).



Figure 1 : Exemple de microplastique.

Deux catégories de microplastiques sont définies : les microplastiques primaires et les microplastiques secondaires.

a- Les microplastiques primaires :

Les microplastiques primaires sont fabriqués pour être de taille microscopique (microbilles), avec un usage direct (cosmétiques) ou indirect (pré-production de granulés).



b- Les microplastiques secondaires :

Les microplastiques secondaires résultent de la fragmentation des gros déchets plastiques (par dégradation physique/chimique) en particules de moins de 5 mm.



1.2 Prise de conscience de la pollution plastique

1.2.1 Production en masse de plastique

La production de plastiques à l'échelle mondiale a véritablement pris son envol avec l'invention de la Bakélite en 1907, mais ce n'est qu'à partir des années 1940 qu'ils commencent à être produits en masse. Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, cette production n'a cessé d'augmenter (voir Figure 5). La quantité est passée de 1,5 million de tonnes en 1950 à plus de 400 millions de tonnes en 2019 (ATLAS DU PLASTIQUE 2020). Il est important de noter que ces chiffres n'ont pas pris en compte les fibres synthétiques. Ce qui suggère que la production réelle est considérablement plus élevée.

Il est frappant de constater que plus de la moitié de plastique ont été fabriqués depuis 2000 que durant les 50 années précédentes (Atlas du plastique 2020), et le phénomène continue à s'accroître. Les prévisions indiquent que la production mondiale de plastiques pourrait encore doubler d'ici 2025 si aucune mesure de réduction n'est adoptée (World Economic Forum, 2016).

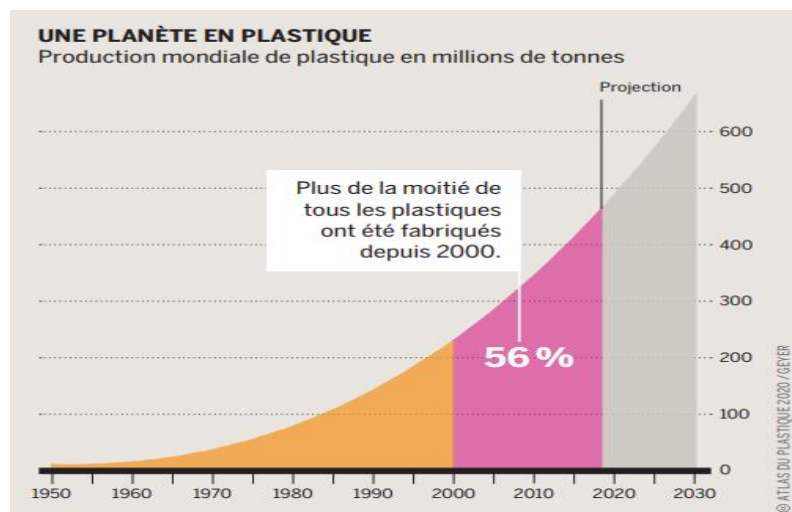


Figure 2 : Production mondiale de plastique en millions de tonnes source ATLAS DU PLASTIQUE 2020.

1.2.2 Le plastique en Algérie

L'augmentation des produits et des déchets plastiques touche tous les continents. En Afrique, les facteurs qui expliquent ces évolutions sont multiples : apparition d'une nouvelle classe moyenne, disparition des magasins et marchés traditionnels et de l'artisanat au profit de la grande distribution et des produits industriels, manques ou défaillances des infrastructures de gestion de déchets

L'Algérie est confrontée à une crise significative en matière de gestion des plastiques, marquée par une forte consommation et importation de plastiques. Le pays est l'un des plus grands consommateurs mondiaux de sacs en plastique, avec environ 7 milliards de sacs utilisés annuellement, et une grande partie de ces déchets (60 à 80 %) finit dans les milieux marins en raison du manque d'infrastructures de recyclage. De plus, la consommation de plastique par habitant a considérablement augmenté au cours des dernières années (passant de 10 kg par personne en 2007 à 23,1 kg en 2017) (AND et Kehila, 2016), et l'Algérie est devenue le plus grand importateur africain de plastiques sous formes primaires, avec des importations en forte croissance (avec une croissance de 13 % par an entre 2007 et 2015) (Salons Plast Alger et Print Pack Alger 2018). Cette situation souligne l'urgence de mettre en place des politiques efficaces pour améliorer le recyclage et réduire les impacts environnementaux associés à l'utilisation excessive de plastiques.

1.3 Les origines des microplastiques

La pollution plastique en mer c'est le résultat d'une gestion inappropriée des déchets, du comportement humain impropre ou d'une pollution accidentelle.

Retenant que 20 millions de tonnes de déchets sont issus des continents et se retrouvent ensuite dans l'Océan. Sur ces 20 millions de tonnes de déchets, 8 à 18 millions concerneraient les plastiques (Galgani et al, 2014) .

Les principales origines des MP sont les suivantes :

1.3.1 Origine terrestre

Les déchets en mer aujourd'hui sont à 80 % d'origine terrestre, ainsi une quantité importante non calculable est injectée dans l'hydrosphère (Jambeck, Geyer, & Wilcox, 2015) à travers :

- Déchets abandonnés par négligence ou volontairement sur le littoral par les usagers
- Les décharges sauvages, situées à proximité des cours d'eau et sur le littoral
- Les rejets des eaux usées et eaux pluviales non traités et les déchets urbains déversés dans les cours d'eau ou dans la mer.
- L'activité portuaire et les activités industrielles génèrent des quantités importantes de déchets de toutes sortes.

1.3.2 Origine maritime

- Plates-formes pétrolières ou gazières offshore : les tuyaux de forage, du matériel de protection
- Activités du secteur de la pêche : lignes, filets, casiers et bandes de fixation des boîtes d'appât perdus accidentellement ou volontairement abandonnés par les bateaux de pêche.

- Bateaux, navires et structures marines : déchets perdus accidentellement ou rejetés illicitement en mer. (interpol, 2018)

1.4 Les types de MP

Les microplastiques peuvent être classés selon leur forme physique lorsqu'ils sont observés au microscope. Voici les principaux types de microplastiques

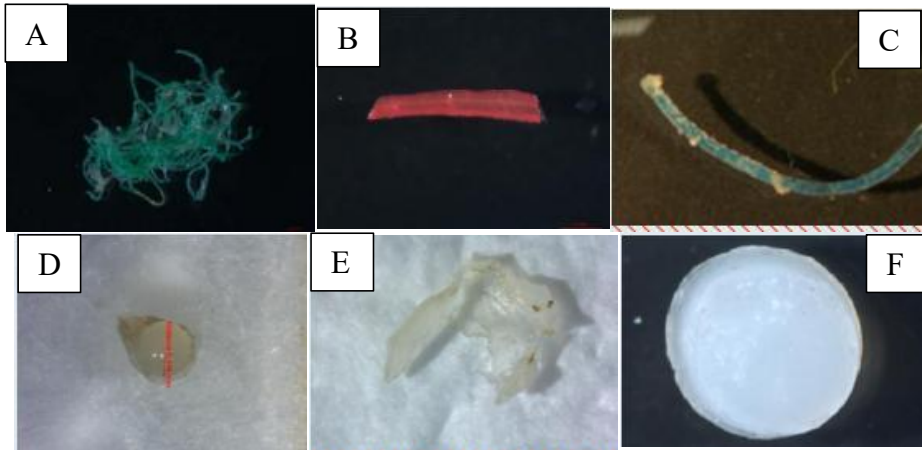


Figure 3 : présentation des microfibrilles (A), fragment (B), filament (C), granulés (D), film (E) et pellet (F)

Microfibrilles : Une microfibrille est une fibre synthétique plus fine qu'un denier et d'un diamètre inférieur à $10\mu\text{m}$. Ces microparticules de textiles, souvent constituées de matériaux non totalement synthétiques. Les fibres peuvent être de longueur, d'épaisseur et de couleurs différentes.

Fragments : Particules plates et flexibles avec des bords lisses ou anguleux. Ces particules sont dures avec une forme irrégulière. Ils sont rigides, épais, avec des arêtes vives et tordues et une forme irrégulière. Ils peuvent être de différentes couleurs.

Filaments : Élément artificiel en polymère, filiforme, allongé et fin. Ils sont généralement moins souples qu'une fibre.

Film : Matières plastiques minces et flexibles telles que les sacs en plastique, les emballages alimentaires ou le ruban adhésif. Particule quasi-sphérique ou granuleuse, se déformant facilement sous la pression et pouvant être transformée en un produit fini. Se déforme facilement sous l'effet de la pression et peut être partiellement élastifiée.

Granulés : Forme sphérique, forme ronde régulière. D'un diamètre d'environ 1 mm, ils apparaissent dans des couleurs naturelles (par exemple, blanc, beige, brun).

Pellet : Uniquement d'origine industrielle. Ils sont généralement plats d'un côté et peuvent être de différentes couleurs. Formes rondes et irrégulières, normalement d'un diamètre d'environ 5 mm.

1.5 Distribution et accumulation des microplastiques dans le milieu marin

Les microplastiques sont omniprésents dans les environnements marins, se trouvant dans les sédiments, la colonne d'eau et à la surface des plages. Leur comportement dépend de leur densité : les plastiques plus lourds se déposent dans les sédiments, tandis que les plus légers flottent en surface ou dans la colonne d'eau, mais peuvent aussi atteindre le fond marin à cause de l'accumulation de matières biologiques sur leur surface (Andrady, 2011 ; Zettler et al., 2013). Ces particules sont présentes dans tous les océans, y compris les zones polaires (Obbard et al., 2014), et se concentrent dans les gyres océaniques où elles peuvent persister pendant des décennies (Eriksen et al., 2013). La Méditerranée est particulièrement touchée, avec des concentrations de microplastiques quatre fois plus élevées que celles du 7e continent une concentrations de microplastiques atteignent des niveaux records : 1,25 million de fragments par kilomètres carrés et un taux de renouvellement des eaux de 90 ans uniquement (François Galgani et al ,2020).

1.6 Dégradation des plastiques en milieu marin

Les plastiques exposés aux conditions environnementales marines, comme l'exposition au soleil (radiation UV), l'action des vagues et des microorganismes, se décomposent en particules de plus en plus petites appelées microplastiques. Ce processus de fragmentation peut durer plusieurs années, et les plastiques se transforment en fragments qui peuvent atteindre des tailles aussi petites que quelques micromètres. Il existe quatre mécanismes par lesquels les plastiques se dégradent dans l'environnement (Andrady, 2011) :

1.6.1 Biodégradation

La dégradation biologique est en majeure partie réalisée par les microorganismes, essentiellement des bactéries (Morin et al., s. d.) . Ces derniers convertissent le carbone des chaînes de polymère en dioxyde de carbone ou l'incorporent dans des biomolécules (Andrady, 2011). D'après Bruzaud, 2015, seulement 1 à 2 % des plastiques largués dans les mers et océans à l'échelle mondiale sont des bioplastiques.(figure 5).

1.6.2 Photodégradation (photolyse)

Dégradation d'une molécule sous l'action des photons du Soleil où la photolyse conduit à une molécule donnée de passer d'un état fondamental à un état excité, par la rupture des chaînes polymériques et diverses réactions chimiques, les matériaux deviennent poreux et instables à la formation de radicaux libres tel qu'OH, exemple : le polypropylène, sous l'action de rayonnement UV, il peut se former des groupes hydroperoxydes sur les carbones tertiaires. Ces groupements sont, ensuite susceptibles, d'évoluer en cétones (GESAMP, 2015).

1.6.3 Agglomération de biomasse

Les micro-organismes viennent s'accrocher aux particules de plastiques entraînant des modifications de leurs caractéristiques notamment sur leur taille et leur masse volumique et par conséquent sur leur trajectoire : leur vitesse et leur position en surface ou en profondeur. Exemple : l'agglomération de biomasse conduirait à une augmentation de la masse des débris plastiques d'environ 7% (BEI Énergétique et Procédé 2013 sur le Traitement de la Plaque de déchets du Pacifique Nord) (Morin et al., s. d.)

1.6.4 La dégradation par hydrolyse

L'humidité élevée accélère le taux de dégradation de plusieurs classes de plastiques (A. Davis et D. Sims, 1983). Ceci peut être provoqué par la "plastification" de petites quantités d'eau absorbée menant à une plus grande accessibilité de la matrice avec l'oxygène atmosphérique ou par la lixiviation des additifs stabilisants contenu dans les particules. Cependant, tous ces processus sont lents, le plastique peut prendre jusqu'à 50 ans pour se dégrader totalement (Muller, et al., 2001). Ceci est encore plus difficile dans l'eau de mer, car l'effet photo-dégradatif est significativement diminué en raison des températures basses et de la faible disponibilité de l'oxygène (Andrady, 2011)

1.6.5 La dégradation thermo-oxydative

La lumière ultraviolette du soleil fournit l'énergie d'activation nécessaire pour inciter les atomes d'oxygène à s'intégrer dans le polymère. Le plastique devient plus fragile et le conduit se décompose en plus petites particules jusqu'à ce que les chaînes polymères atteignent un poids moléculaire suffisamment faible pour être métabolisées par les micro-organismes (Thompson et al., 2009).

1.7 Les Microplastiques dans le biote

Les microplastiques, ces petites particules de plastique de moins de 5 mm, sont désormais omniprésents dans les écosystèmes aquatiques et terrestres. Leur accumulation croissante dans l'environnement a des effets profonds et variés sur les écosystèmes, les habitats mais en particulier sur la santé des espèces. Voici les principales effets :

1.7.1 Ingestion et bioaccumulation:

Ingestion: De nombreux organismes marins, y compris les poissons, les crustacés et le plancton, ingèrent des microplastiques en les confondant avec leur nourriture naturelle (Galloway et al., 2017). Cette ingestion peut avoir des effets néfastes sur leur santé, comme des blessures internes ou des perturbations de la digestion . Des expériences effectuées sur les poissons ont prouvé que le simple transit de ces microplastiques à travers le tractus digestif peut induire des modifications au niveau de la biologie de l'animal et induire des

perturbations d'ordre physiologiques tels que la croissance, les défenses immunitaires et la reproduction (Sussarellu et al., 2016)

Bioaccumulation: Une autre problématique majeure concernant les plastiques est liée à leurs caractéristiques chimiques. Leurs additifs peuvent être lessivés lors de leur ingestion (même temporaire), constituant une source secondaire de polluants (Barnes, et al., 2009 ; Lithner, et al., 2011) ces microplastiques peuvent s'accumuler dans les tissus des organismes, entraînant une bioaccumulation des substances chimiques toxiques qu'ils peuvent contenir, adsorber ou désorber. Cela peut avoir des effets néfastes sur la croissance, la reproduction et la survie des organismes.

1.7.2 Effets sur les réseaux trophiques:

Transfert à travers la chaîne alimentaire: Les microplastiques ingérés par des organismes de petite taille peuvent se transférer à des prédateurs plus gros à travers la chaîne alimentaire. Ainsi, les effets négatifs sur les petits organismes peuvent se propager aux prédateurs, y compris les poissons commercialisés pour la consommation humaine (Rochman et al., 2013).

1.7.3 Impact sur le Comportement et la Santé:

Comportement: L'ingestion de microplastiques peut altérer le comportement des organismes, tels que leur capacité à se nourrir (Wright et al., 2013), à se déplacer ou à échapper aux prédateurs.

Santé: Les microplastiques peuvent provoquer des inflammations, des lésions tissulaires et des effets toxiques, impactant la santé globale des organismes et réduisant leur fitness (Wright et al., 2013).

1.7.4 Interaction avec les micro-organismes:

Biodégradation: Certains micro-organismes peuvent coloniser les microplastiques, utilisant ces particules comme substrat pour leur croissance. Cette colonisation peut modifier les propriétés des microplastiques et influencer leur dégradation, mais elle peut aussi contribuer à la dispersion de micro-organismes pathogènes ou non désirés. Les microplastiques peuvent modifier la composition des communautés biologiques en favorisant certaines espèces, souvent pathogènes, au détriment d'autres, perturbant ainsi l'équilibre écologique (Zettler et al., 2013).

Modification des caractéristiques: La présence de microplastiques peut influencer la dynamique des communautés microbiennes marines, affectant les interactions écologiques et les cycles biogéochimiques.

1.7.5 Écosystèmes et habitat:

Modification des habitats: Les microplastiques peuvent modifier les habitats naturels en recouvrant les fonds marins, ce qui peut altérer les conditions de vie des organismes benthiques et perturbant les écosystèmes ils peuvent aussi engendré une hypoxie ; limitation des échanges gazeux et de lumière entre l'eau et les fonds (Gregory, 2009).

1.7.6 Implications pour la santé humaine :

La consommation de fruits de mer contaminés par des microplastiques et des polluants associés pose des risques potentiels pour la santé humaine, bien que les effets à long terme ne soient pas encore pleinement compris (Smith et al., 2018). En résumé, les microplastiques ont des impacts significatifs sur les biotes marins et terrestres, affectant leur santé, leur comportement et leurs interactions écologiques. Ces impacts peuvent avoir des répercussions à l'échelle des écosystèmes et de la chaîne alimentaire, avec des implications potentielles pour la santé humaine également.

1.8 Présentation des espèces étudiées

Afin de mieux comprendre l'ampleur de cette contamination, cette étude se concentre sur quatre types d'espèces, sélectionnées en fonction de leur position dans la chaîne trophique et de leur rôle écologique dans les écosystèmes marins. Ces espèces nous permettront d'évaluer l'impact des microplastiques sur différents niveaux trophiques.

Tilapia du Nile *Oreochromis niloticus*:

1.8.1 Généralité sur le Tilapia

Le tilapia est un poisson d'eau douce appartenant à la famille des Cichlidés. Ils sont originaires d'Afrique, mais ils ont été introduits dans beaucoup de régions tropicales, subtropicales et tempérées du monde pendant la deuxième moitié du 20ème siècle (Pillay, 1990 ; Charo-Karisa et al., 2006). Depuis le siècle dernier, le nombre d'espèces de tilapia a fortement augmenté avec la découverte d'espèces nouvelles, ce qui a conduit les systématiciens à revoir régulièrement la taxonomie de ce genre. Le rapport d'analyse de la situation du marché 2017, a estimé que 180 000 tonnes de tilapia (entier et en filet) ont été commercialisées sur le marché international entre janvier et mars 2017, soit un volume d'environ 10 % inférieur à celui de l'année précédente. Les principaux importateurs de tilapia étaient les États-Unis d'Amérique, le Mexique, la Côte d'Ivoire et l'Iran, et les principaux exportateurs étaient la Chine, la province chinoise de Taiwan, la Thaïlande et l'Indonésie (Chowdhury, 2011 ; Daudpota et al., 2014; FAO, 2018).

1.8.2 Culture du tilapia en Algérie

En Algérie, l'espèce Tilapia est élevée en raison de sa rusticité aux conditions climatiques et surtout en zone saharienne dont la température de l'eau et la salinité stimulent sa croissance et sa reproduction (Cherif et Djoumakh, 2015). L'office national de développement et de production aquacole (O.N.D.P.A.) et les responsables de l'instance égyptienne des ressources halieutiques sont parvenus à un accord sur l'introduction du Tilapia en Algérie. Suite au succès de la première expérience concernant le lancement en 2001 de la production du tilapia en Algérie, une cargaison, estimée à 1,5 t d'alevins de tilapia a été livrée. Ces alevins destinés pour le repeuplement des barrages, bassins, et rivières, ont bien supporté le climat froid, des régions nord d'Algérie. Ensuite, l'Algérie est maintenant passée à l'étape de la production artificielle. Il s'agit de la création de fermes spécialisées dans la culture du tilapia selon des techniques modernes (par des promoteurs privés, de quelques 30 fermes aquacoles pour l'élevage du Tilapia). Les entrepreneurs privés qui ont reçu un soutien financier dans le cadre du programme d'appui à la relance économique et dont les projets devraient être opérationnels permettront la création de 303 emplois répartis comme suit: Ferme d'élevage de tilapia du Nil dans le Sud du pays: 139 emplois (six cadres, 10 techniciens, 123 ouvriers).

Tilapia du Nile « *Oreochromis niloticus* »



Figure 4 Tilapia de Nile *O. niloticus*
(par Aitouaret et Mobarek)

Classe	Actinopterygii
Sous-classe	Neopterygii
Division	Teleostei
Super ordre	Acanthopterygii
Ordre	Perciformes
Famille	Cichlidae
Genre	Oreochromis
Espèce	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)



Caractéristiques Morphologiques :

- **Forme du corps** : Ovale, comprimé latéralement avec un dos légèrement arqué.
- **Taille** : 20 à 40 cm de longueur, poids de 500 g à 1,5 kg.
- **Couleur** : Dos vert-olive, flancs clairs, ventre blanchâtre, lèvres vert-pâle ou blanches.
- **Nageoires** : Nageoire dorsale longue, divisée en une partie épineuse (15 épines) et une partie souple (12-14 rayons), nageoire caudale avec rayures noires.
- **Branchies et branchiospines** : 18 à 26 branchiospines fines pour filtrer le plancton.
- **Écailles** : Cycloïdes et lisses, ligne latérale discontinue (21-24 écailles en haut, 10 en bas).
- **Différences de genre** : Mâles plus grands et colorés, avec des bosses sur la tête en période de reproduction.

Exigences écologiques et habitat

Le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), originaire des bassins fluviaux d'Afrique subsaharienne, s'est largement répandu dans les régions tropicales et subtropicales par l'aquaculture. Il privilégie les eaux peu profondes, riches en végétation aquatique, telles que les lacs, rivières, marécages et étangs avec des substrats boueux ou sableux. Adapté à une large gamme de températures (14°C à 36°C, avec une préférence pour 28°C à 32°C), il peut survivre dans des eaux pauvres en oxygène et tolère une certaine salinité ainsi que des variations de pH, préférant les eaux légèrement alcalines. Écologiquement, il régule la végétation aquatique et sert de proie à de nombreux prédateurs, jouant ainsi un rôle crucial dans la chaîne alimentaire.

- **Régime Alimentaire** : Herbivore, se nourrit de phytoplancton, zooplancton, algues, et végétation aquatique ; omnivore opportuniste en milieu naturel. En aquaculture, il consomme des résidus agricoles et aliments spécialisés.
- **Nutrition** : Riche en protéines végétales et fibres ; adaptable à divers habitats. Les régimes en aquaculture sont souvent supplémentés pour optimiser la croissance.
- **Reproduction** : Incubation buccale ; la femelle garde les œufs dans sa bouche. Reproduction optimale entre 28°C et 32°C. Maturité sexuelle à 5-6 mois, avec 200 à 1 000 œufs par ponte.

1.8.3 Poisson pélagique « La sardine: *Sardina pilchardus* »

Les petits poissons pélagiques sont des espèces clés dans la chaîne trophique marine et leur présence est nécessaire pour maintenir l'équilibre des écosystèmes ; généralement, ces petits poissons passent la majeure partie sinon la quasi-totalité de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat. Elles vivent en pleine eau et sont caractérisées par des migrations horizontales et verticales importantes (Roos, 2011). Ces espèces constituent la plus grande part des captures marines mondiales. En Méditerranée, les petits pélagiques exploités totalisent presque 50% des débarquements totaux annuels de pêche. La sardine (*Sardina pilchardus*), L'anchois (*Engraulis encrasicolus*), la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*), la sardinelle plate (*Sardinella maderensis*), le hareng (*Clupea harengus*) et le chinchard Européen (*Trachurus trachurus*), sont les principales espèces de petits poissons pélagiques dans l'Atlantique nord-est (Jemaa, 2014).

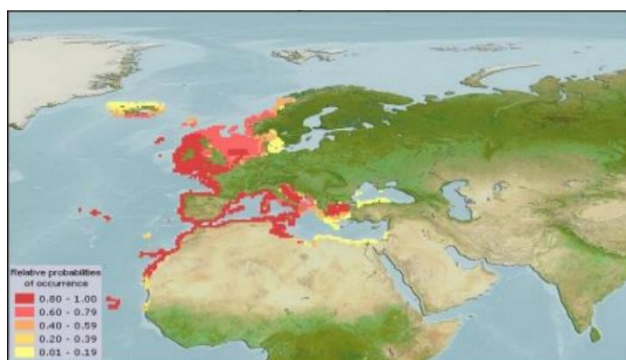
La sardine européenne (*Sardina pilchardus*) est une espèce essentielle pour la pêche commerciale en Algérie, en particulier en Méditerranée. Elle joue un rôle crucial dans l'alimentation locale et pour l'industrie des conserves, très développée en Algérie. En raison de la surexploitation des stocks sauvages, l'aquaculture de la sardine est envisagée comme une solution durable pour maintenir les niveaux de production tout en préservant les ressources naturelles ([World Aquaculture Society](#)) ([FishBase](#)).

En Algérie, la sardine est une espèce très prisée. En 2023, le prix moyen de la sardine fraîche a atteint environ 962,95 DZD/kg ([Global Econ Data](#)). La consommation annuelle de sardine par habitant en Algérie est estimée à environ 3,2 kg, soutenue par l'abondance de la ressource le long des côtes méditerranéennes. La pêche reste une activité essentielle pour les communautés côtières et l'économie locale.



Figure 5 : Sardine commune « Sardina pilchardus »

Classe	Ostéichthyens
Sous-classe	Actinoptérigiens
Super ordre	Téléostéens
Ordre	Clupéiforme
Famille	Clupéidé
Genre	Sardina
Espèce	S. pilchardus (Walbaum, 1792)



Caractéristique morphologique

- **Forme et Taille** : Corps fusiforme, légèrement comprimé latéralement. Taille moyenne de 15 à 25 cm chez les adultes (Ganias et al., 2015).
- **Couleur** : Ventre argenté, dos bleu-vert, flancs avec des taches sombres irrégulières (Raya et al., 2015).
- **Nageoires** : Nageoire dorsale unique à mi-corps, caudale fourchue, pectorales courtes (Queiroga et al., 2017).
- **Écailles** : Écailles cycloïdes, larges, facilement détachables, réfléchissant la lumière pour camouflage (Rodríguez-Ramilo et al., 2017).
- **Système Sensoriel** : Ligne latérale développée pour détecter les vibrations, grands yeux pour une large vision périphérique (Ganias et al., 2015).

Exigences écologiques et habitat

- **Distribution Géographique** : *Sardina pilchardus* est une espèce pélagique largement distribuée dans l'Atlantique Nord-Est, la mer Méditerranée et la mer Noire (Ganias et al., 2015). Elle préfère les eaux côtières tempérées et migre saisonnièrement en réponse aux variations de température et à la disponibilité de nourriture.
- **Habitat Préférentiel** : Cette espèce fréquente principalement des eaux peu profondes, à des profondeurs variant de 15 à 150 mètres, où la température de l'eau se situe entre 10°C et 20°C (Raya et al., 2015). Les sardines forment des bancs denses et montrent une capacité de migration horizontale et verticale, influencée par les cycles de lumière et les fluctuations thermiques.
- **Régime alimentaire, nutritionnel et reproduction** : La Sardine Européenne se nourrit principalement de plancton, notamment des copépodes et des diatomées, qu'elle filtre à travers ses branchies dans des eaux riches en nutriments, souvent situées dans des zones de remontée d'eau froide (Ganias et al., 2015). Ce régime alimentaire permet à la sardine d'accumuler des réserves lipidiques cruciales pour la reproduction (Raya et al., 2015). La reproduction se déroule principalement en hiver, lorsque la température de l'eau est comprise entre 14°C et 15°C. Les femelles libèrent jusqu'à 60 000 œufs pélagiques, qui dérivent avec les courants marins jusqu'à l'éclosion (Rodríguez-Ramilo et al., 2017).

1.8.4 Poisson demersales « Rouget de vase: *Mullus barbatus*

Le rouget est un poisson de la famille des Mullidés appelée *Mullus barbatus* (Linneaus, 1758). En Algérie ce poisson est connu sous le nom rouget de vase.

En Méditerranée, le genre *Mullus* regroupe deux espèces très abondantes avec une différence d'habitat: le rouget de roche pour *M. surmuletus* et le rouget de vase pour *M. barbatus*. En plus de cette différence de répartition, ces rougets se distinguent aussi morphologiquement (Fischer et al, 1987).

Culture du rouget de vase en Algérie

En Algérie, le rouget est très prisé pour sa chair délicate, ce qui en fait un élément important de la pêche côtière.

Actuellement, bien que la culture du rouget de vase soit encore à ses débuts en Algérie, elle est considérée comme une alternative prometteuse pour répondre à la demande croissante tout en réduisant la pression sur les stocks naturels. L'objectif à long terme est de développer une aquaculture durable pour cette espèce, notamment dans les régions côtières de l'Algérie, où les conditions sont idéales pour sa croissance ([World Aquaculture Society](#)) ([FishBase](#)).



Figure 6 : *Mullus barbatus* (Linneaus, 1758).

Embranchement	Vertebrata(vertébrés)
Super-classe	Gnathostoma
Classe	Osteichthyes(poisson osseux)
Ordre	les perciformes
Sous-ordre	Percoïdes
Famille	Mullidae
Genre	<i>Mullus</i>
Espèce	<i>Mullus barbatus</i>



Caractéristique morphologique

- Corps : allongé, légèrement comprimé latéralement.
- Taille adulte : 15 à 25 cm, poids variant de 150 à 300 g.
- Coloration : dos rosé à rougeâtre, flancs argentés, ventre blanc.
- Nageoires : dorsales séparées, la première avec des rayons épineux, la seconde avec des rayons mous.
- Écailles : cycloïdes, grandes et bien visibles.
- Barbillons sensoriels sous le menton, utilisés pour détecter les proies dans le substrat.

Exigences écologiques et habitat

- **Distribution** : Atlantique Est, Méditerranée, et mer Noire.
- **Habitat** : Vit sur les fonds sableux, vaseux ou graveleux à des profondeurs allant de 10 à 300 mètres, souvent près des côtes (Lloris et al., 2003).
- **Adaptabilité** : Préfère des eaux tempérées avec une bonne disponibilité en proies benthiques. Tolère une large gamme de températures marines (10°C-25°C) (Harmelin-Vivien et al., 1995).

Régime alimentaire, nutritionnel et reproduction

- **Régime Alimentaire** : Carnivore benthique, se nourrit principalement de petits invertébrés (crustacés, mollusques, vers) (Stergiou & Karpouzi, 2002).
- **Nutrition** : Riche en protéines animales, régime varié selon la disponibilité des proies dans le substrat (Lloris et al., 2003).
- **Reproduction** : Reproduction sexuée avec ponte en eaux peu profondes. Les œufs sont pélagiques, se développant à la surface avant de descendre vers le fond marin après éclosion (Abelló et al., 2002).

1.8.5 Crustacés « Crevette blanche : *Parapenaeus longirostris* »

Culture du crevette en Algérie

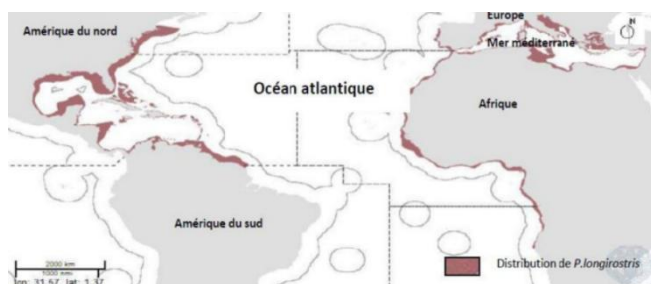
La crevette blanche (*Parapenaeus longirostris*), aussi appelée crevette rose des profondeurs, est une espèce importante dans la pêche en Algérie. Elle est principalement capturée dans les eaux profondes de la Méditerranée, à des profondeurs variant entre 100 et 700 mètres. Cette crevette est un composant majeur des débarquements de la pêche à la crevette en Algérie, où elle joue un rôle économique clé. Elle se nourrit principalement d'organismes benthiques tels que les clams et les petits crustacés ([FAO FIRMS](#)).

Actuellement, l'aquaculture de la crevette blanche est encore à ses débuts en Algérie, et la production reste très limitée par rapport aux autres espèces marines. En 2021, la production totale d'aquaculture en Algérie a atteint environ 4 779 tonnes, mais la production de crevettes reste marginale ([Agric Food Research](#)). Cependant, des efforts sont en cours pour encourager le développement de l'aquaculture de cette espèce, notamment en améliorant les infrastructures et les techniques d'élevage dans les zones sahariennes, favorisées par les conditions climatiques. L'accent est mis sur la promotion d'une production durable qui pourrait réduire la pression sur les stocks sauvages tout en soutenant l'économie locale ([Agric Food Research](#)) ([SpringerLink](#)). Ces initiatives font partie d'un plan gouvernemental visant à renforcer la recherche et à encourager la collaboration entre le secteur privé et les institutions de recherche pour développer une industrie aquacole durable en Algérie.



Figure 7 : «*Parapenaeus longirostris* » (Lucas, 1846)

Embranchement	Arthropodes
Classe	Crustacés.
Sous-classe	Malacostracés
Ordre	Décapodes
Sous-Ordre	Natantia
Infra-Ordre	Penaeidea
Super-Famille	Penaeoidea
Famille	Penaeidae
Genre	<i>Parapenaeus</i>
Espèce	<i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)



Caractéristique morphologique de la crevette blanche

- **Forme du Corps** : Allongé et légèrement comprimé latéralement, avec une séparation en céphalothorax et abdomen.
- **Taille** : Généralement entre 5 et 10 cm de longueur.
- **Couleur** : Blanche à translucide, parfois avec des nuances de rose ou jaune et des bandes ou taches claires.
- **Carapace** : Exosquelette dur et lisse couvrant le corps.
- **Pattes** : Cinq paires de pattes marchantes avec des griffes ; première paire souvent modifiée en pinces.
- **Antenne** : Longues et segmentées, utilisées pour la navigation et la détection.
- **Branchies** : Situées sous le céphalothorax, pour la respiration.
- **Écailles** : Absentes ; le corps est protégé par un exosquelette.
- **Différences de Genre** : Femelles généralement plus grandes avec des pléopodes développés pour porter les œufs.

Exigences écologiques et habitat de la crevette blanche

- **Distribution** : Atlantique Est (Norvège au Sénégal) et Méditerranée, où elle est abondante et constitue une ressource halieutique importante.
- **Habitat** : Fonds marins meubles, 50 à 700 mètres de profondeur, avec une abondance maximale entre 200 et 400 mètres. Préfère les fonds vaseux et sableux.
- **Adaptabilité** : Tolère bien les variations de température et de salinité, ce qui favorise sa survie dans divers environnements marins.

Régime alimentaire, nutritionnel et reproduction de la crevette blanche

- **Régime Alimentaire** : Omnivore, se nourrit de petits organismes benthiques et débris végétaux.
- **Nutrition** : Riche en protéines et matières organiques, essentiel pour la croissance et la reproduction.
- **Reproduction** : Se déroule en eaux profondes (200-350 mètres). Les œufs flottent jusqu'à l'éclosion, et les larves planctoniques rejoignent les fonds marins à un stade plus avancé. Influencée par la température et la salinité.

Zone d'étude

2 Zone d'étude

Notre travail s'est déroulé en deux zones différentes, une partie de notre travail a été effectuée au niveau de la baie d'Alger (échantillonnage des espèces de l'eau de mer), et l'autre partie au niveau de la pépinière de Garden Centre (espèces de l'eau douce).

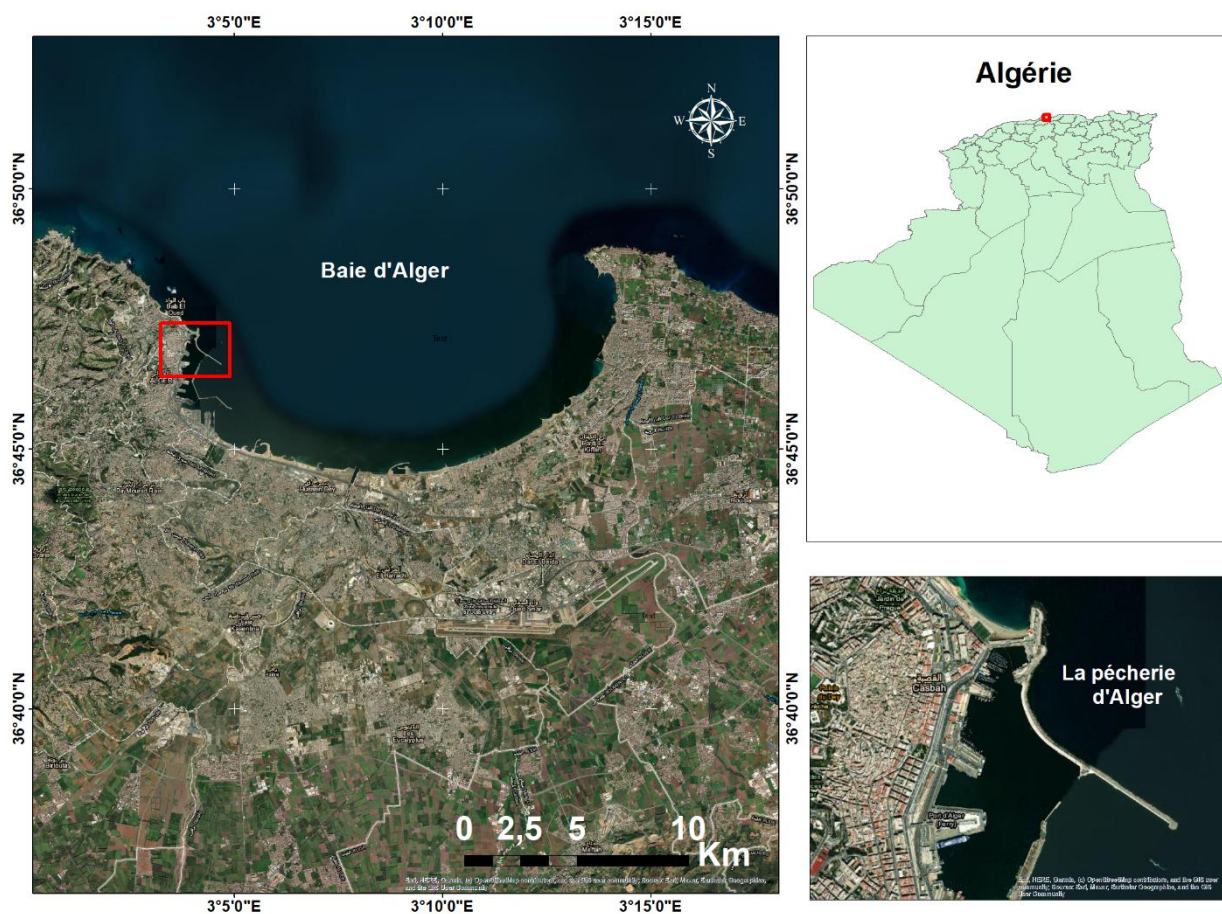


Figure 8: carte de zone d'étude Alger.

2.1 Choix de la zone

Cette étude vise à évaluer la contamination par les microplastiques des principales espèces de poissons dans la baie d'Alger, une zone côtière représentative de la mer Méditerranée. Le choix de ce site s'explique par son importance écologique et économique, ainsi que par sa position stratégique pour l'observation des impacts anthropiques sur l'écosystème marin méditerranéen.

2.1.1 Situation géographique :

La baie d'Alger, située dans la partie centrale de la côte algérienne, Cette baie semi-circulaire, d'une superficie d'environ 180 km², s'inscrit dans la plaine de la Mitidja et est délimitée par la Pointe Pescade à l'ouest et le cap Matifou à l'est. Ses coordonnées géographiques s'étendent de 03°00'40" à 03°14'50" de longitude Est et de 36°49'35" à 36°49'50" de latitude Nord (bachari et al.,2009), la plaçant au cœur du bassin méditerranéen sud-occidental. La bathymétrie de la baie est caractérisée par un plateau continental étroit, s'élargissant légèrement au centre, avec l'isobathe de 50 m à 4,1 km de la côte, celui de 100 m à 7,6 km, et l'isobathe de 1000 m à seulement 12,1 km du rivage. Cette configuration géographique et bathymétrique unique fait de la baie d'Alger un site d'étude idéal pour l'analyse de la distribution des microplastiques dans différentes strates la colonne d'eau.

2.2 Climatologie de la zone :

La baie d'Alger, située sur la côte nord de l'Algérie, présente des conditions climatiques maritimes typiques de la Méditerranée occidentale. Les eaux de cette baie sont influencées par la circulation générale anticyclonique du bassin méditerranéen ainsi que par les apports d'eaux atlantiques et les échanges air-mer locaux. On observe généralement des températures de surface allant de 15°C en hiver à 25°C en été, avec une salinité moyenne autour de 36,5 psu (Perkins et al.,1990; Millot & Taupier, 2005). Les régimes de vents dominants sont les vents d'ouest et de nord-ouest, souvent accompagnés d'une forte agitation maritime.

2.3 Facteur hydrodynamique :

➤ La houle :

Les conditions hydrodynamiques de la baie d'Alger jouent un rôle crucial dans la distribution et l'accumulation des microplastiques. La houle, principal moteur de la dynamique sédimentaire des petits fonds, suit un régime saisonnier avec des directions W-NW en hiver et N-NE en été (Leclaire, 1972 ; Benzohra, 1993 ; Belkessa et al., 2008 ; LEM, 1998). Au contact des irrégularités du fond, les houles engendrent des courants qui mettent en suspension et déplacent les particules sédimentaires, y compris les microplastiques. selon l'amplitude, l'incidence de la houle, la topographie sous-marine et la granulométrie(Millot, 1989).

Les houles de faible à moyenne amplitude affectent principalement le tri des sables et graviers dans la zone littorale peu profonde, favorisant un transport latéral des microplastiques. En revanche, les fortes houles, capables d'agir jusqu'à des profondeurs de -40 à -60 mètres, peuvent remobiliser et redistribuer les microplastiques sur une plus grande échelle verticale et horizontale.

Cette dynamique complexe implique que la contamination par les microplastiques dans la baie d'Alger est susceptible de varier selon les saisons et les profondeurs, avec des zones d'accumulation potentielles changeant au fil du temps.

➤ **Les courants :**

La Méditerranée connaît un déficit hydrique dû à un excès d'évaporation sur les apports, compensé par un flux entrant d'eaux atlantiques peu salées via Gibraltar. Ces eaux se "méditerranéisent" en progressant vers l'est le long des côtes algériennes, formant le courant algérien qui influence la distribution des paramètres physico-chimiques, nutritifs, biologiques et la dispersion des polluants(LEM, 1998; Benzohra, 1993). Les courants marins jouent un rôle clé dans la dispersion et l'accumulation des microplastiques dans l'environnement marin.

De plus, les courants de dérive littorale créés par l'incidence oblique des vagues facilitent la remise en suspension et le transit des microplastiques le long du trait de côte. Dans la baie d'Alger, la dérive tourbillonnaire dans le sens horaire à environ 0,3 km/h en surface pourrait favoriser l'accumulation locale de ces contaminants. Bien que leur vitesse diminue près des fonds(LEM, 1998), ces courants représentent un vecteur non négligeable d'exposition aux microplastiques pour les espèces de poissons benthiques et démersales de la région.

2.4 Situation géographique de la pépinière « Garden Center » :

La pépinière Garden s'étend sur une superficie de 44 hectares à Cherraga, une ville côtière de la wilaya d'Alger. Elle est située à environ 20 km à l'ouest de la capitale algérienne. Implantée à quelques kilomètres du littoral méditerranéen, près de l'Oued Nador, elle se trouve précisément entre 2°54'45 » E et 2°55'20 » E de longitude, et 36°46'20 » N et 36°46'31 » N de latitude.



Figure 9 : carte de zone d'étude Garden pépinière.

Cette région, caractérisée par un climat méditerranéen favorable, s'inscrit dans un écosystème agro-aquacole méditerranéen complexe, caractérisé par une forte concentration de serres en plastique. Particulièrement pertinent pour l'étude de la contamination par les microplastiques. Cette configuration unique, où l'eau des bassins de tilapia est utilisée pour l'irrigation et de fertilisation des cultures, a cause de l'enrichissement de la matière organique des eaux de tilapia, crée un cycle potentiel de contamination par les microplastiques (MPs). L'étude vise à évaluer l'ampleur de cette contamination à travers la chaîne alimentaire, depuis l'eau d'aquaculture jusqu'aux produits agricoles, en passant par le sol. La recherche se concentre sur la tilapia pour évaluer l'impact de cette pollution sur la chaîne trophique aquatique, tenant compte de l'utilisation intensive de matières plastiques dans l'agriculture locale et des pratiques d'irrigation. Ce contexte soulève des préoccupations quant à la contamination en cascade de la chaîne alimentaire, mettant en lumière les risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement dans ce système agro-aquacole interconnecté. Pépinière Garden elle-même se consacre principalement à la culture et à la vente de plantes ornementales, d'arbustes, d'oliviers et d'agrumes, profitant des conditions climatiques idéales pour diversifier sa production. Ses activités comprennent probablement aussi la fourniture de conseils en jardinage, la vente de produits horticoles et potentiellement des services d'aménagement paysager, contribuant ainsi à l'économie agricole et horticole de la région.

Matériels et méthodes

3 Matériel et méthode

Le but de notre étude, est de mettre en évidence la présence des microplastiques dans le biote ; ainsi, deux volé ont été abordé : l'étude des microplastiques dans le biote marin et l'étude des microplastiques dans le biote d'eau douce.

3.1 Etude des microplastiques dans le biote marin

Pour le biote de l'eau de mer notre choix s'est porté sur les espèces de poissons occupant différents habitats (démersaux, benthopélagiques et pélagiques) et plus précisément les espèces qui ont un intérêt économique et les plus consommé en Algérie à savoir la Sardine, le Rouget de vase et la crevette blanche.(Annexe 2)



Figure 10 : Les espèces marine échantillonnées (a : la sardine, b : le rouget de vase ; c : la crevette blanche).

Des prélèvements de poissons ont été effectués directement après le débarquement de bateau au niveau de la pêcherie d'Alger, la pêche a été effectuée au large de la baie d'Alger durant le mois d'avril 2024, la mer était calme à peu agitée.

Les échantillons ont été transportés au laboratoire et congelés conformément au protocole d'analyse des microplastiques, jusqu'à l'analyse ultérieure.

Protocole

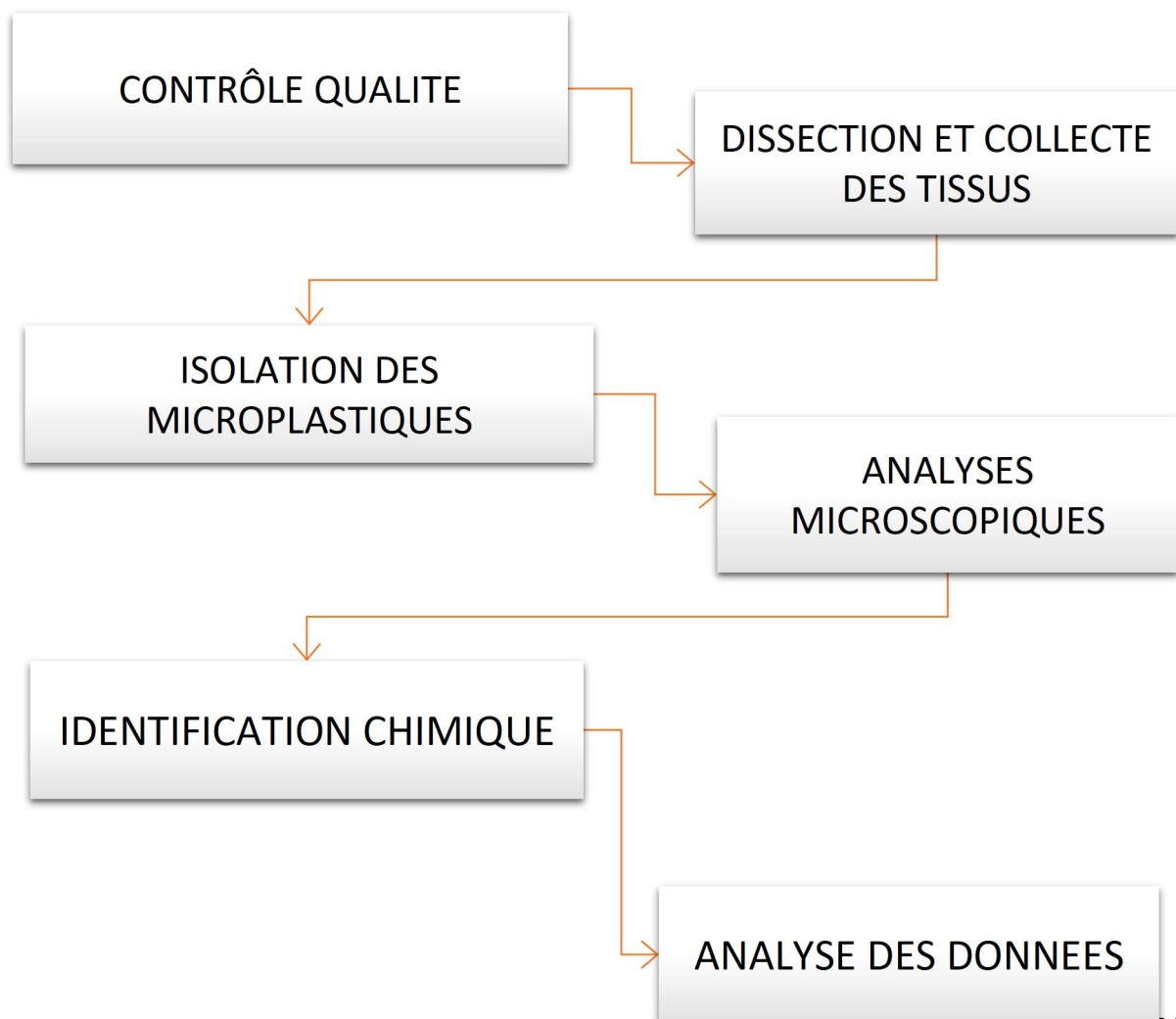
Il existe plusieurs protocoles visant à étudier les microplastiques dans les biotes et ceci est due à l'absence de standardisation ; on peut noter que la différence entre ces divers protocoles est au niveau des solutions utilisées pour la digestion de la matière organique, qui sont traités avec soit :

- Du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 par (digka et al, 2018).

- Une solution de NaOH(Catarino et al, 2017) suivant le protocole de (Baalkhuyur et al, 2018).
- Utilisation d'hydroxyde de potassium KOH et d'une solution hypersaline de NaCl (Rochman et al, 2015 modifié).
- Utilisation d'hydroxyde de potassium KOH et du peroxyde d'hydrogène H₂O₂.(Bessa et al,2019 avec quelque modification)

Notre choix s'est porté sur le dernier protocole en raison de ses divers avantages, notamment la disponibilité abondante des composés utilisés et leur caractère bien connu. De plus, la faisabilité, la simplicité et l'efficacité de ce protocole constituent des atouts majeurs, en tenant compte de la précision, du rapport coût/bénéfice et du temps requis.

Organigramme des étapes essentielles du protocole



3.1.1 Contrôle de qualité

Les fibres synthétiques étant omniprésentes, les précautions sont essentielles à toutes les étapes du traitement des échantillons pour réduire la contamination. Différentes procédures existent pour contrôler la contamination secondaire aéroportée et la contamination croisée via des échantillons témoins. Selon les normes en vigueur, cette contamination ne doit pas excéder 10% des résultats. Selon la norme MSFD TG-ML (Galgani et al, 2013). Si la contamination est avérée, les microplastiques de mêmes caractéristiques doivent être exclus (Avio et al, 2020).

Pour éviter toute contamination, nous avons essayé au maximum de travailler avec du matériel en verre ou en métal, ce dernier a été nettoyé à l'eau ultrapure avant chaque analyse. Les échantillons ont toujours été conservés dans des récipients couverts afin de minimiser les microplastiques en suspension dans l'air, et toutes les solutions ont été préparées à l'aide d'eau ultrapure et filtrées à l'aide d'un filtre en fibre de verre de 7 µm.

Des contrôles à blanc sont effectués à chaque étape. Nous avons placé également des papiers filtres humides pour détecter toute contamination aérienne.

3.1.2 Dissection et collecte des tissus

Une fois au laboratoire et avant l'analyse, chaque échantillon est progressivement décongelé. Nous avons commencé par rincer l'extérieur du poisson avec de l'eau Milli-Q, et nous avons éliminé tous les poissons dont l'estomac est ouvert.

Un total de 20 individus, comprenant 10 sardines et 10 rougets, ont été disséqués. Avant la dissection, le poids et la taille de chaque poisson ont été mesurés. Ensuite, le tractus gastro-intestinal, les gonades et les branchies ont été extraits. Chacun de ces organes a été pesé séparément, puis placé dans des bocaux en verre pour une analyse ultérieure.



Figure 11 : dissection de rouget de vase.

Pour les crevettes; 10 crevettes ont été étudiées, la carapace et la tête est décortiqué et l'ensemble du corps est pesé (abdomen) puis mis dans des bocaux en verre.



Figure 12 : dissection de la crevette blanche.

3.1.3 Isolation des microplastiques

L'isolement des microplastiques à partir des différents organes se déroule en deux étapes :

a. La digestion : Cette étape consiste à éliminer toute la matière organique de chaque organe par une de ces différentes solutions :

- Charge faible : KOH.
- Charge moyenne : H_2O_2 .
- Charge forte : KOH+ H_2O_2 .

Dans notre cas on a ajouté une solution de KOH à 10 % dans un rapport de 1:5 (p/v) au différent flacon. Chaque flacon a été recouvert et mis à l'étuve à 40 °C pendant 48 h. Après cette période, on vérifie si toute la MO qui s'est dissoute avant de passer à l'étape suivante.



Figure 13 : Digestion des différents organes dans le KOH.

b. La Filtration

Après la digestion de la matière organique, les échantillons sont passé à travers une rompe de filtration ou on filtre les échantillons sous vide sur un filtre en fibre de verre Whatman GF/C,

avec des pores de 7µm. Les filtres sont ensuite placés dans des boîtes de Pétri. Un échantillon témoin est également utilisé, auquel est ajouté un volume de KOH 10% similaire à celui de l'échantillon à filtrer, afin de tester la contamination ambiante.

Analyses des microscopiques

Après l'isolation des microplastiques, les filtres sont placés dans des boîtes de Pétri en verre stériles et examinés sous un stéréo microscope pour identifier et quantifier les éléments plastiques. Les particules sont également classées en fonction de leur forme et de leur couleur. Chaque filtre est soigneusement vérifié.

Identification chimique

Après l'isolation des microplastiques, les filtres sont placés dans des boîtes de Pétri en verre stériles, puis examinés au stéréo microscope pour identifier et quantifier les particules plastiques. Ces particules sont ensuite classées selon leur forme et leur couleur, avec une vérification minutieuse de chaque filtre.

Analyses statistiques

Après identification, les particules de plastique ont été comptées, photographiées et mesurées. L'occurrence des Fréquence (FO %) des microplastiques collectés dans le tube digestif a été calculée à l'aide de la formule suivante : $FO (\%) = (Ni/N) \times 100$;

FO% : fréquence d'apparition des particules de plastique ;

Ni : nombre de voies gastro-intestinales contenant des particules de plastique ;

N : nombre total de tractus gastro-intestinaux examinés.

3.2 Etude des microplastiques dans le biote de l'eau douce

Pour le biote de l'eau douce notre choix s'est porté sur l'élevage de poisson dans les serres en plastique pour cela une seule espèce a été étudiée ; la Tilapia à cause de sa consommation et de son intérêt économique.



Figure 14 : Tilapia de Nile (femelle) *O. niloticus* en Garden Centre.

Une étude de suivi a été menée sur une période de trois mois du 10 mars au 10 juin 2024, portant sur des juvéniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) élevé dans des étangs et aquariums situés à l'intérieur de serres en plastique, dans la ferme aquacole de la pépinière « Garden Centre ».

L'objectif était d'évaluer la présence et l'impact de l'exposition aux microplastiques sur la croissance et les performances de ces poissons, dans des conditions environnementales contrôlées. Pour cela nous avons mené une expérience sur un certain nombre d'individus selon les étapes suivantes :

➤ **Début de l'expérience : Prélèvement à partir des bassins d'élevage**

Au début de l'expérience on a prélevé à partir des bassins d'élevage un certain nombre d'individu, dont une partie a été étudiée directement (état initial) et l'autre sur laquelle on a mené une expérience.

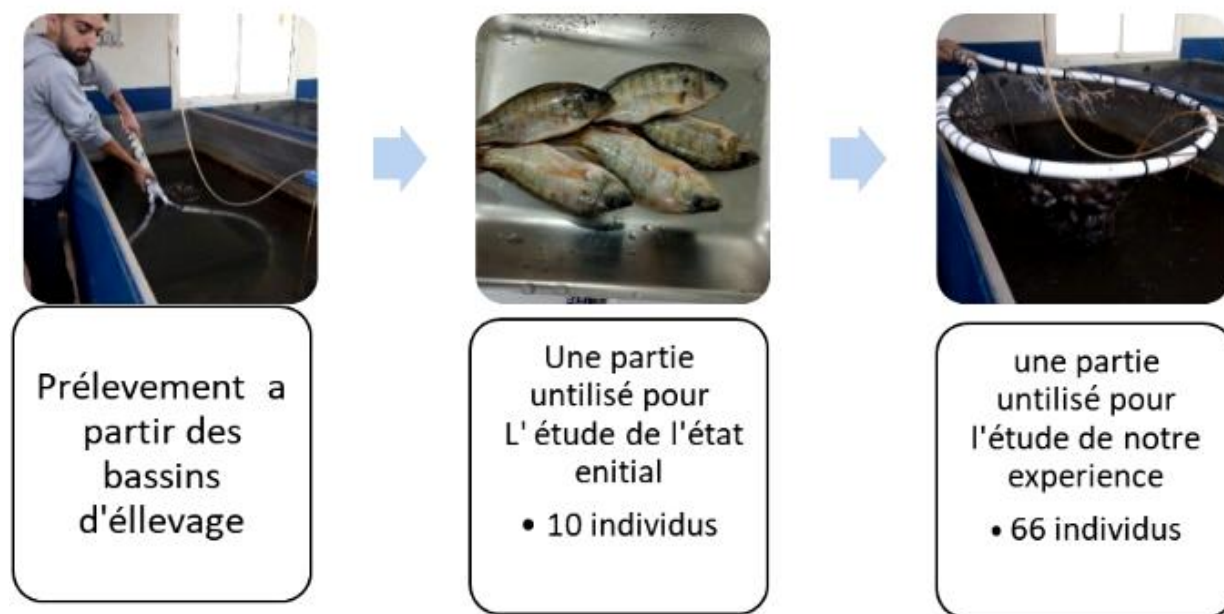


Figure 15 : Prélèvement à partir des bassins élevage.

➤ Répartition des individus dans les différents milieux et conditions :

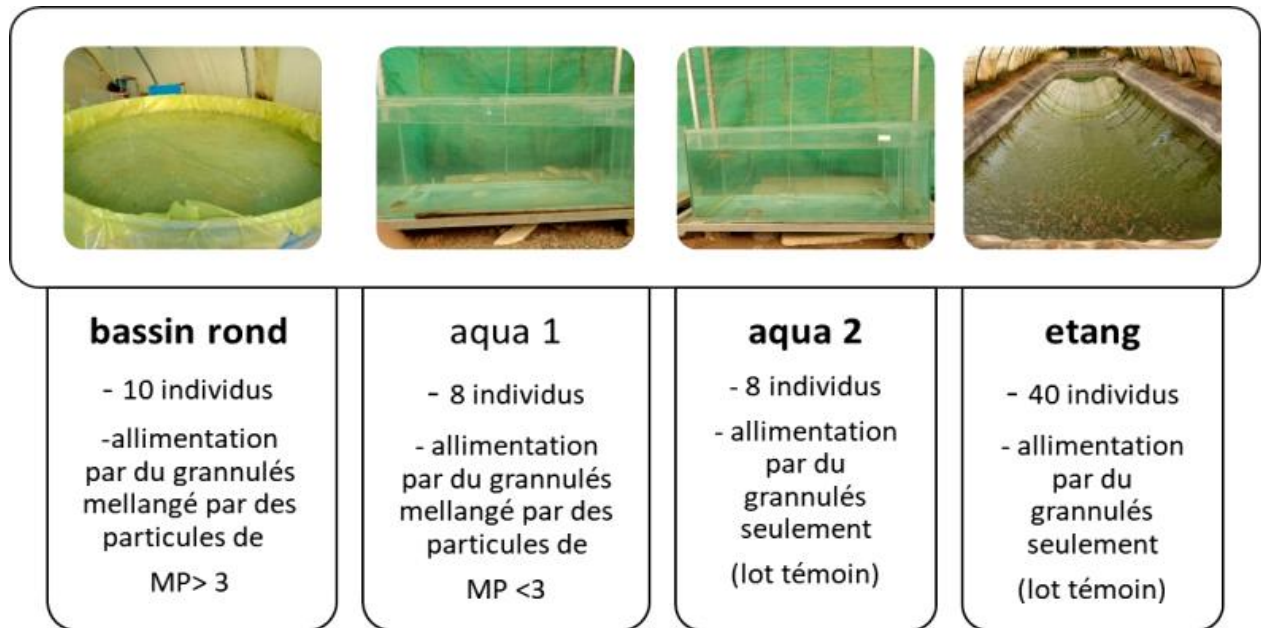


Figure 16 : Répartition des individus dans les différents milieux.

Un certain nombre d'individus ont été prélevés à partir des bassins d'élevage. Une partie de ces individus a été étudiée directement pour établir l'état initial, tandis que l'autre partie a été utilisée pour mener une expérience spécifique.

➤ Pendant l'expérience :

Cette expérience consiste à exposer, pendant 3 mois, un certain nombre d'individus au MP de différente taille (figure 15) et de les comparer avec des individus non exposés au MP. Les poissons ont reçu une alimentation distribuée selon un taux fixe (8% par rapport au poids totale des individus du même milieu pour les lots témoin et 7% du granulé plus 1% MP pour les autres lots), et ce, deux fois par jour. En parallèle, des mesures de Ph , température, poids des individus (grossissement) ont été effectués tout au long de l'expérience. Les systèmes d'élevage étaient maintenus dans des conditions climatiques similaires et nettoyés 1 à 2 fois par mois en raison de la forte accumulation et du rythme élevé de production de matière organique (Figure 17).

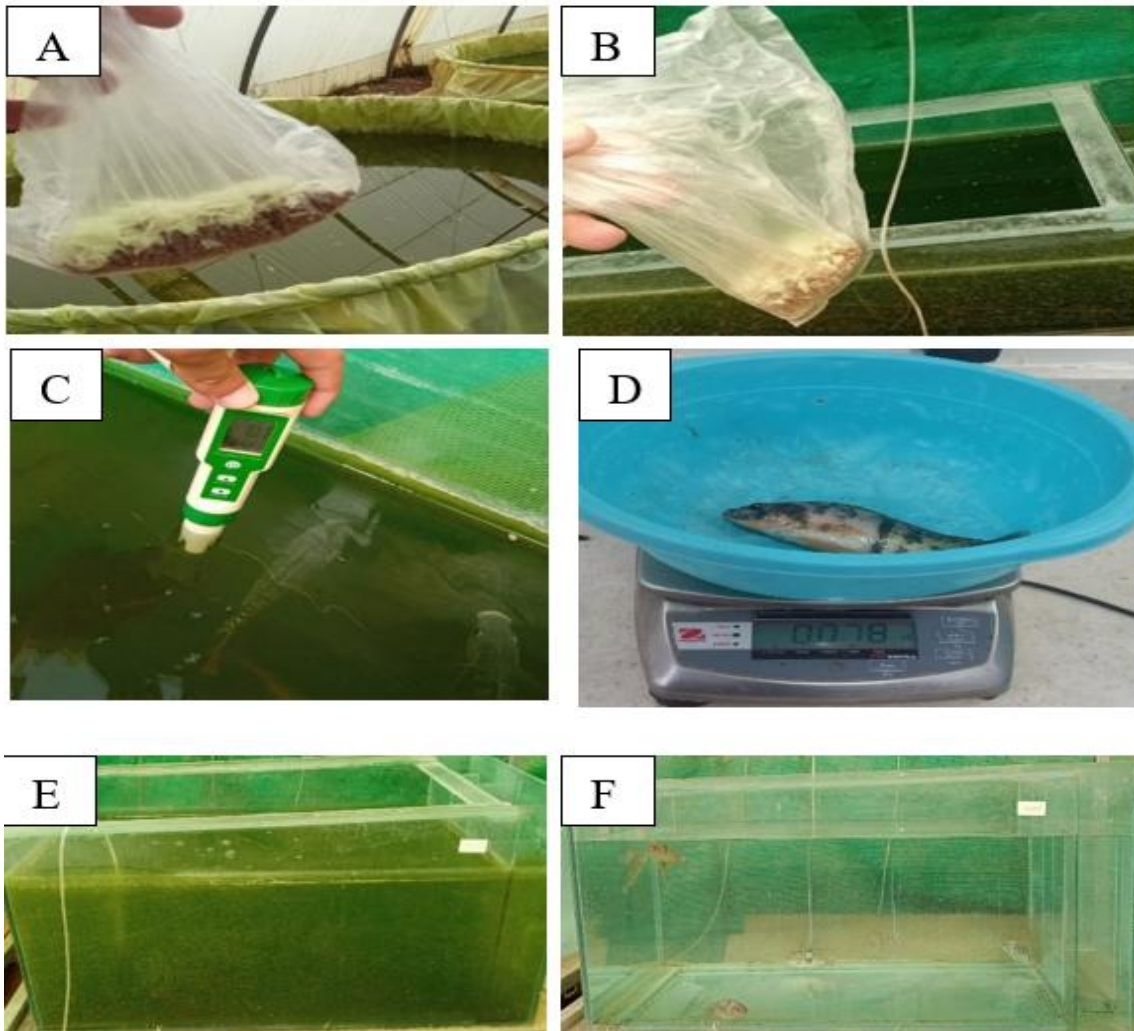


Figure 17 : Conditions expérimentales: A $MP > 3mm$, B $MP < 3mm$, C mesure de ph, D mesure du poids, E avant siphonage, F après siphonage.

➤ **Fin de l'expérience :**

Après 3 mois de suivi, nous avons prélevé nos échantillons comme illustré à la figure 27.

- **Dans le bassin rond** : Sur les 10 individus nous avons étudié 4 individus
- **Dans le aqua 1** : Sur les 8 individus nous avons étudié 3 individus
- **Dans le aqua 2** : Sur les 8 individus nous avons étudié 3 individus
- **Dans l'étang** : Sur les 40 individus nous avons étudié 4 individus

Une fois prélever nos échantillons, ont été mesurer, peser et leur sexe a été déterminer, ils ont ensuite été congeler jusqu'au moment de l'analyse au laboratoire(figure19).

Les autres individus de l'étude ont été prélevés et conservés au congélateur pour de futures recherches.



Figure 18 : prélèvement après suivis.

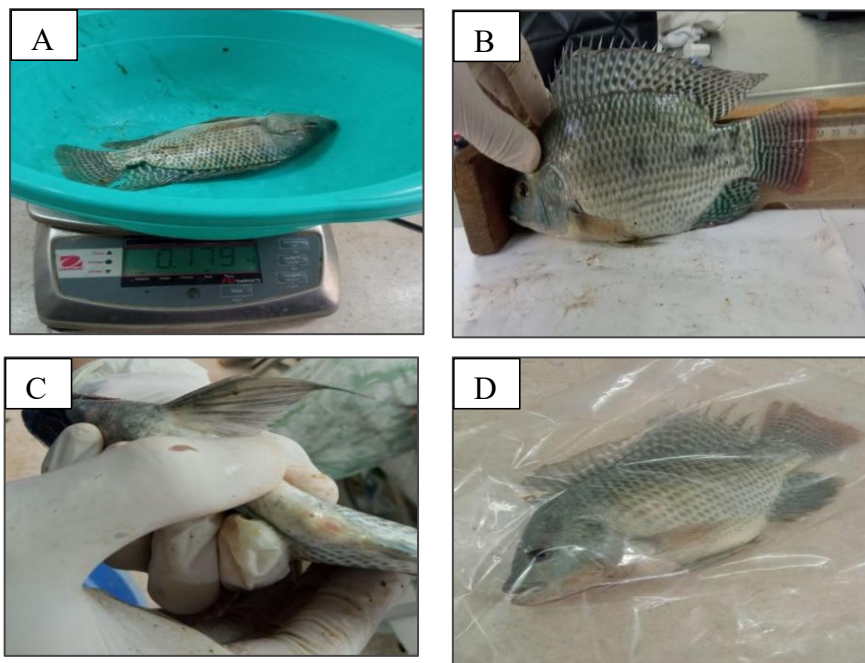


Figure 19 : Traitement des échantillons : A pesage, B mesure, C détermination de sexe, D mettre chaque individu dans un sachet de congélation étiqueté.

➤ Analyse des microplastiques au laboratoire :

Protocole : Nous avons utilisé le même protocole que pour le biote en eau de mer. Un total de 24 individus de tilapias ont été étudiés en suivant les étapes suivantes :

Méthode : Les organes examinés étaient :

- **État initial** : Branchies, tube digestif, et chair.
- **État final** : Branchies, tube digestif, et gonades.

Comme pour les poissons en eau de mer, les organes ont été prélevés, placés dans des bocaux en verre remplis de KOH à 10 %, puis incubés à 40 °C pendant 48 heures. Après digestion, les échantillons ont été filtrés et analysés microscopiquement à l'aide d'une loupe binoculaire. L'identification et la quantification des particules plastiques dans chaque organe ont été réalisées (voir figure 20).

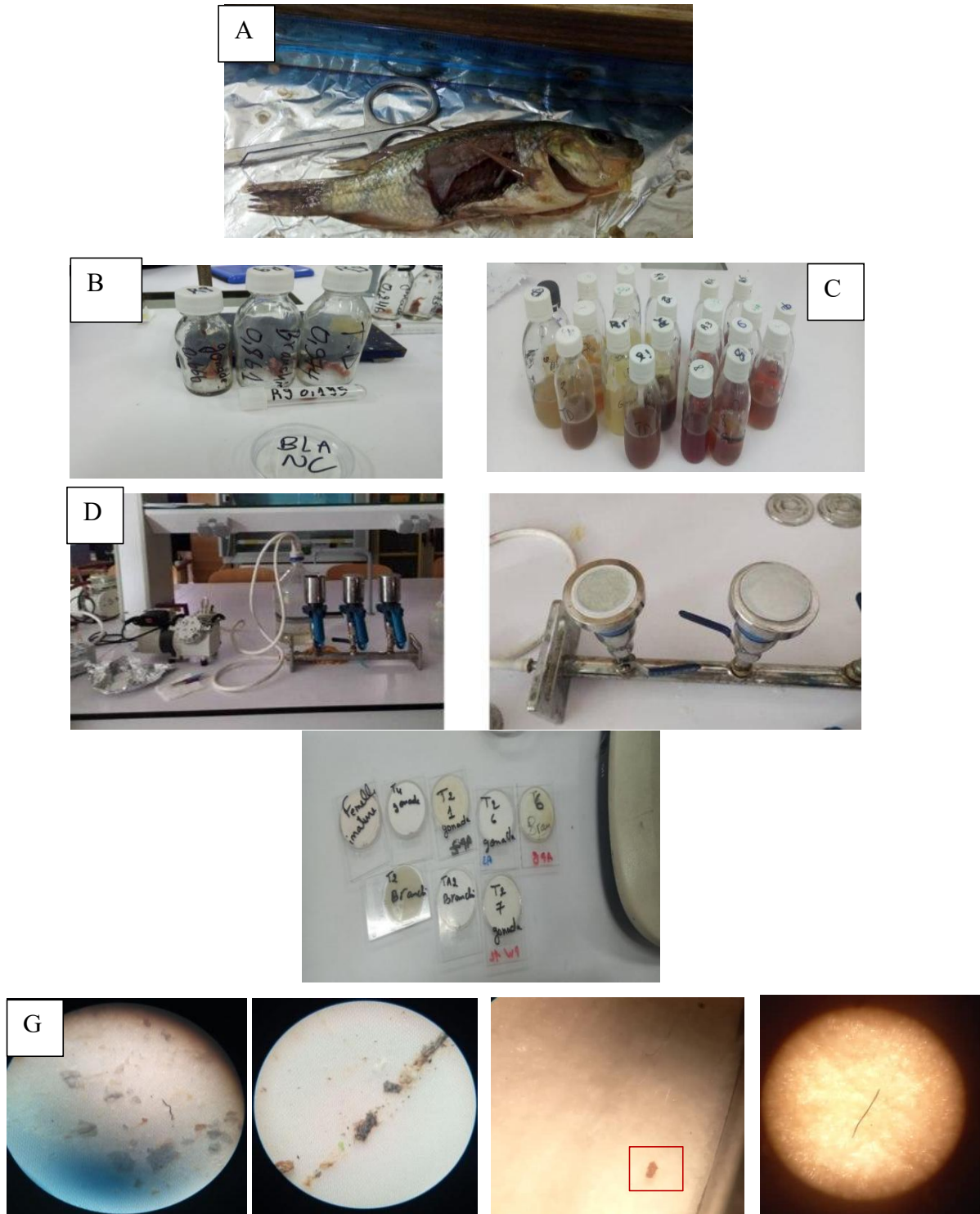


Figure 20 : Traitement des échantillons de tilapia ; Dissection (A) ; avant digestion(B); après digestion (C);filtration (D) et mp (G).

Résultats et discussions

4 Résultats et discussions

Ce chapitre est dédié à la présentation et à l'interprétation des résultats recueillis tout au long de cette étude.

1. Etude des MP dans les espèces d'eau de mer

Les tableaux ci-dessous expose les résultat statistiques obtenus a partir des données de mensuration effectué sur les individus de chaque espèces traités (min, max et moyenne) ainsi que le calcule de la fréquence d'occurrence relative a la contamination par les microplastiques MP par espèces et par organe. Au total, 30 individus à espèces confondus de l'eau de mer ont été examinés.

1.1 Quantification des MP dans les espèces d'eau de mer (Fréquence et Abondance)

Le tableau 1 présente des informations sur les espèces étudiées, incluant le nombre d'individus (N), leur habitat, la longueur totale moyenne (Lt), le poids moyen (Pt), ainsi que la fréquence d'occurrence (%), qui indique le pourcentage d'individus trouvés avec des microplastiques.

Tableau 1: synthèse des résultats statistiques et FO (%).

Espèces	N	Habitat	Lt moyenne (cm)	Pt moyenne (g)	Fréquence d'Occurrence (%)
Sardine	10	Pélagique	12	13,487	100%
Rouget de vase	10	démersale	12,85	21,97	100%
Crevette blanche	10	Peu profond	12,36	5,6	70%

Lt : Longueur totale moyenne ; Pt : Poids totale moyen ;

Le tableau 2 présente les statistiques des microplastiques par individu pour chaque espèce, en indiquant le minimum, le maximum, la moyenne, le total de microplastiques, ainsi que la fréquence d'occurrence (%), qui représente le pourcentage d'individus contenant des microplastiques.

Table 2:Présence de Microplastiques (MP) par espèce et individu.

Espèce	MP Min/Individu	MP Max/Individu	MP Moyenne/Individu	Total MP	Fréquence d'Occurrence (%)
Sardine	1	2	1,5	24	100%
Rouget de vase	1	3	2	36	100%
Crevette blanche	0	1	1	7	70%

Le tableau 3 représente la fréquence d'occurrence des microplastiques dans différents organes (branchies, gonades, tube digestif) pour chaque espèce, ainsi que la fréquence globale pour la crevette.

Table 3 : Fréquence d'Occurrence de Microplastiques par espèce et organe.

Espèce	Branchies	Gonades	Tube Digestif (GI)	Global (Crevette)
Sardine	80%	80%	60%	/
Rouget	40%	90%	80%	/
Crevette	/	/	/	70%

➤ **Abondance des MP:**

Les graphiques suivants présentent l'abondance des microplastiques par espèce, organe, et individu, illustrant leur répartition et fréquence dans les différentes catégories étudiées.

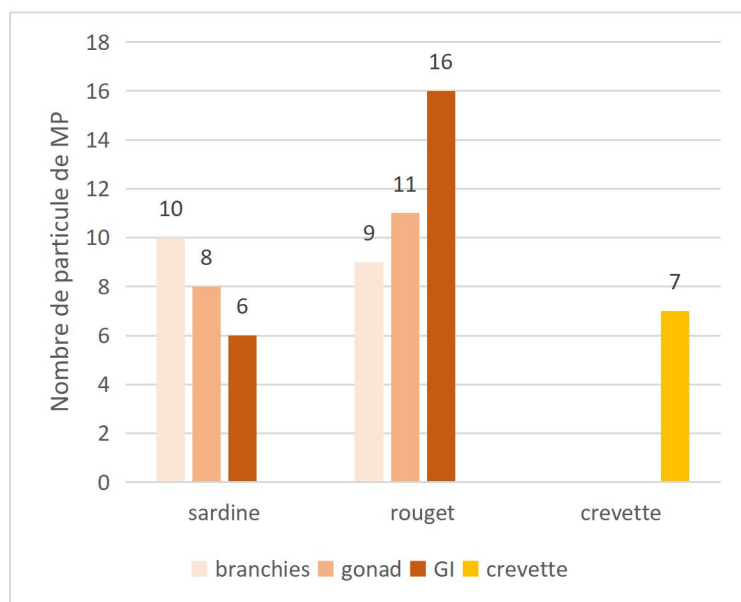
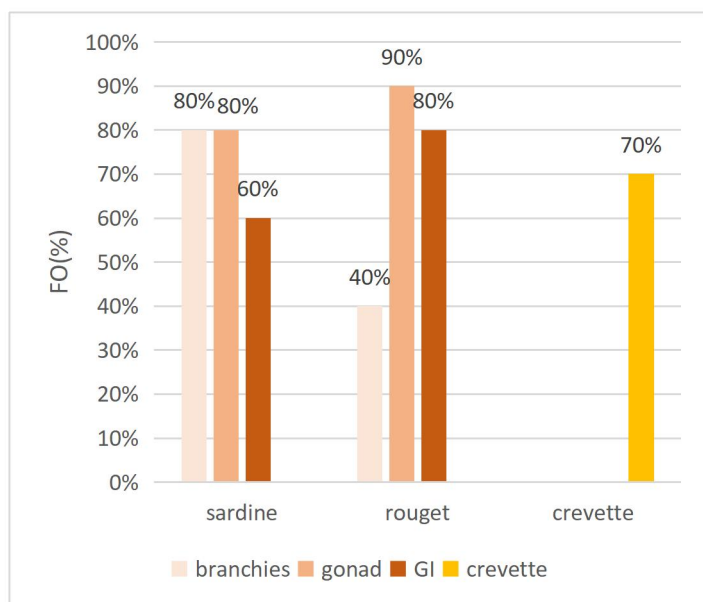


Figure 21 : Pourcentage d'individus contenant des MP dans chaque organe. **Figure 22** : abondance des MPs dans les différents organes

La sardine et le rouget montrent une fréquence d'occurrence de 100%, ce qui signifie que tous les échantillons examinés contiennent des microplastiques. Cela indique une forte contamination par les microplastiques pour ces espèces qui représente le biote marin. La crevette, avec une fréquence

d'occurrence (FO) de 70%, montre une contamination par les microplastiques moins répandue par rapport aux sardines et rougets. Cela pourrait indiquer que les crevettes sont soit moins exposées aux microplastiques, soit moins susceptibles de les accumuler par rapport aux autres espèces marines.

Le rouget affiche la plus haute concentration moyenne de microplastiques par échantillon (2 MP), suggérant un niveau de contamination plus élevé pour cette espèce. La sardine, avec une moyenne de 1,5 MP par échantillon, présente également une contamination significative, mais légèrement inférieure à celle du rouget. En revanche, la crevette montre la concentration moyenne la plus basse (1 MP) et une variabilité plus réduite, certains échantillons ne contenant pas de microplastiques. Ces observations pourraient indiquer une exposition ou une accumulation moins importante de microplastiques chez les crevettes comparativement aux sardines et aux rougets.

Le rouget affiche le total le plus élevé de microplastiques (36 MP), suivi de la sardine (24 MP) et de la crevette (7 MP). Ce résultat non seulement reflète une fréquence d'occurrence élevée mais aussi une concentration plus importante de microplastiques chez le rouget. Les microplastiques sont répartis dans différents organes des sardines et des rougets, notamment les branchies, les gonades et le tractus gastro-intestinal. Les rougets montrent une exposition plus marquée aux microplastiques dans les gonades et le tractus gastro-intestinal, tandis que les sardines présentent une concentration légèrement plus élevée dans les branchies par rapport aux rougets. Ces résultats peuvent être récapitulés selon trois constats :

Exposition et accumulation : Le rouget est l'espèce la plus exposée aux microplastiques et en accumule la plus grande quantité, probablement en raison de son habitat démersal où les microplastiques sont plus concentrés. En revanche, bien que les sardines présentent une fréquence d'occurrence de 100%, leur concentration de microplastiques est légèrement inférieure, ce qui peut être attribué à leur habitat pélagique où les microplastiques sont plus dispersés mais moins concentrés.

Contamination: Les crevettes, avec une fréquence d'occurrence de 70%, affichent une concentration de microplastiques beaucoup plus faible. Cette différence pourrait être liée à des variations dans le régime alimentaire ou les habitats par rapport aux sardines et aux rougets.

Migration des particules de microplastiques : Les microplastiques peuvent migrer d'un organe à un autre, comme observé dans les gonades des rougets et des sardines. Cette présence dans les gonades pourrait potentiellement affecter la reproduction de ces espèces.

1. 2 Variation de la contamination par catégories de MP (Type et couleur)

➤ Selon le type des MP

L'histogramme suivant donne un aperçu des différentes catégories de MP observé dans nos échantillons.

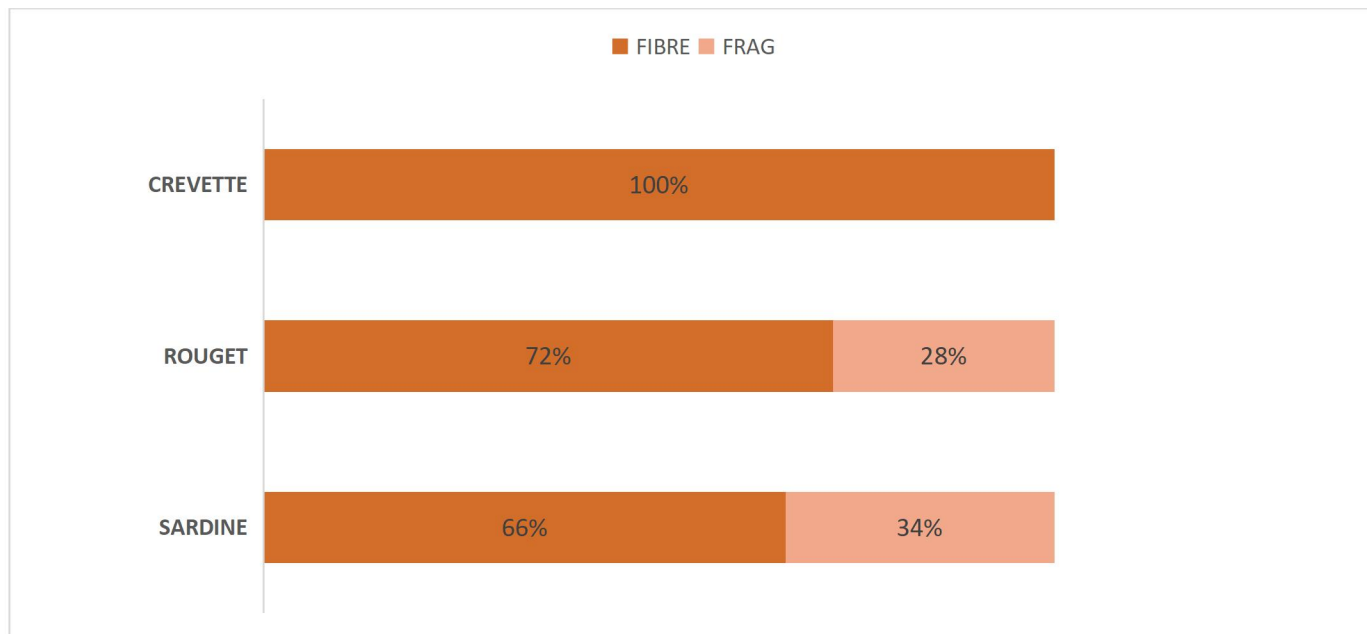


Figure 23 : Les types de MP observé dans les différentes espèces.

Table 4: Type de microplastiques observées dans les échantillons d'eau de mer .

Espèce	Fibre	Fragment	Total
Sardine	16	8	24
Rouget	25	11	36
Crevette	7	-	7

Les microplastiques détectées dans les organismes marins examinés présentaient deux formes, les fibres étant les plus courantes dans les trois espèces suivies des fragments (Table 4). Les fibres dominent largement dans toutes les espèces, mais particulièrement chez la crevette où aucun fragment n'a été trouvé. Cela indique que les crevettes peuvent être exposées principalement à des fibres, ce qui peut être dû à leur régime alimentaire ou à leur habitat.

- Les sardines et les rougets montrent une composition de microplastiques plus diversifiée (fibres et fragments), tandis que les crevettes sont exposées uniquement à des fibres. Cette différence pourrait

être liée à la manière dont chaque espèce interagit avec son environnement et les sources de pollution plastique. Les poissons comme la sardine et le rouget pourraient avoir un contact plus direct avec une variété de microplastiques, tandis que les crevettes pourraient être plus affectées par les fibres, potentiellement liées à des sources comme les textiles.

Les photographies des catégories de MPs détectés dans les poissons et les crustacés sont présentées dans la figure 24.

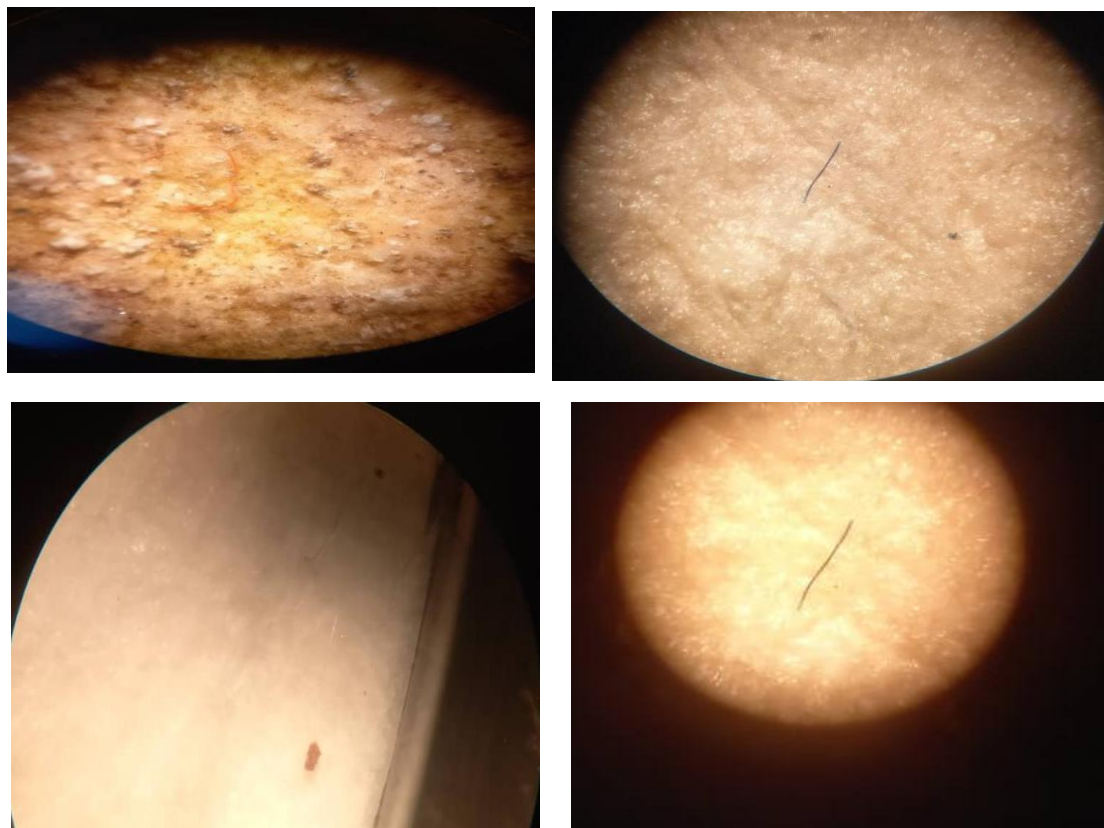


Figure 24 : Les exemples des MP trouvés chez les trois espèces.

➤ **Selon la couleurs des MP**

L'histogramme suivant donne un aperçu des différents couleurs de MP observé dans nos échantillons

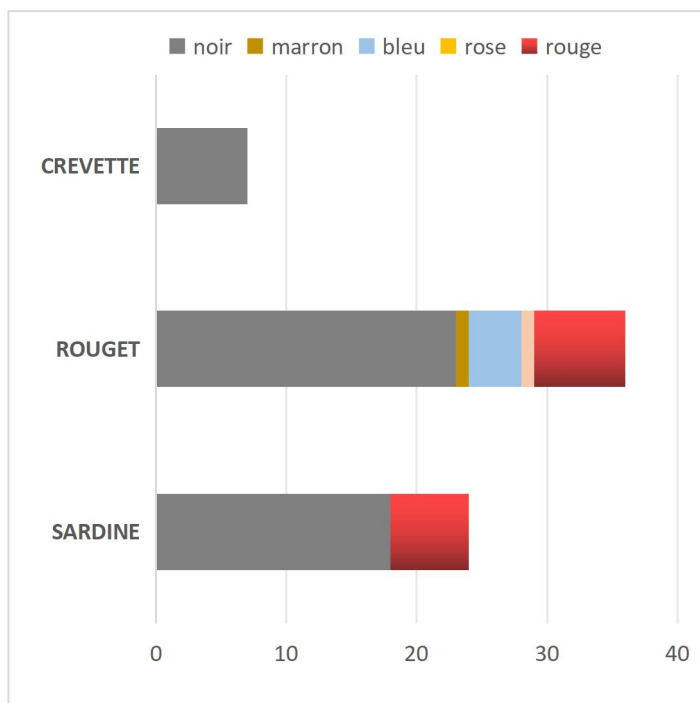


Figure 25 : Abondance des couleurs des MP présentent dans les différentes espèces.

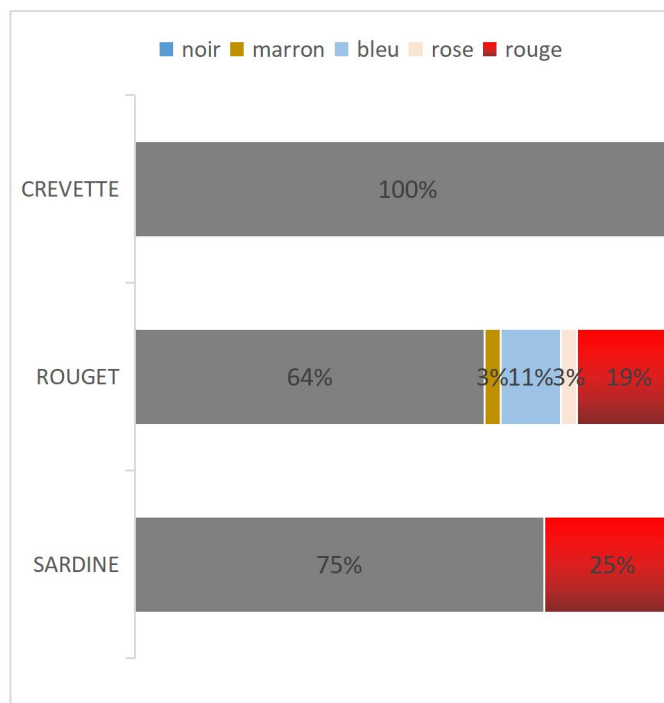


Figure 26 : pourcentage des couleurs des MP observé dans les différentes espèces.

Les résultats montrent la répartition des microplastiques (MP) ingérés par trois espèces marines : la crevette, le rouget, et la sardine, en fonction de leur couleur retrouvé dans les organismes. En effet, les couleurs observées incluent le noir, le marron, le bleu, le rose, et le rouge (figure 25), ce qui donne un aperçu des sources potentielles de pollution plastique auxquelles ces espèces sont exposées.

Nous constatons que les MP noire est prédominant pour les trois espèces. Dans le cas de la crevette 100 % des microplastiques retrouvés sont de couleur noire. Ainsi que la majorité des microplastiques retrouvés dans le rouget sont également de couleur noire (64 %), suivie par les fragment rouges (19 %), bleu (11 %), les marron (3 %), et rose (3 %).

Pour la sardine, les microplastiques noirs sont prédominants à 75 %, tandis que les rouges représentent 25 % des particules ingérées. (Figure 26).

2. Etude des MP dans les espèces d'eau douce

Cette partie de l'étude a concerné l'analyse de la présence de microplastiques dans différentes parties de l'anatomie de 24 individus de Tilapia, tant à l'état initial qu'à l'état final, sur une période de trois mois. Les résultats suivants ont été obtenus :

- **Mortalité** : Deux individus de Tilapia de l'aquarium 1 ont été trouvés morts le 9 mai.
- **Interruption de la nutrition** : Certains Tilapia ont cessé de se nourrir pendant le mois de mai.
- **Reproduction** : Des signes de reproduction des Tilapia ont été observés en mai et en juin (voir Figure 27).

Table 5: Descriptif des Observations

Date	Événement Observé	Détails
9 mai	Mortalité des Tilapia	Deux Tilapia de l'aquarium 1 ont été trouvés morts.
Mai	Arrêt de la nutrition	Certains Tilapia ont cessé de se nourrir.
Mai-Juin	Reproduction	Reproduction des Tilapia observée (voir Figure 27).



Figure 27 : Reproduction de tilapia lors de l'expérience.

Le tableau ci-après synthétise les statistiques descriptives (valeurs minimales, maximales et moyennes) des paramètres morphométriques et le taux de croissance du Tilapia dans les différents états étudiés, ainsi que la fréquence d'occurrence associée.

Le taux de croissance a été calculée à l'aide de la formule suivante : $(ptf-pti)/t=(gm/jours)$;

$(lf-li)/t=(cm/mois)$:

ptf : poids totale finale;

pti : poids totale initiale ;

t : le temps.

Table 6: Données morphométriques des Tilapia étudié et la fréquence d'occurrence.

État	Nombre (N)	Longueur Totale Moyenne (cm)	Taux de croissance(cm/mois)	Taux de croissance(g/jour)	Poids Moyen (g)	Fréquence d'Occurrence (%)
Aqua0	10	12,4	/	/	33,6	100
Aqua1	3	14,4	0.775	0.31	49,1	100
Aqua2	3	15,0	0.83	0.32	53,8	100
ROND	4	15,8	1.82	0.89	79,3	75
ETANG	4	17,2	2.56	1.59	107,3	75

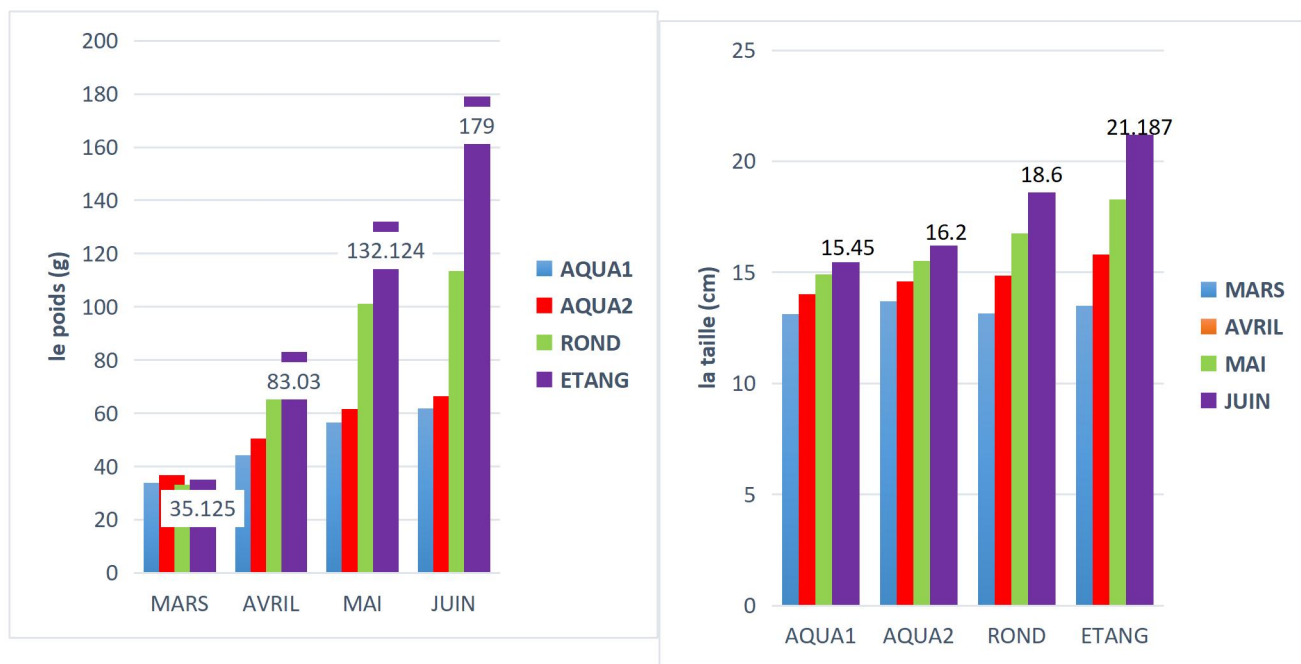


Figure 28 : évolution de la taille et le poids des individus de tilapia pendant trois mois de de l'expérience.

Table 7: Synthèse statistique des microplastiques (MP) dans les différents milieux de Tilapia.

Paramètre	AQUA 0	AQUA 1	AQUA 2	ROND	ETANG
MIN	1	3	2	0	0
MAX	2	7	5	4	2
MOY (moyenne)	1,5	5	3,5	2	1
Total des MP	22	14	11	9	5

Table 8: Fréquence d'occurrence des microplastiques dans les différents organes du Tilapia par milieu.

Milieu	Branchie (%)	Gonade (%)	Tube Digestif (%)	Chair (%)
AQUA 0	37%	0	45%	18%
AQUA 1	67%	100%	67%	0
AQUA 2	33%	67%	67%	0
ROND	25%	75%	50%	0
ETANG	25%	25%	25%	0

Les milieux AQUA 0, AQUA 1 et AQUA 2 présentent une fréquence d'occurrence de microplastiques de 100%, ce qui indique que tous les échantillons de Tilapia dans ces milieux contiennent des microplastiques. Cela reflète une contamination particulièrement élevée dans ces environnements. En revanche, les milieux ROND et ETANG, avec une fréquence d'occurrence de 75%, présentent une contamination par les microplastiques moins répandue.

- AQUA 1 enregistre la plus haute moyenne de microplastiques par échantillon (5 MP), suggérant une forte concentration de microplastiques dans ce milieu. À l'opposé, l'ETANG affiche la plus faible moyenne (1 MP) et présente parfois des échantillons sans microplastiques, ce qui pourrait refléter une exposition ou une accumulation moindre dans cet environnement.
- En termes de total de microplastiques, l'AQUA 0 affiche la quantité la plus élevée (22 MP), suivi des milieux AQUA 1 (14 MP), AQUA 2 (11 MP), et enfin les milieux ROND et

ETANG (9 et 5 MP, respectivement). Cela souligne non seulement une fréquence d'occurrence plus élevée, mais aussi une concentration plus importante de microplastiques dans les milieux AQUA 1 et AQUA 2.

2.1 Quantification des MP dans les espèces d'eau douce (Fréquence et Abondance)

➤ Abondance des MP:

Les graphiques suivants illustrent l'abondance des microplastiques dans les différents organes des individus de Tilapia, en présentant leur répartition et leur fréquence selon les différents milieux étudiés.

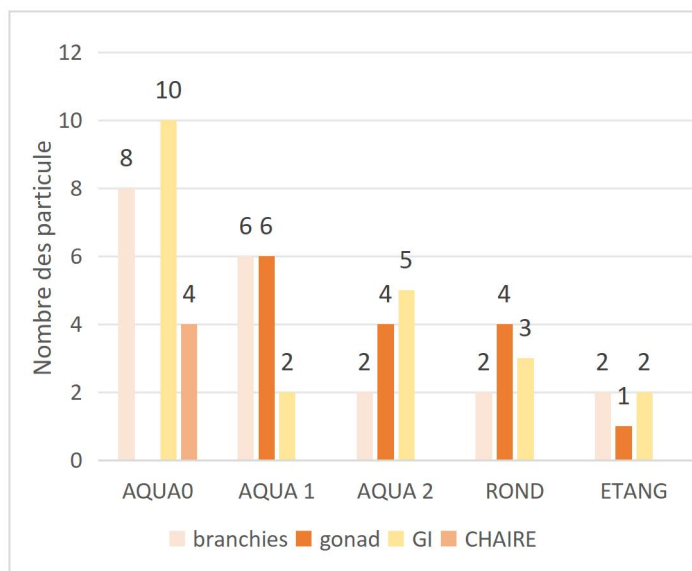


Figure 29 : Abondance des MPs dans les différents organes de tilapia

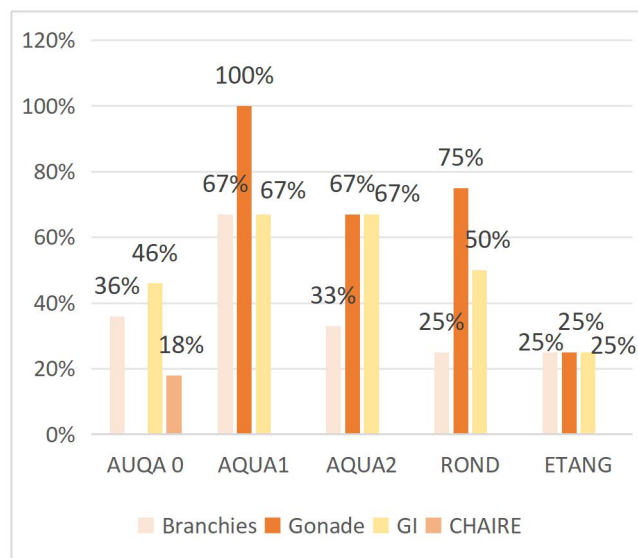


Figure 30 : Pourcentage d'individu contenant des MP

Les milieux **Aqua 0**, **Aqua 2** et **Étang** n'ont pas été artificiellement contaminés par des microplastiques, mais une présence notable de ce polluant y a tout de même été observée, suggérant une contamination environnementale. En revanche, les milieux **Aqua 1** et **Rond** ont été délibérément exposés à des microplastiques de différentes tailles, ce qui a entraîné des concentrations plus élevées de ces particules.

L'analyse des différents organes étudiés (branchies, gonades, tube digestif et chair) a révélé une présence omniprésente de microplastiques, confirmant ainsi leur transfert et leur distribution entre les organes chez les individus de tilapia.

2.2 Variation de la contamination par catégories de MP (Type et couleur)

➤ Selon le type des MP

L'histogramme suivant donne un aperçu des différents types de MP observé dans nos échantillons de Tilapia

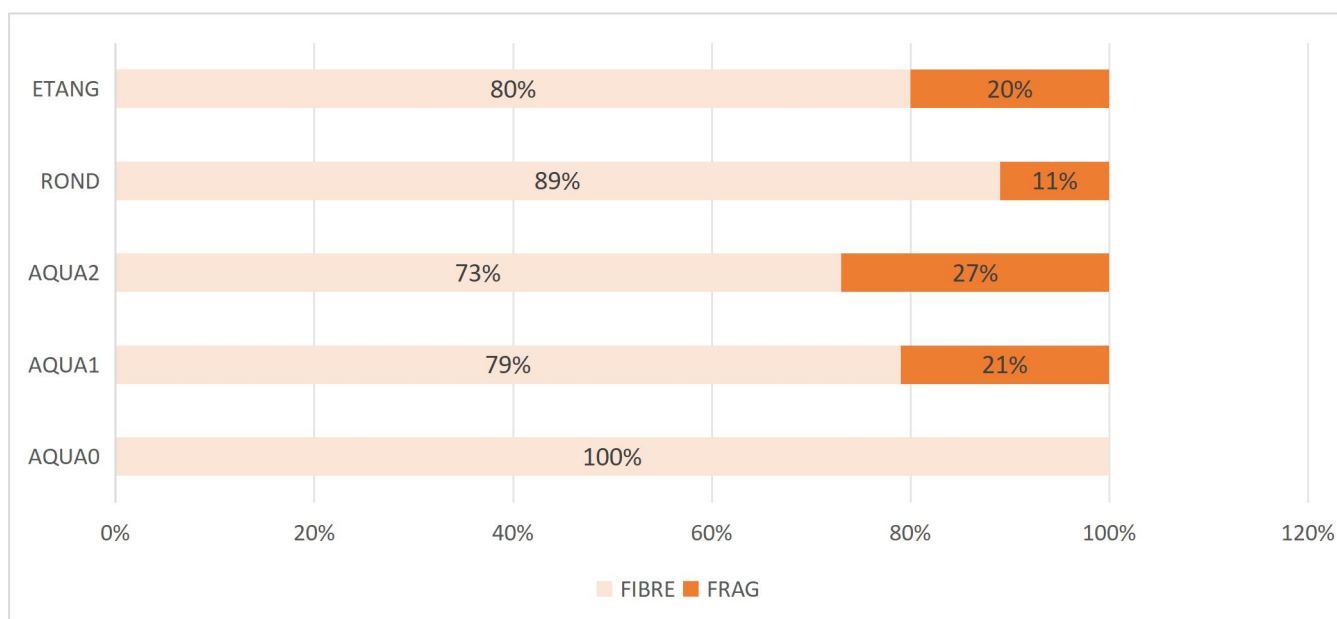


Figure 31 : Les types des MP observé chez les individus de tilapia.

Table 9: Distribution du nombre des microplastiques sous forme de fibres et fragments dans les différents milieux du Tilapia.

Milieu	Fibres	Fragments	Total des MP
AQUA 0	22	/	22
AQUA 1	11	3	14
AQUA 2	8	3	11
ROND	8	1	9
ETANG	4	1	5

Les résultats montrent la répartition des microplastiques sous deux formes principales : fibres et fragments, dans cinq environnements distincts (Étang, Rond, AQUA 2, AQUA 1, AQUA 0).

Le milieu AQUA 0 présente exclusivement des fibres, représentant 100% des microplastiques observés, ce qui suggère l'absence de fragments dans cet environnement. Cela pourrait indiquer une source de contamination principalement composée de fibres, sans contribution significative de microplastiques sous forme fragmentée.

Dans les milieux AQUA 1 et AQUA 2, une répartition mixte est observée, avec respectivement 79% et 73% de fibres, contre 21% et 27% de fragments. Cette diversité dans les formes de microplastiques pourrait indiquer une dégradation partielle des plastiques présents ou une contamination issue de plusieurs sources variées, contribuant ainsi à la présence à la fois de fibres et de fragments.

Les milieux Rond et Étang sont également dominés par les fibres, avec respectivement 89% et 80% de fibres, et 11% et 20% de fragments. La prévalence des fibres dans ces milieux pourrait être attribuée à des sources spécifiques de contamination, telles que les vêtements synthétiques ou les filets de pêche, qui libèrent principalement ce type de microplastique.

➤ **Selon la couleur des MP**

L'histogramme suivant donne un aperçu des différents couleurs de MP observé dans nos échantillons de tilapia.

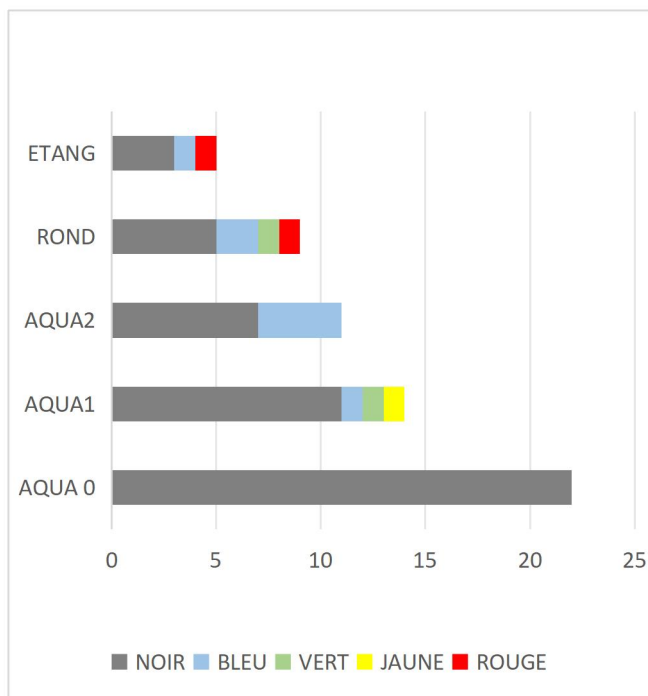


Figure 32: Abondance des couleurs des MP présentés chez Tilapia.

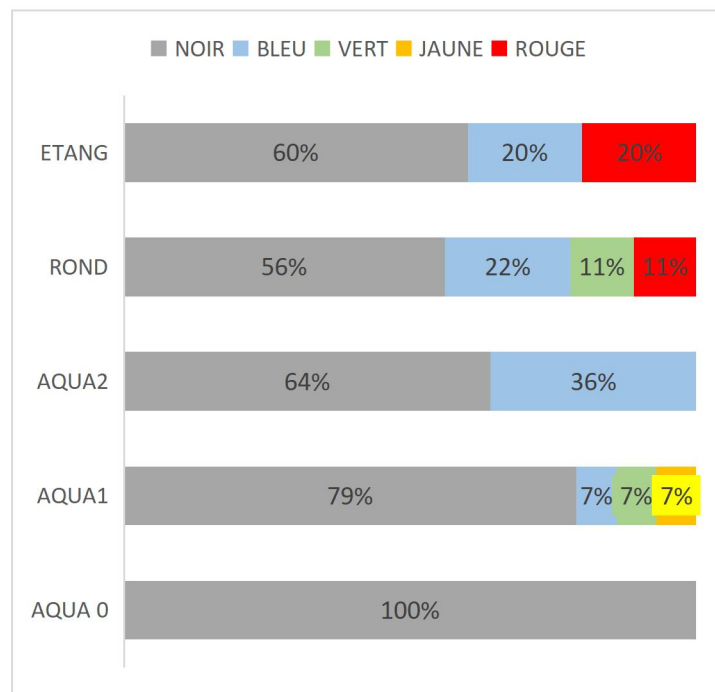


Figure 33: pourcentage des couleurs des MP observés dans chez Tilapia.

La comparaison de la distribution et des pourcentages des couleurs des microplastiques dans les différents échantillons révèle que les microplastiques noirs prédominent systématiquement dans tous les environnements étudiés. Le milieu AQUA 0 présente 100% de microplastiques noirs, tandis que AQUA 1, AQUA 2, Étang, et Rond en contiennent respectivement 79%, 64%, 60% et 56%. Cependant, la présence de particules colorées (bleues, rouges, vertes et jaunes) dans certains échantillons suggère une pollution plus diversifiée, liée à des sources multiples.

Ces résultats mettent en évidence que les fibres synthétiques constituent la principale forme de microplastiques dans les environnements étudiés, avec une prédominance plus marquée dans les zones où la pollution provient principalement des textiles. Cependant, la présence de fragments dans certains milieux, tels que AQUA 2 et Étang, indique que d'autres sources, comme les débris plastiques industriels ou les emballages, contribuent également à la contamination.

La mortalité observée chez certains poissons pourrait être liée à la présence de microplastiques dans leur habitat. De plus, l'arrêt de la nutrition des tilapias coïncide avec leur période de reproduction, ce

qui pourrait s'expliquer par la reproduction buccale de cette espèce, où les œufs sont incubés dans la bouche, modifiant ainsi le comportement alimentaire.

Les variations de couleurs des microplastiques entre les échantillons révèlent également la diversité des sources de pollution. Dans des environnements où les particules noires prédominent, comme AQUA 0 et AQUA 1, la pollution semble plus spécifique et localisée. En revanche, dans des milieux tels qu'Étang, où une plus grande diversité de couleurs est observée, la pollution semble provenir de sources multiples, probablement liées aux activités humaines locales.

Ces observations soulignent l'importance de mieux comprendre et de réduire les différentes sources de microplastiques, en particulier celles liées aux fibres textiles et aux débris plastiques, afin de protéger les écosystèmes aquatiques.

Discussion générale

Notre étude a révélé une contamination généralisée par les microplastiques (MPs) chez les espèces marines et d'eau douce. Les résultats sont particulièrement préoccupants. Cette situation n'est malheureusement pas unique : des études comme celle de Boerger et al. (2010) ont également constaté des taux élevés d'ingestion de MPs chez divers organismes marins. Il est alarmant de constater que dans notre étude, les fibres représentent la majorité des MPs retrouvés (79%). Ce constat rejoint les observations de Browne et al. (2011), qui ont également identifié les fibres comme les MPs les plus courants dans les écosystèmes marins .

Des études intérieures en mer méditerranée ont également montré une ingestion élevée de microplastiques pour autres espèces, tels que *Boops boops* (57,8%) et *Mullus barbatus* (18,8%) dans la mer des Baléares, et *M. barbatus* (33,3%) et *Trachinotus ovatus* (24,32%) dans la méditerranée central (Bellas et al., 2016)

De même, chez les *Tilapias* (*O. niloticus*), espèce d'eau douce, la contamination est tout aussi répandue, avec 100 % des poissons à l'état initial touchés. Ces résultats font écho à ceux de Santos et al. (2020), qui ont également observé une présence significative de MPs dans les poissons d'eau douce au Brésil. Ce constat montre à quel point la pollution par les MPs est un problème global, touchant divers environnements aquatiques, quelle que soit leur nature .

Les MPs retrouvés dans les différentes espèces montrent une prépondérance des fibres, qui semblent être les plus susceptibles d'être ingérées par les organismes aquatiques. Dans les milieux marins, nous avons également identifié des fragments , bien que moins fréquents. Fait intéressant, les MPs noirs dominaient (65 %), ce qui pourrait suggérer des sources communes de pollution, potentiellement liées aux déchets industriels ou aux textiles synthétiques. Remy et al. (2015) ont également observé une telle prédominance des MPs noirs, renforçant l'idée que certaines activités humaines spécifiques pourraient être en cause .

Ce qui est particulièrement inquiétant, c'est la présence significative de MPs dans les gonades des *Tilapias*. Une telle accumulation pourrait avoir des conséquences graves sur la reproduction des espèces. Gusmão et al. (2016) ont déjà soulevé ce point dans leurs recherches, en notant que des MPs dans les organes reproducteurs des poissons pourraient perturber leur capacité à se reproduire

efficacement. Cela soulève des questions cruciales sur les effets à long terme de cette pollution sur les populations de poissons et la santé des écosystèmes .

Comparaison avec d'autres études et implications écologiques

La prédominance des fibres parmi les MPs retrouvés, tant dans les milieux marins que dans l'eau douce, est un signal d'alarme. Claessens et al. (2013) ont trouvé des résultats similaires dans les sédiments côtiers, ce qui suggère que les effluents domestiques et industriels pourraient être des sources majeures de cette pollution. La forte proportion de MPs noirs que nous avons observée, similaire aux résultats de Lusher et al. (2013), pourrait être due à des déchets spécifiques tels que les fragments de pneus ou les textiles colorés .

Ces résultats soulignent un problème environnemental majeur : la pollution par les MPs est omniprésente et affecte un large éventail d'espèces aquatiques. La présence de ces particules dans les gonades des poissons est particulièrement préoccupante, car elle pourrait affecter non seulement la santé des individus, mais aussi la survie à long terme des populations.

Recommandations

Il est impératif de prendre des mesures pour réduire la pollution par les MPs, en particulier les fibres plastiques provenant des textiles et autres produits industriels. Une surveillance continue des niveaux de MPs dans les environnements aquatiques est essentielle pour comprendre l'évolution de ce problème et son impact sur la faune. En outre, des recherches supplémentaires doivent être menées pour mieux comprendre comment les MPs s'accumulent dans les tissus des organismes aquatiques et quels sont les effets à long terme sur leur santé et leur reproduction.

En somme, cette étude montre que la pollution par les MPs est un problème sérieux qui nécessite une attention immédiate. Les politiques de gestion des déchets plastiques doivent être renforcées pour protéger nos écosystèmes aquatiques et, par extension, la santé humaine. La lutte contre cette pollution est un défi global, mais elle est cruciale pour préserver la biodiversité et les ressources naturelles sur lesquelles nous comptons.

Conclusion

Conclusion

L'étude menée sur la contamination des microplastiques (MPs) dans les écosystèmes aquatiques, à la fois marins et d'eau douce, a permis d'obtenir des résultats significatifs. Ces résultats confirment la présence généralisée de microplastiques dans toutes les espèces étudiées, qu'il s'agisse de poissons marins comme la sardine, le rouget et la crevette blanche, ou du tilapia dans des environnements d'eau douce.

Les analyses ont révélé une forte présence de microplastiques dans tous les échantillons. Par exemple, les sardines et les rougets ont montré une fréquence d'occurrence de 100%, indiquant que tous les individus contiennent des MPs, particulièrement dans les branchies, les gonades, et le tube digestif. Cette omniprésence de MPs dans les tissus essentiels des poissons soulève des inquiétudes quant à leur santé à long terme et leur capacité reproductive. Chez les espèces marines, les fibres ont été identifiées comme la forme la plus courante de MPs, suivies par les fragments, ce qui reflète les sources de pollution liées aux textiles synthétiques et aux déchets plastiques industriels.

L'étude comparative entre les espèces marines et celles vivant dans des systèmes d'eau douce a révélé des différences notables dans la répartition des MPs. Chez le tilapia, une présence équilibrée de différentes couleurs de MPs a été observée, avec une proportion significative de fibres bleues et noires. Cela contraste avec les espèces marines, où les MPs noirs étaient prédominants. De plus, les microplastiques verts, spécifiquement trouvés dans le tilapia, suggèrent des sources de contamination uniques à l'environnement d'eau douce.

Les résultats de cette étude mettent en lumière l'urgence de mettre en place des mesures de réduction de la pollution plastique, notamment en ce qui concerne les fibres textiles et les fragments plastiques industriels. La surveillance continue des niveaux de microplastiques dans les environnements aquatiques est nécessaire pour évaluer leur impact écologique et sanitaire, particulièrement en ce qui concerne les organes reproducteurs, comme les gonades, où des MPs ont été fréquemment détectés.

En conclusion, cette recherche apporte une contribution significative à la compréhension de la problématique des microplastiques dans les environnements aquatiques. Elle souligne la nécessité d'une action concertée pour préserver la santé de nos écosystèmes marins et d'eau douce, tout en ouvrant la voie à des investigations plus poussées sur ce phénomène complexe et préoccupant.

Références bibliographiques

- **Andrady, A. L. (2011).** Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), p.p1596-1605.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

- Atlas du plastique. (2020). *Production mondiale de plastique*. Atlas du Plastique Report.
- **Avio, C. G., et al. (2020).** Distribution and characterization of microplastic particles and textile microfibers in Adriatic food webs: General insights for biomonitoring strategies. *Environmental Pollution*, vol 258,n° 113766.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113766>

Baalkhuyur, F. M., et al. (2018). Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. *ScienceDirect*. [En ligne] .[Consulté le 09/04/2024]. Disponible sur le site web : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18302625>

- **Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009).** Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol364(1526), p.p 1985-1998.
- **Belkessa, R., Houma, F., Ciortan, R., & Mezouar, K. (2008).** Protection works of the sea coast in Algeria. *Copdec VII, Dubai, UAE*, Paper No: S-26.
- **Benzohra, M. (1993).** Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. *Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb*, INOC, Izmir, p.p 33-46.
- **Bruzaud, S. (2015).** Étude de la biodégradation des plastiques en milieu marin. *Environmental Technology*, vol 36(4), p.p 375-384.
- **Catarino, A. I., et al. (2017).** Development and optimization of a standard method for extraction of microplastics in mussels by enzyme digestion of soft tissues. *Environmental Toxicology and Chemistry*. [En ligne] .[Consulté le 19/05/2024]. Disponible sur le site web : <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/etc.3608>
- **Charo-Karisa, H., et al. (2006).** Genetic parameters for growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after cold shock treatments. *Aquaculture Research*, 37(7), p.p 770-778.
- **Cherif, M., & Djoumakh, K. (2015).** The introduction of Tilapia fish farming in Algeria: Current status and future perspectives. *Aquaculture in Algeria Report*.
- **Chowdhury, G. (2011).** Tilapia fish farming: Impact on the environment. *Aquaculture Research*, 42(5), p.p 691-698.
- **Cózar, A., et al. (2015).** Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE*. [En ligne].[Consulté le 13/04/2024]. Disponible sur le site web :<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0121762>
- **Daudpota, A. M., Jamali, A. A., & Channa, M. A. (2014).** Studies on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Research and Development*, vol 5(3), p.p 1-6.
- **de Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., & Futter, M. N. (2018).** Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we

focus our efforts in the future? *Science of The Total Environment*, vol 645, p.p 1029-1039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>

- **Digka, N., et al. (2018)**. Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *ScienceDirect*. [En ligne] .[Consulté le 09/04/2024]. Disponible sur le site web : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X18304685>
- **Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., ... & Reisser, J. (2013)**. Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS ONE*, 8(12), e82467.
- **Felline, S., et al. (2022)**. PSNtools for standalone and web-based structure network analyses of conformational ensembles. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, p.p 640-649. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.12.044>
- **Fossi, M. C., et al. (2018)**. Bioindicators for monitoring marine litter ingestion and its impacts on Mediterranean biodiversity. *Environmental Pollution*. [En ligne] .[Consulté le 05/03/2024]. Disponible sur le site web : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117330026>
- **Galloway, T. S., & Lewis, C. N. (2017)**. Marine microplastics spell big problems for future generations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), p.p 10359-10361.
- **Galgani, F., Hanke, G., & Maes, T. (2020)**. Global distribution, composition and abundance of marine litter. *Environmental Research*, vol 182, n°109011.
- **Galgani, F., et al. (2013)**. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES Journal of Marine Science*. [En ligne] .[Consulté le 05/03/2024]. Disponible sur le site web : <https://academic.oup.com/icesjms/article/70/6/1055/639375>
- **Galgani, F., et al. (2014)**. Monitoring the impact of litter in large vertebrates in the Mediterranean Sea within the European Marine Strategy Framework Directive (MSFD): Constraints, specificities and recommendations. *Marine Environmental Research*, vol 100, p.p 3-9. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.003>
- **GESAMP. (2015)**. *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment*. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
- **Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017)**. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- **Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012)**. Microplastics in the Marine Environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), p.p 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- **Interpol. (2018)**. International enforcement efforts to combat marine plastic pollution. *Interpol Report*.
- **Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015)**. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), p.p 768-771.
- **Leclaire, L. (1972)**. *La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares*. *Precontinent Algérien*, 391.

- **Millot, C. (1989).** La circulation générale en Méditerranée occidentale: Aperçu de nos connaissances et projets d'études. *JSTOR*. [En ligne] .[Consulté le 09/04/2024]. Disponible sur le site web : <https://www.jstor.org/stable/23452851>
- **Morin, B., Cachot, J., Chassaigne-Viscaino, L., Clérandeau, C., Combes, Y., Dassié, E., Dusacre, E., Lecomte, S., Jalón-Rojas, I., Lefebvre, C., Le, F., Rampazzo, G., & Villette, S. (s. d.).** Etude de la contamination par les microplastiques de l'écosystème et des produits de la mer dans le Bassin d'Arcachon. *Première étude du risque sanitaire Projet ARPLASTIC*.
- **Pillay, T. V. R. (1990).** *Aquaculture: Principles and Practices*. Blackwell Publishing.
- **Rochman, C. M., Browne, M. A., Underwood, A. J., van Franeker, J. A., Thompson, R. C., & Amaral-Zettler, L. A. (2013).** Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494(7436),p.p 169-171.
- **Rochman,C.M.,et al.(2015).** *Marine Anthropogenic Litter*. [En ligne] .[Consulté le 16/05/2024]. Disponible sur le site web :https://www.researchgate.net/publication/277584833_Marine_Anthropogenic_Litter
- **Salons Plast Alger & Print Pack Alger. (2018).** *Plastics and print markets in Algeria*. Algerian Plastic and Print Pack Report.
- **Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018).** Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, vol 5(3),p.p 375-386.
- **Sussarellu, R., Suquet, M., et al (2016).** Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(9), p.p 2430-2435.
- **Teuten, E. L., et al. (2009).** Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2008.0284>
- **Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009).** Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1526), p.p 2153-2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- **Torre, A., et al. (2016).** Les conflits d'usage et de voisinage de l'espace. *Cairn.info*. [En ligne] .[Consulté le 09/04/2024]. Disponible sur le site web :<https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2016-4-page-8.htm>
- **Veerasingam, S., Saha, M.,et al (2016).** Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India. *Chemosphere*,vol 159,p.p 496-505. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.056>

Annexes

Tableau1 : composition chimique des plastiques (Hidalgo-Ruz et al., 2012)

Type de polymère	Abréviation	Densité (g.cm-3)
Polyéthylène	PE	0,917–0,965
Polypropylène	PP	0,9–0,91
Polychlorure de vinyle	PVC	1,16–1,58
Polytéréphtalates d'éthylène	PET	1,37–1,45
Polystyrène	PS	1,04–1,1
Polyuréthane	PUR	1,2
Polycarbonate	PC	1.01-1.08
Polyméthylpentène	PMP	0.9-1.2
polytétrafluoroéthylène	PTFE	1.1-1.2
Polysulfure de phénylène	PPS	0.8-0.92
Polyisoprène	NR	1.2-1.85
Polybutadiène	BR	1.20-1.32
Acrylonitrile butadiène styrène	ABS	0.8-1.04
Styrène butadiène	SRB	1.0-1.2
Polyhydroxycarboate	PHA	1.04-1.51
Polyméthyl méthacrylate	PMMA	1.17-1.20
Alkyde	AKD	1.24-0.10
Polyoxyméthylène crylique	POM	1.41-1.61
	PAN	1.09-1.20

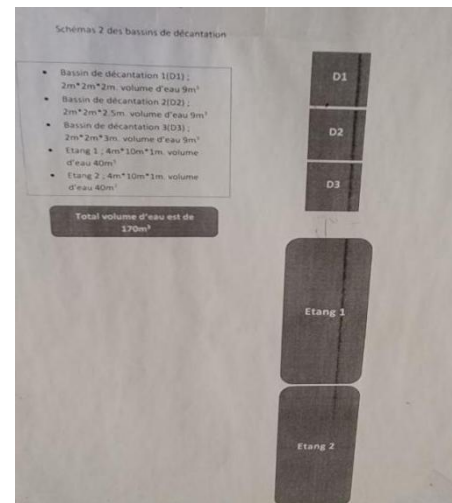
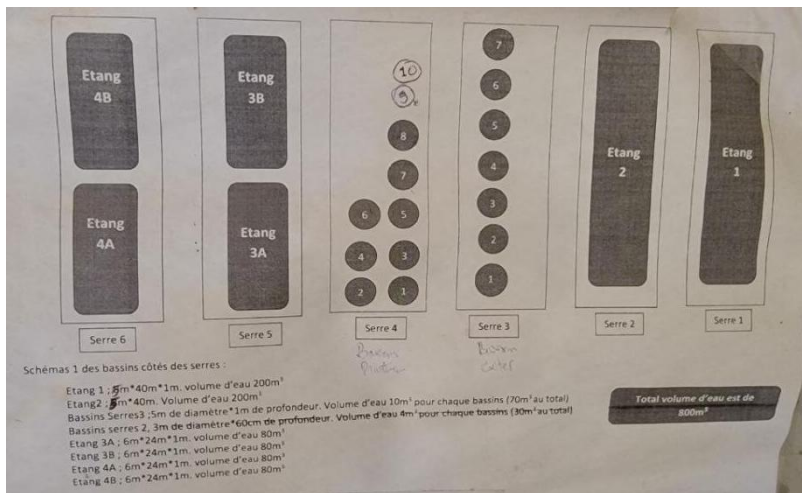


Figure 1 : Schéma représentatives de services aqua de la pépinière

Annexe 2 : la taille et le poids des especes de l'eau de mer

SARDINE	LT(cm)	LsT(cm)	WT(g)	WF(g)	W gonad(g)	Wes(g)	Wbranchi e(g)	Wev(g)
1	11.5	10	10.28	0.027	0.1	0.47	0.38	8.48
2	14.5	12.5	23	0.06	1.35	1.1	0.79	18.38
3	11.5	9.5	13.5	0.05	0.16	0.28	0.39	10.22
4	12	10.5	13.8	0.03	0.47	0.79	0.42	11.29
5	12.5	11	15.2	0.047	0.48	0.72	0.51	12.20
6	11.5	9.70	12.3	0.047	0.1	0.45	0.43	9.82
7	11.5	10	10.8	0.02	/	0.52	0.32	8.1
8	12	10.5	15.6	0.04	0.39	1.1	0.44	10.73
9	11	9.5	8.95	0.032	0.13	0.59	0.38	8.17
10	12	10.5	11.72	0.04	0.27	0.7	0.42	9.75
ROUGET	LT(cm)	LsT(cm)	WT(g)	WF(g)	W gonad(g)	Wes(g)	Wbranchi e(g)	Wev(g)
1	11.5	10	10.28	0.027	0.1	0.47	0.38	8.48
2	14.5	12.5	23	0.06	1.35	1.1	0.79	18.38
3	11.5	9.5	13.5	0.05	0.16	0.28	0.39	10.22
4	12	10.5	13.8	0.03	0.47	0.79	0.42	11.29
5	12.5	11	15.2	0.047	0.48	0.72	0.51	12.20
6	15	12.2	39.74	0.032	1.453	1.002	1.347	34.5
7	14.5	12.5	39.684	0.268	1.61	1.139	1.05	34.547
8	12	10.5	15.6	0.221	0.57	1.546	1.022	10.73
9	12.5	10.5	25.357	0.195	0.666	0.974	0.861	21.835
10	12.5	10.2	23.513	0.062	0.246	0.7	0.712	20.646

crevet blanch	LT	LC	LA	LR	Lt	LU	HC	WT	WC	Sex	Maturité
1	11,5	4,2	7,3	2	1	2,2	1	5,6	3,43	F	imature
2	11,5	4	7,5	2	1	2	1	3,7	1,8	F	imature
3	14	5,2	8,8	3,5	1,4	2,3	1,8	8,8	5,02	F	mature
4	12,5	4,5	8	2,8	1,4	2,2	1,7	4,07	3,4	F	imature
5	12,2	4,5	4,7	2,6	1,4	2	1,7	6,8	3,69	F	imature
6	12,5	4,5	8	2,6	1,4	2,2	1,7	7,2	4,75	F	imature
7	12,7	5	7,7	2,9	1,5	2,1	1,3	4,88	2,82	F	imature
8	12	4,4	7,6		1,5	2	1,4	5,4	3,36	F	mature
9	12,2	4,5	7,7	2,3	1,3	2,1	1	3,5	2,14	F	imature
10	12,5	4,7	7,8	2,5	1,3	2,1	1	6,05	3	M	imature

Prélèvement (sardine)

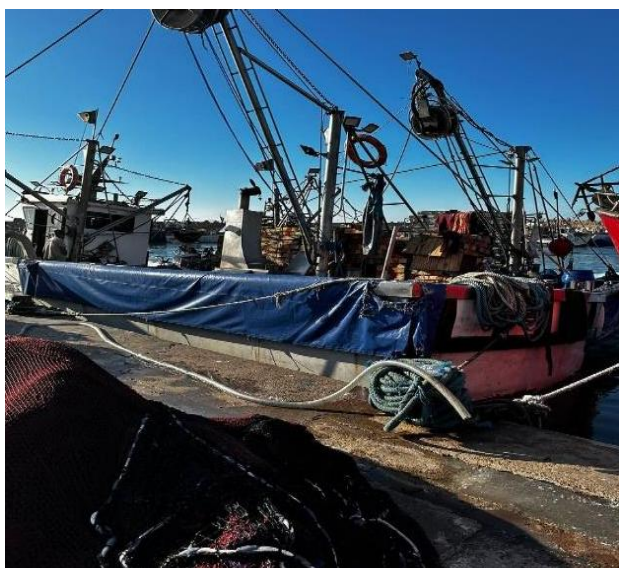


Figure 2 : sardinier (L=14m)

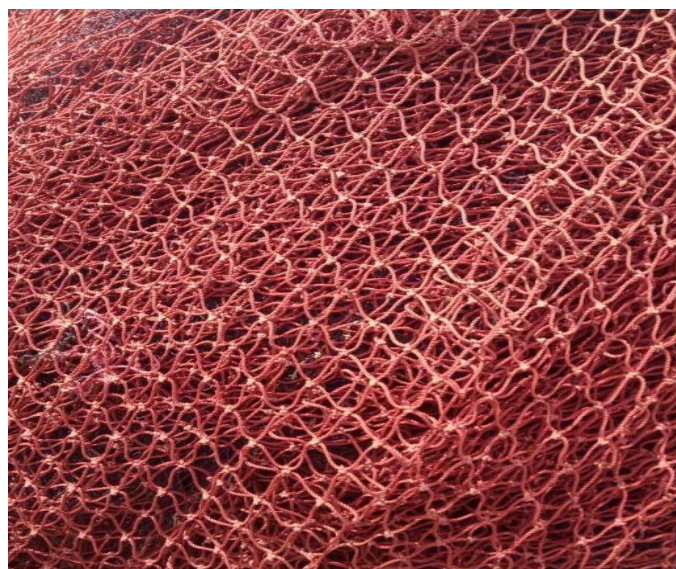


Figure 3 : les maille de filet(L=350 a 450m ,
prof=30 a 60m ;maille =9mm)



Figure 4: les captures de la sardine

Rouget de vase

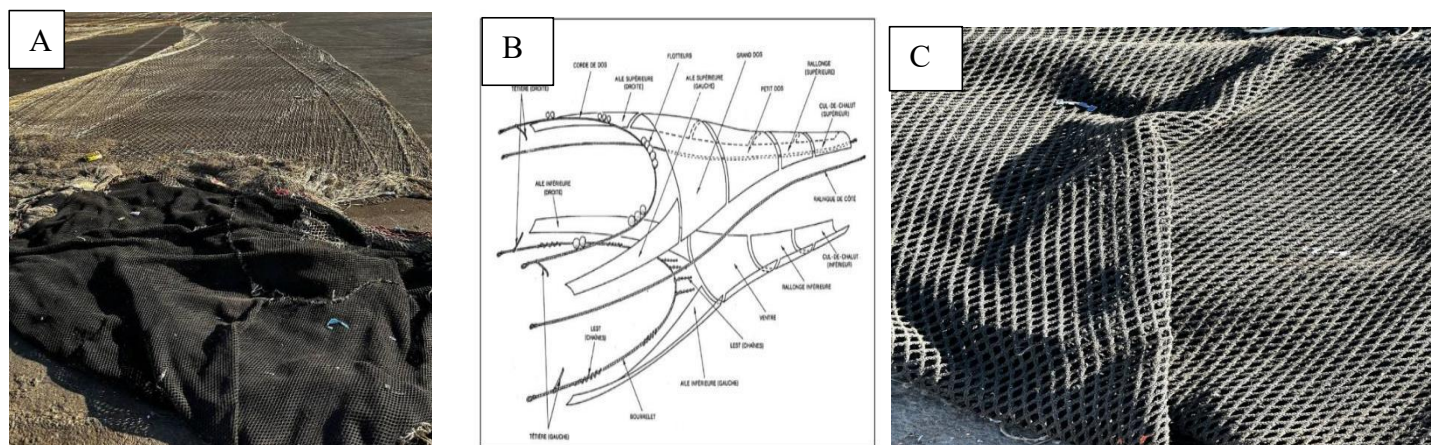


FIGURE 5: A filet a corde (L=125m); B pièce de filet; C la poche de chalut (maille =22mm)

Crevette blanche

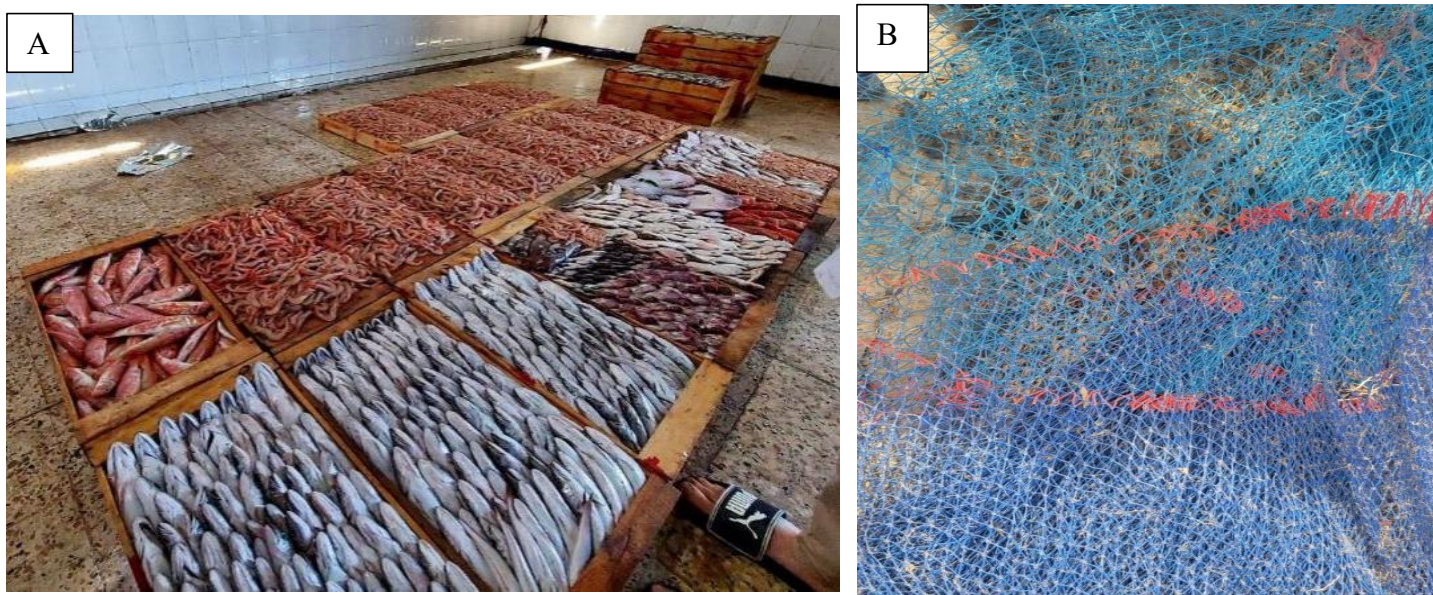


Figure 6: A capture de rouget et crevette ; B nature(plastique) et maillage de filet (10 a 20mm)

Remarque : Il convient de noter que, grâce à sa conception polyvalente et à la finesse de ses mailles, le chalut utilisé pour la crevette blanche présente l'avantage significatif de pouvoir capturer efficacement non seulement les crevettes mais également les rougets, comme observé lors de notre campagne d'échantillonnage ,plus utilisées en Algérie tandis que le chalut spécifique au rouget, en raison de ses mailles plus larges, se limite principalement à la capture de cette espèce et d'autres poissons démersaux de taille similaire.

I. Présentation du Projet

1. L'idée du projet :

Aquanutri propose une gamme innovante de produits nutritionnels pour l'aquaculture. Notre entreprise est une SARL (Société à Responsabilité Limitée) avec le code du registre de commerce 611016

La production se concentre sur la fabrication de farine de poisson de haute qualité à partir de tilapia, visant à optimiser la croissance des poissons tout en réduisant les coûts de production pour les exploitants aquacoles. L'entreprise se positionne comme un acteur clé sur le marché algérien avec l'objectif d'atteindre 5 % de part de marché en trois ans.

2. Valeurs Ajoutées

- ✓ **Qualité Supérieure** : Farine de poisson premium, riche en protéines et en acides aminés essentiels, adaptée aux besoins des espèces de poissons élevées en Algérie.
- ✓ **Durabilité** : Approvisionnement local en tilapia, limitant la dépendance aux importations et réduisant l'empreinte carbone.
- ✓ **Réduction des Coûts** : Optimisation des processus de production, réduisant les coûts pour les fermes aquacoles.
- ✓ **Solutions sur Mesure** : Produits adaptés aux différents types d'élevage (eau douce, eau salée), offrant des solutions nutritionnelles spécialisées.

3. Equipe de Travail

- ✓ **Aitouaret Lynda - khalfi Islam - Megari soraya - Mobarek Abederrahman: Responsables de Production**
 - **Compétences** : Nous avons toutes les quatre suivi une formation en aquaculture et possédons une connaissance approfondie du processus de production ainsi que de la gestion des opérations quotidiennes. De plus, nous avons effectué des stages en contrôle de qualité des eaux et aliments.
 - **Responsabilités** : Notre rôle est de diriger et de coordonner toutes les étapes du processus de production, de la préparation des matières premières à l'emballage final des produits.
- ✓ **Techniciens de Production** : 2 techniciens partiels responsables de la manipulation des machines de production et du contrôle de la qualité.
- **Compétences** : Maîtrise des processus de transformation et de maintenance des équipements.
- **Responsabilités** : Apprendre le fonctionnement des machines de production, effectuer les réglages nécessaires, assurer leur bon fonctionnement et effectuer les réparations si nécessaire pendant la période de démarrage de l'entreprise.

Modes de Communication et de Collaboration au sein notre équipe de Production :

- Communication ouverte et transparente à tous les niveaux de l'équipe.
- Collaboration étroite entre les responsables de production et le technicien de production.
- Organisation de réunions régulières pour discuter des progrès, des défis et des mesures correctives.
- Soutien et guidance des responsables envers le technicien de production tout au long de la période de démarrage de l'entreprise.

4. L'objectif du projet

Aquanutri vise à révolutionner la nutrition dans l'aquaculture algérienne en proposant des produits alimentaires de haute qualité.

Notre feuille de route se décline en trois phases clés :

- **Court terme (1-2 ans) :**

Lancement de la gamme de produits sur le marché local avec une capacité de production de 100 tonnes par an

Finalisation des phases de recherche et développement, afin d'optimiser nos procédés et de garantir la qualité irréprochable de nos produits.

Mise en place d'une production de haute qualité, pour répondre à la demande croissante et assurer une chaîne d'approvisionnement fiable.

Atteinte d'une part de marché de 5%, en établissant une présence solide sur le marché local et en gagnant la confiance de nos clients.

- **Moyen terme (3-5 ans) :**

Expansion vers d'autres régions d'Algérie et renforcer notre expertise.

augmentation de la capacité de production à 200 tonnes/an et partenariats avec des distributeurs régionaux.

Exploration des marchés du Maghreb, pour asseoir notre position de leader régional et proposer nos solutions innovantes à un public plus large.

Atteinte d'une part de marché de 15 à 20%, en consolidant notre présence sur les marchés existants et en conquérant de nouveaux territoires.

- **Long terme (5-10 ans) :**

Innovation continue pour proposer des solutions toujours plus performantes, en investissant dans la recherche et le développement pour répondre aux besoins évolutifs de nos clients.

Extension des ventes à l'international, pour partager notre expertise et nos solutions innovantes avec le monde entier.

atteinte de 20 % de part de marché et diversification des produits.

II. Aspects Innovants

1. Nature des innovations adoptées par Aquanutri :

➤ **Incertitude du Marché :**

Répondre à une demande croissante pour des sources alternatives de protéines durables, dans un marché alimentaire en quête de solutions innovantes et respectueuses de l'environnement.

- Innovation du Marché : Introduction de nouveaux produits alimentaires à base de tilapia enrichi, une alternative novatrice aux protéines animales conventionnelles, offrant des bénéfices nutritionnels supplémentaires grâce à des méthodes de culture spécifiques.

➤ **Innovation Technologique :**

Développement de technologies avancées pour améliorer l'élevage du tilapia, incluant des techniques de nutrition et de gestion de l'eau optimisées pour maximiser la qualité des produits finaux.

➤ **Incertitude Technologique :**

Défis liés à la mise en œuvre de nouvelles techniques d'élevage et d'enrichissement pour garantir une qualité constante et des performances nutritionnelles optimales du tilapia.

2. Domaines d'innovation d'Aquanutri :

Aquanutri se distingue par son approche innovante dans l'utilisation du tilapia comme source de protéines enrichies. Notre mission est de révolutionner le marché des protéines en offrant des solutions alimentaires durables et nutritives. Voici les principaux domaines d'innovation :

➤ **Nouveaux Processus :**

Mise en place de méthodes avancées pour l'élevage du tilapia, intégrant des pratiques durables et des formulations alimentaires optimisées pour améliorer la qualité des protéines et des nutriments dans les produits.

➤ **Nouvelles Fonctionnalités :**

Développement de produits alimentaires enrichis en nutriments spécifiques dérivés du tilapia, tels que des protéines de haute qualité et des acides gras essentiels, visant à répondre aux besoins nutritionnels diversifiés des consommateurs.

➤ **Nouveaux Clients :**

Expansion vers divers segments de marché, y compris les consommateurs soucieux de leur santé, les athlètes, et les producteurs alimentaires à la recherche de sources de protéines durables et innovantes.

➤ **Nouvelles Offres :**

Introduction d'une gamme de produits à base de tilapia enrichi, tels que des filets, des pâtes alimentaires, et des suppléments nutritionnels, offrant une alternative nutritive et écologique aux sources de protéines traditionnelles.

➤ **Nouveaux Modèles :**

Adoption d'un modèle d'affaires axé sur la durabilité et l'efficacité, avec une approche centrée sur l'innovation continue et la satisfaction des besoins croissants pour des protéines alimentaires durables et de haute qualité.

III. Analyse stratégique du marché

1 Segment du marché :

Aquanutri cible les fermes aquacoles algériennes, les fabricants d'aliments pour animaux, et les producteurs de nourriture pour animaux de compagnie. Les principaux clients incluent les fermes d'élevage de poissons d'eau douce et salée, qui ont des besoins spécifiques en alimentation protéinée. Les fermes d'aquaculture, cherchant à améliorer la qualité et la durabilité de leur production, sont particulièrement intéressées par des solutions alimentaires innovantes et adaptées aux besoins spécifiques des poissons.

2 Mesure de l'intensité de la concurrence :

Les principaux concurrents d'Aquanutri sont les producteurs locaux tels qu'AquaFeed Algérie et FishNutri, qui dominent actuellement le marché. Ces entreprises proposent des options limitées en termes de durabilité et de qualité. La concurrence se caractérise par une présence dominante d'acteurs établis, mais avec une opportunité notable pour Aquanutri de se démarquer en offrant des produits locaux axés sur la durabilité et une qualité supérieure, répondant ainsi à une demande croissante pour des solutions innovantes et respectueuses de l'environnement dans l'industrie de l'aquaculture.

3 La stratégie marketing d'Aquanutri

Pour Aquanutri, spécialisée dans la fourniture d'aliments protéinés pour les fermes aquacoles et les producteurs de nourriture pour animaux de compagnie, notre stratégie marketing repose sur plusieurs axes clés.

➤ 1. Optimisation des Coûts et Fixation des Prix

Nous visons à maintenir des prix compétitifs en maîtrisant rigoureusement nos coûts de production. En adoptant des technologies de pointe et des processus opérationnels efficaces, nous optimisons notre chaîne de production sans engager des dépenses excessives. Cette approche nous permet de proposer des produits de haute qualité à des prix attractifs, tout en assurant une rentabilité durable.

➤ 2. Canaux de Consultation et Visites Personnalisées

Nous organisons des rendez-vous personnalisés avec nos clients, notamment les fermes aquacoles et les fabricants d'aliments pour animaux, pour comprendre leurs besoins spécifiques et leur présenter nos produits en détail. Ces visites nous permettent de démontrer les avantages de nos solutions alimentaires adaptées à leurs exigences. Nous offrons également des consultations individuelles pour élaborer des solutions sur mesure et répondre précisément aux attentes de nos clients.

➤ 3. Présence en Ligne et Communication Digitale

Nous avons développé une présence active sur LinkedIn, où nous partageons des mises à jour sur nos produits, des articles pertinents sur l'industrie de l'aquaculture, et des annonces concernant les événements à venir. Cette plateforme nous aide à rester connectés avec nos clients actuels et potentiels, tout en renforçant notre crédibilité et notre visibilité en ligne.

➤ 4. Réponse aux Appels d'Offres

Nous surveillons attentivement les appels d'offres dans le secteur de l'aquaculture et des aliments pour animaux, et nous y répondons de manière proactive. Nous nous engageons à

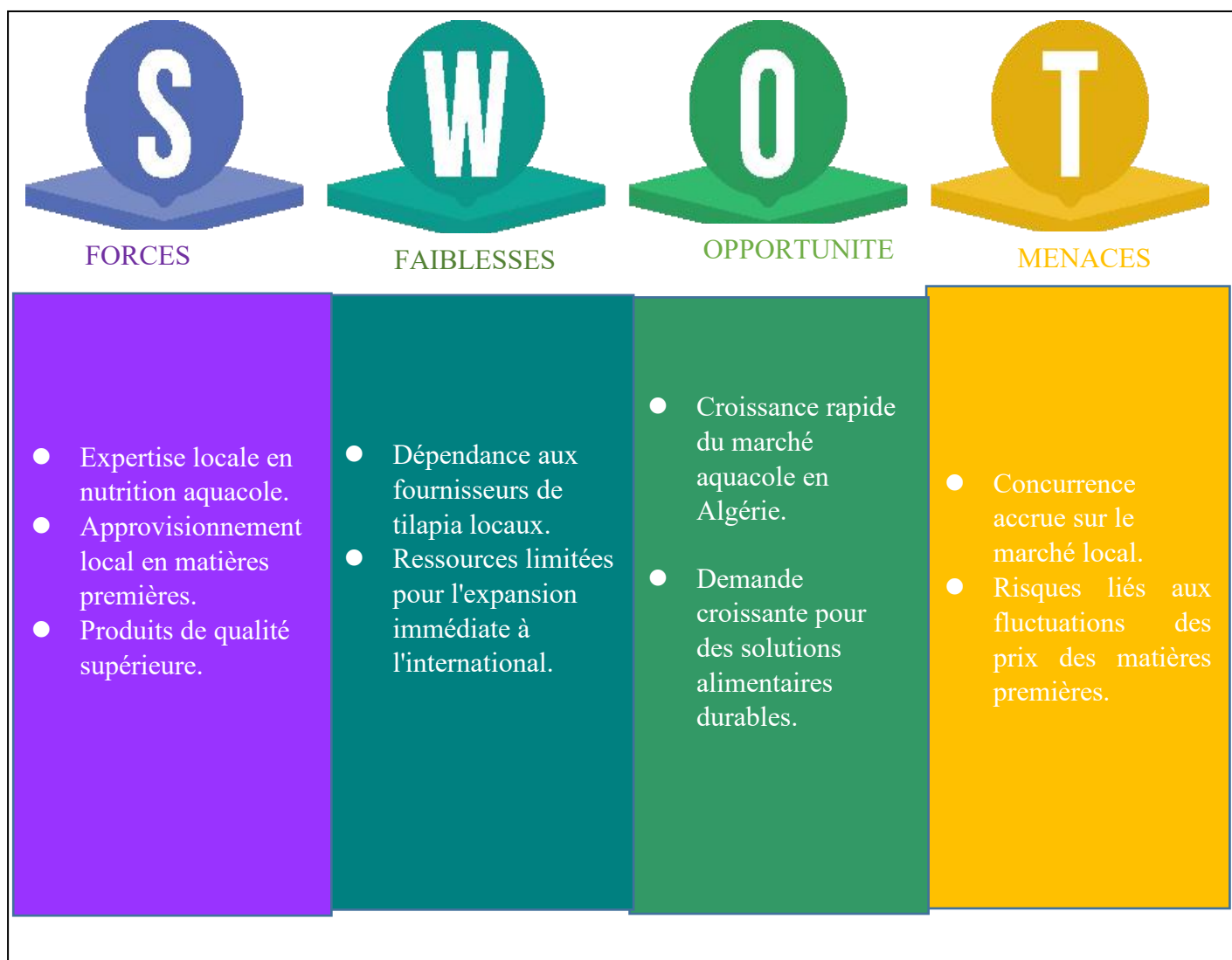
fournir des propositions détaillées et adaptées aux exigences spécifiques de chaque appel d'offre, afin de maximiser nos chances de remporter de nouveaux contrats et de pénétrer de nouveaux marchés.

➤ 5. Collaborations Stratégiques et Partenariats

Nous explorons activement les opportunités de collaboration avec d'autres entreprises du secteur de l'aquaculture et de l'alimentation animale. Ces collaborations peuvent inclure des partenariats de distribution, des projets de recherche conjoints, ou des initiatives de marketing croisé. En formant des alliances stratégiques, nous créons des synergies bénéfiques qui renforcent notre position sur le marché et élargissent notre réseau de distribution.

Cette stratégie globale vise à positionner Aquanutri comme un acteur clé du marché de l'alimentation aquacole en offrant des solutions de qualité, en établissant des relations solides avec nos clients, et en exploitant les opportunités de collaboration pour une croissance mutuelle.

4 Analyse SWOT :



IV. Plan de production et d'organisation

1. Le Processus de Production

a) Élevage des Tilapias :

- **Aquaculture en Bassins** : Nous élevons les tilapias dans des bassins contrôlés, où nous surveillons et ajustons les conditions de l'eau (température, pH, salinité) pour assurer une croissance optimale et une bonne santé des poissons.

- **Alimentation** : Les tilapias sont nourris avec des aliments spécialement formulés pour maximiser leur croissance et leur valeur nutritive, garantissant ainsi que la farine de poisson produite est de haute qualité.

b) Récolte :

Récolte des Tilapias : Les tilapias sont récoltés à maturité en utilisant des méthodes qui minimisent le stress pour les poissons et assurent leur qualité.

c) Traitement et Transformation :

- **Éviscération et Nettoyage** : Les tilapias sont immédiatement éviscérés, nettoyés et préparés pour le traitement.

- **Cuisson** : Les tilapias sont cuits dans des autoclaves pour tuer les agents pathogènes et faciliter le processus de déshydratation.

- **Élimination des Écailles et Os** : Après cuisson, les écailles et les os sont séparés de la chair.

- **Broyage** : La chair de poisson est ensuite broyée pour obtenir une pâte homogène.

d) Séchage et Transformation en Farine :

- **Séchage** : La pâte de poisson est séchée dans des séchoirs industriels jusqu'à ce qu'elle atteigne une faible teneur en humidité.

- **Mouture** : Le poisson séché est moulu pour obtenir une farine fine et homogène.

- **Conditionnement** : La farine de poisson est conditionnée dans des sacs ou des contenants appropriés pour garantir sa fraîcheur et sa qualité pendant le stockage et le transport.

2. L'Approvisionnement

a) Déterminer la Politique d'Achat :

➤ **Matières Premières :**

- Juveniles de Tilapia :S'approvisionner en jeunes tilapias de qualité auprès de fournisseurs réputés pour garantir une base solide pour la production.

- Aliments pour Poissons :Acheter des aliments spécialisés auprès de fournisseurs certifiés pour optimiser la croissance des tilapias et la qualité de la farine.

➤ **Matériaux et Fournitures :**

- Équipements de Pisciculture :Inclure des filtres, pompes, systèmes de chauffage, et autres équipements nécessaires.

- Produits de Nettoyage :Fournir des produits de nettoyage et désinfectants pour maintenir des conditions hygiéniques optimales dans les bassins et les installations de traitement.

b) Équipements :

➤ **Équipements de Pisciculture**

- Systèmes de Filtration et de Chauffage : Pour maintenir des conditions optimales dans les bassins.

- Pompes :Pour l'aération et la circulation de l'eau.

➤ **Équipements de Transformation :**

- Autoclaves :Pour la cuisson des tilapias.

- Séchoirs Industriels :Pour le séchage de la pâte de poisson.

- Moulins à Poisson : Pour broyer le poisson séché en farine.

➤ **Équipements de Conditionnement :**

- Machines de Remplissage :Pour remplir les sacs ou contenants avec la farine de poisson.

- Scelleuses : Pour sécuriser les sacs ou contenants.

- Étiqueteuses :Pour apposer des étiquettes informatives sur les produits finis.

➤ **Informatique et Logiciels :**

- Systèmes de Gestion des Stocks :Pour suivre les niveaux de stock et les besoins en matières premières.

- Logiciels de Gestion de Production : Pour planifier et suivre les étapes de production.

c) Les Fournisseurs Principaux :

- Juveniles de Tilapia :Fournis par Aquafarm Solutions, spécialisés dans les juvéniles de haute qualité.
- Aliments pour Poissons :Fournis par NutriFish Feed, réputée pour ses formulations nutritionnelles.
- Équipements de Pisciculture : Fournis par AquaTech, spécialiste en systèmes de filtration et de chauffage.
- Équipements de Transformation :Fournis par FishPro Machinery, spécialisés en équipements de transformation du poisson.
- Produits de Conditionnement : Fournis par PackAqua, expert en solutions d’emballage pour produits aquacoles.

d) Politique de Paiement :

- Modalités de Paiement Acceptées :Virement bancaire, chèque, ou espèces.
- Délais de Paiement : Factures réglées dans un délai de 30 jours après réception des produits, sauf accord préalable avec le fournisseur.
- Remises pour Paiements Anticipés :Négocier des remises pour paiements anticipés lorsque possible.
- Suivi des Paiements :Maintenir un registre précis des paiements pour chaque fournisseur pour assurer le respect des conditions.
- Évaluation Régulière :Revoir périodiquement la politique de paiement pour s’assurer de son alignement avec les besoins financiers de l’entreprise.

3. Main-d'œuvre

➤ Nombre de Postes :

- Technicien en Aquaculture : Un poste pour superviser l’élevage des tilapias et maintenir les équipements de pisciculture.
- Technicien de Transformation : Un poste pour gérer le traitement et la transformation des tilapias en farine de poisson.

- Chauffeur :Un poste pour assurer la livraison des produits finis.

➤ **Nature et Type de Main-d'œuvre Nécessaire :**

- Technicien en Aquaculture :Doit avoir une formation en aquaculture, biologie marine, ou domaine connexe, avec expérience en gestion de bassins et entretien d'équipements.

- Technicien de Transformation :Doit avoir une expérience en transformation alimentaire et en gestion des processus de production.

- Chauffeur :Doit posséder un permis de conduire approprié et être compétent pour le transport de produits alimentaires.

- Emplacement de la Main-d'œuvre :La main-d'œuvre sera basée dans les installations de pisciculture et de transformation de l'entreprise.

Si le besoin se présente à l'avenir, il peut être envisagé d'embaucher du personnel supplémentaire pour des tâches de manutention ou de maintenance générale, en fonction de la croissance et des besoins de l'entreprise.

Ce plan assure une gestion efficace de la production de farine de poisson chez AquaNutri, optimisant les ressources et garantissant une haute qualité de produit pour les exploitants aquacoles tout en réduisant les coûts de production.



V. Le plan Financier

Coûts et charges :

- **Équipements (avec amortissement pour les machines) :**

Matériel	Prix (DA)
Bioréacteur	100 848,75
Autoclave	129 900
Microscope	12 646
Milieus de culture	768 444,4
Centrifugeuse	35 1258
Totale	1 363 097,15

- **Les charges fixes et les charges variable :**

Charge Fixe	Prix (DA)	Charge variable	Prix (DA)
Equipement	1 439 790,79	salaire	35 000
Notaire	15 000	Energie	221 312
Local +impôts	760 000	Emballage	50 000
Aménagement	2 143 499,79	transport	28 724
		Marketing	100 000
TOTALE F	2 293 499,79	TOTALE V	435 036
Le cout total du projet		2 728 535,79 DA	

Revenus prévisionnels :

- Les ventes de farine de poisson devraient atteindre 1 720 tonnes/an avec un prix de vente de **150 000 DZD/tonne**.

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	totale
Quantité	80	90	100	110	120	140	150	160	170	200	200	200	1720
Revenues	147060,8	165443,4	183826	202208,6	220591,2	257356,4	275739	294121,6	312504,2	367652	367652	367652	3161807,2
dépenses	126908,6	142772,2	158635,8	174499,4	190363	222090,1	237953,7	253817,3	269680,86	317271,6035	317271,6035	317271,6035	2728535,79

VI. Le prototype expérimental

Le projet de production de farine de poisson s'appuie sur des équipements modernes et un processus rigoureux de contrôle de qualité pour garantir la fiabilité et la durabilité du produit fini.

➤ Préparation du Matière Première

Réception et Inspection des Poissons : Réception des tilapias et inspection pour s'assurer qu'ils répondent aux critères de qualité et de fraîcheur.

Nettoyage et Découpe : Nettoyage des poissons, découpe des têtes, des arêtes et des viscères pour obtenir les parties les plus appropriées pour la fabrication de la farine.

➤ Préparation de la Masse de Poisson

Broyage : Broyage des morceaux de tilapia pour obtenir une pâte homogène.

Cuisson : Cuisson de la pâte de poisson à une température contrôlée pour améliorer la digestibilité et la préservation des nutriments.

➤ Séparation du Solide et du Liquide

Pressage : Utilisation de presses industrielles pour séparer le liquide (huile de poisson) des solides (pâte de poisson).

Centrifugation : Séparation supplémentaire des composants à l'aide de centrifugeuses pour obtenir une pâte de poisson plus concentrée.

➤ Sécheresse de la Pâte

Séchage : Séchage de la pâte de poisson à l'aide de séchoirs industriels pour réduire l'humidité et prévenir la croissance microbienne. Cela peut inclure des séchoirs à air chaud²²des séchoirs à tambour.

➤ Broyage et Affinage

Broyage Final : Broyage de la pâte séchée en une poudre fine, adaptée à la granulométrie souhaitée pour la farine de poisson.

Tamisage : Tamisages de la farine obtenue pour éliminer les morceaux non homogènes et obtenir une granulométrie uniforme.

➤ Mise en Flacons

Conditionnement : Remplissage de la farine de poisson dans des sacs ou flacons appropriés, avec des équipements de remplissage automatisés.

Scellage : Scellage des sacs ou flacons pour garantir la protection contre l'humidité et la contamination.

➤ Emballage

Étiquetage : Étiquetage des sacs ou flacons avec les informations nécessaires, telles que la date de fabrication, le numéro de lot, et les instructions de stockage.

Conditionnement : Mise en cartons des produits étiquetés pour le transport et la distribution.

➤ Contrôle de Qualité

Tests de Pureté : Réalisation de tests pour s'assurer que la farine de poisson répond aux normes de pureté et ne contient pas de contaminants.

Analyse Nutritive : Vérification de la composition nutritive pour garantir que le produit répond aux spécifications nutritionnelles.

➤ Distribution

Stockage : Stockage des produits finis dans des entrepôts à température contrôlée pour maintenir la qualité.

Logistique : Planification de la distribution et gestion des expéditions pour livrer les produits aux clients ou aux distributeurs en temps voulu.

<p>Partenaires clés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fournisseurs de tilapia :Aquafarm Solutions • Fournisseurs d'équipements de transformation :FishTech Equipement • Logistic Aquaculture : Société de transport spécialisée dans la livraison de produits aquacoles aux fermes et aux distributeurs régionaux. • Organismes réglementaires (sécurité alimentaire, normes environnementales):ANEXAL (Agence Nationale de l'Exploitation des Ressources Halieutiques) • Banques ou investisseurs:Banque Nationale d'Algérie (BNA) 	<p>Activités principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Production de la farine de poisson • Approvisionnement en tilapia • Transformation (cuisson, séchage, broyage) • Contrôle qualité des produits • Marketing et vente de la farine de poisson • Distribution et logistique • Recherche et développement pour améliorer les produits 	<p>Valeurs ajoutées</p> <ul style="list-style-type: none"> • Farine de poisson premium riche en protéines • Produits durables avec approvisionnement local • Réduction des coûts pour les producteurs aquacoles locaux • Solutions nutritionnelles personnalisées pour différentes fermes aquacoles <p>Minimiser le coût de l'importation</p>	<p>Relation clients</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assistance directe et personnalisée • Programmes de fidélité pour les clients réguliers • Service client dédié pour la qualité et la logistique • Retour d'information pour améliorer les produits 	<p>Clients</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermes aquacoles (élevage de poissons) • Fabricants d'aliments pour animaux • Producteurs de nourriture pour animaux de compagnie
	<p>Ressources liées</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personnel qualifié (gérants et techniciens) • Installations de production (usines, machines) • Équipements pour 		<p>Les canaux de distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vente directe aux fermes aquacoles • Partenariats avec des distributeurs régionaux • Plateformes en ligne et réseaux sociaux 	

	transformation et emballage <ul style="list-style-type: none"> • Fonds financiers pour investissements et roulement • Relations avec les fournisseurs et distributeurs 		<ul style="list-style-type: none"> • Participation à des salons professionnels de l'aquaculture 	
Structure de Coûts	<ul style="list-style-type: none"> • Matières premières (tilapia) : 6 000 000 DZD/an • Transformation : 2 000 000 DZD/an • Énergie : 500 000 DZD/an • Maintenance des équipements : 300 000 DZD/an • Conditionnement : 300 000 DZD/an • Logistique et distribution : 400 000 DZD/an • Salaires : 4 800 000 DZD/an • Marketing et promotion : 500 000 DZD/an 		Sources de revenus <ul style="list-style-type: none"> • Vente de farine de poisson aux exploitations aquacoles • Contrats de fourniture réguliers • Partenariats pour des projets de recherche et développement <p>Revenu total : 180 000 DZD * 100 tonnes = 18 000 000 DZD/an</p> <p>Marge bénéficiaire : 12,2 %</p>	

• **Total des coûts : 15 800 000 DZD/an**

RÉSUMÉ :

L'étude de la contamination par les microplastiques dans les écosystèmes aquatiques s'impose comme un enjeu environnemental crucial, particulièrement dans des zones côtières densément peuplées et industrialisées comme la baie d'Alger, située en Méditerranée occidentale. Cette recherche vise à évaluer la prévalence et les caractéristiques des microplastiques chez quatre espèces aquatiques d'importance économique dans cette région : la sardine (*Sardina pilchardus*), la crevette blanche (*Litopenaeus vannamei*), le rouget de vase (*Mullus barbatus*), représentant le milieu marin de la baie d'Alger, et le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), échantillonné dans les systèmes d'eau douce adjacents à la zone côtière. La méthodologie adoptée comprend un échantillonnage rigoureux dans la baie d'Alger et ses environs, suivi d'une extraction des microplastiques par digestion enzymatique et filtration, d'une caractérisation des polymères par spectroscopie FTIR, et d'une quantification précise par microscopie. Cette approche permettra non seulement de déterminer la prévalence des microplastiques dans chaque espèce, mais aussi de comparer les niveaux de contamination entre les organismes marins de la baie et ceux d'eau douce à proximité. L'étude s'attachera également à identifier les types de polymères prédominants et à explorer les corrélations potentielles avec les spécificités écologiques de la baie d'Alger, notamment les courants marins, les sources de pollution locales, et les comportements alimentaires des espèces étudiées. Les résultats fourniront des données essentielles sur la dynamique de la pollution plastique dans cet écosystème méditerranéen unique, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des risques écologiques et sanitaires associés dans un contexte régional spécifique. Ces informations seront cruciales pour l'élaboration de stratégies de gestion des déchets plastiques adaptées à la baie d'Alger et pourront servir de modèle pour d'autres zones côtières méditerranéennes similaires, visant à préserver la santé de cet écosystème marin vital et à assurer la sécurité alimentaire des populations locales dépendantes de ces ressources marines.

Mot clés :

Microplastique, Sardine, Tilapia, rouget de vase , méditerranée.

ABSTRACT

The study of microplastic contamination in aquatic ecosystems is emerging as a crucial environmental issue, particularly in densely populated and industrialized coastal areas such as the Bay of Algiers in the western Mediterranean. This research aims to assess the prevalence and characteristics of microplastics in four aquatic species of economic importance in this region: sardine (*Sardina pilchardus*), white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), red mullet (*Mullus barbatus*), representing the marine environment of Algiers Bay, and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), sampled in freshwater systems adjacent to the coastal zone. The methodology adopted includes rigorous sampling in and around Algiers Bay, followed by extraction of microplastics by enzymatic digestion and filtration, characterization of polymers by FTIR spectroscopy, and accurate quantification by microscopy. This approach will not only allow us to determine the prevalence of microplastics in each species, but also to compare contamination levels between marine organisms in the bay and nearby freshwater organisms. The study will also identify the predominant polymer types and explore potential correlations with the ecological specificities of Algiers Bay, including marine currents, local pollution sources, and the feeding behaviors of the species studied. The results will provide essential data on the dynamics of plastic pollution in this unique Mediterranean ecosystem, contributing to a better understanding of the associated ecological and health risks in a specific regional context. This information will be crucial for the development of plastic waste management strategies adapted to the Bay of Algiers, and may serve as a model for other similar Mediterranean coastal areas, aimed at preserving the health of this vital marine ecosystem and ensuring the food security of local populations dependent on these marine resources.

Keywords

Microplastic, Sardine, Tilapia, rouget de vase , Mediterranean.

ملخص

دراسة تلوث الميكروبلستيك في النظم البيئية المائية تبرز كفضية بيئية حاسمة، خاصة في المناطق الساحلية المكتظة تهدف هذه الدراسة إلى تقييم انتشار الميكروبلستيك والصناعية مثل خليج الجزائر في البحر الأبيض المتوسط الغربي (Sardina pilchardus) السردين، وخصائص الميكروبلستيك في أربعة أنواع مائية ذات أهمية اقتصادية في هذه المنطقة ، والتي (Mullus barbatus)، سمك الباربو الأحمر (Litopenaeus vannamei)، الجمبري الأبيض (pilchardus) ، الذي تم جمعه من الأنظمة (Oreochromis niloticus) تمثل البيئة البحرية لخليج الجزائر، وسمك البلطي النيلي ، المائية العذبة المجاورة للمنطقة الساحلية.

تعتمد المنهجية المتبعة على أخذ عينات دقيقة من داخل وحول خليج الجزائر، يليها استخراج الميكروبلستيك عن طريق (FTIR)الهضم الإنزيمي والترشيح، ثم تحديد خصائص البوليمرات باستخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء ستمكننا هذه المقاربة من تحديد انتشار الميكروبلستيك في كل نوع من الأنواع . والتحديد الكمي الدقيق بواسطة المجهر المدروسة، وأيضًا من مقارنة مستويات التلوث بين الكائنات البحرية في الخليج والكائنات المائية العذبة المجاورة.

ستعمل الدراسة أيضًا على تحديد الأنواع البوليمرية السائدة واستكشاف العلاقات المحتملة مع الخصائص البيئية الفريدة ستوفر لخليج الجزائر، بما في ذلك التيارات البحرية، ومصادر التلوث المحلية، وسلوكيات التغذية للأنواع المدروسة النتائج بيانات أساسية حول ديناميكيات تلوث البلاستيك في هذا النظام البيئي المتوسطي الفريد، مما يسهم في فهم أفضل للمخاطر البيئية والصحية المرتبطة به في سياق إقليمي محدد.

ستكون هذه المعلومات حاسمة لتطوير استراتيجيات إدارة نفايات البلاستيك الملائمة لخليج الجزائر، وقد تكون نموذجًا لمناطق ساحلية متوسطة أخرى مماثلة، بهدف الحفاظ على صحة هذا النظام البيئي البحري الحيوي وضمان الأمن الغذائي للسكان المحليين المعتمدين على هذه الموارد البحرية

كلمات مفتاحية:

سمك الباربو الأحمر، الجمبري، السردين، الميكروبلستيك