



République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et
La recherche scientifique
Université Abou-Bekr Belkaid



Faculté des sciences de la nature
et de la vie et sciences de la terre et de l'univers

Département Ecologie et Environnement
Laboratoire de recherche : "valorisation des actions de l'homme pour la protection
de l'environnement et application en santé publique.
Mémoire en vue de l'obtention du diplôme du master en hydrobiologie marine et
continentale
Spécialité : science de la mer

Thème:
Caractérisation des déchets plastiques sur le littoral de la
wilaya d'Annaba

Date de soutenance : le 24/09/2024.

Présenté par : KHALDI HADIL ACHWAK AMEL

Jurés :

- | | |
|---------------------------|--------------|
| - BENGUEDDA WACILA | Encadrant |
| - BOUKLI HACENE A.SOFIANE | Président |
| - BENHAMOU FATIMA | Examinatrice |

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été une formidable aventure au cours de laquelle plusieurs personnes m'ont apporté leur soutien. Sans leur aide, la tâche aurait été bien plus pénible. C'est alors tout naturellement que je souhaite les remercier.

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, le tout puissant et miséricordieux, de nous avoir donné la force pour continuer, ainsi que le courage pour dépasser toutes les difficultés

Tout d'abord, je remercie Mme BENGUEDDA WACILA, ma directrice de mémoire, pour ses conseils avisés et sa patience. Grâce à elle, j'ai pu étoffer ma réflexion tout au long de ma rédaction.

Nous tenons aussi à présenter nos humbles remerciements aux membres de jury BOUKLI HACENE A. Sofiane et BENHAMOU Fatima pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce modeste travail.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du personnel technique des laboratoires de notre faculté. Nous adressons notre profonde gratitude à Monsieur BAMMOUN Riyadh doctorant pour avoir tous les échantillonnages pour la réalisation de ce travail, ainsi que pour son assistance lors du travail expérimental au laboratoire. « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique », en particulier Mesdames Dahaoui Salima et Dali youcef khadidja et Monsieur Benmoussat Benali.

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Dédicace

À l'âme de ma chère grand-mère, que Dieu ait pitié de son âme, je vous dédie cette réussite. Aux versets les plus élevés du don humain, à mon don de Dieu, à mon modèle, à mon ami, mon compagnon et à tout ce que je possède, ma chère maman "Khadidja", je dédie le fruit de mon effort représenté dans cette humble recherche, puis-je soyez une source de fierté pour vous deux.

À mes sœurs, à Nihel, à l'épaule affectueuse, à la joie de nos conversations, à nos discussions et rires, merci pour ta présence dans ma vie.

À Hiba à la joie, à la folie et à la provocation parfois. Merci d'être dans ma vie.

À mon frère (Mohammed), au cœur bienveillant, au soutien réconfortant et à l'ami réconfortant dans ma vie, merci pour l'attention inconditionnelle, merci pour tout.

Je vous dédie ce succès et j'espère que je serai la grande sœur que vous souhaitiez et que je serai un bon modèle pour vous et une conséquence pour vous, si Dieu le veut.

À mon cher grand-père, à celui qui m'a élevé dès mon plus jeune âge, à celui avec qui j'ai ressenti une sécurité paternelle, à celui qui m'a aimé, m'a chouchouté et a toléré mon entêtement, je te dédie cette réussite. Cela représente le fruit de mes efforts et du labeur de plusieurs années. Vous avez toujours été une inspiration pour moi et m'avez appris la valeur de la connaissance et de la diligence. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie.

Aux proches qui m'ont soutenu, tout comme ma famille qui a consacré cette recherche, leurs bons vœux de réussite, leur soutien et leurs encouragements m'ont permis de franchir une étape de ma vie. Un grand merci et un grand respect à vous.

À mes tantes "Fatima, Al-Zahra, Fatima et Naima Chérifa ", Je vous dédie cette réalisation qui n'aurait pas été possible sans votre soutien et vos encouragements continus. Vous avez toujours été une inspiration pour moi et avez été à mes côtés à chaque étape de mon parcours éducatif. Merci pour tout l'amour et les soins que vous m'avez apportés et pour avoir cru en moi. Vous faites partie intégrante de ma réussite et j'espère toujours être à la hauteur de vos attentes.

A mes oncles (Mohammed et Toufik), à la belle enfance, aux beaux conseils, aux commandements éternels, aux embrassements paternels, à l'amour inconditionnel Merci pour votre présence, et je vous dédie cette réussite.

A mes collègues CHIKH Rahim, CHEMLEL Iyad, et BELHADDRI Wiam merci pour tout.

Et au final à toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin

Résumé:

La pollution par les microplastiques dans la wilaya d'Annaba est l'une des problématique environnementales croissantes qui necessities une attention particulière. Cette étude examine la présence et la distribution des microplastiques dans la wilaya d'Annaba, relevant des niveaux de contamination préoccupants dans les eaux de surface et les sédiments. Les résultats montrent que la station Seybouse est la plus touchée, Ces microplastiques prevenient de diverses sources, notamment les déchets plastiques et les produits cosmétiques. L'ingestion de ces particules par la faune marine pose des risques pour la santé des écosystèmes. Cette recherche souligne la nécessité d'initiatives pour réduire la pollution microplastique, telles que des ameliorations dans la gestion des déchets et des campagnes de sencibilisation.

Mots clés: Microplastique, Pollution Marin, Plastique, Déchets, Pollution plastique

Summary:

Microplastic pollution in the wilaya of Annaba is one of the growing environmental issues that requires special attention. This study examines the presence and distribution of microplastics in the wilaya of Annaba, revealing worrying levels of contamination in surface waters and sediments. The results show that the Seybouse station is the most affected. These microplastics come from various sources, including plastic waste and cosmetic products. The ingestion of these particles by marine wildlife poses risks to the health of ecosystems. This research highlights the need for initiatives to reduce microplastic pollution, such as improvements in waste management and awareness campaigns.

Keywords: Microplastic, Marine pollution, Plastic, Waste, Plastic pollution.

ملخص:

يعد التلوث بالميكرو بلاستيك في ولاية عنابة أحد القضايا البيئية المتنامية التي تتطلب اهتماما خاصا. تبحث هذه الدراسة في وجود وتوزيع المواد البلاستيكية الدقيقة في ولاية عنابة، وتكشف عن مستويات مثيرة للقلق من التلوث في المياه السطحية والرواسب. وتظهر النتائج أن محطة سيبوس هي الأكثر تضررا. وتأتي هذه المواد البلاستيكية الدقيقة من مصادر مختلفة، بما في ذلك النفايات البلاستيكية ومنتجات التجميل. ويشكل ابتلاع الحياة البرية البحرية لهذه الجسيمات مخاطر على صحة النظم البيئية. يسلط هذا البحث الضوء على الحاجة إلى مبادرات للحد من التلوث البلاستيكي الدقيق، مثل تحسين إدارة النفايات وحملات التوعية.

الكلمات المفتاحية: ميكرو بلاستيك، التلوث البحري، البلاستيك، النفايات، التلوث البلاستيك

Sommaire:

Résumé	
Introduction.....	01
Chapitre01: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	04
A. LES DÉCHETS.....	05
1. Définition des déchets en mer.....	05
2. Classification des déchets	06
B. LE PLASTIQUE.....	09
1. Definition du Plastique.....	09
2. L'histoire du plastique	09
3. Definition de La pollution plastique	10
4. La production du plastique	10
5. Different type de plastique	12
6. Les microplastiques	13
6.1.Definition	13
6.2.Les sources des microplastiques.....	15
6.2.1. Microplastiques Primaires	15
6.2.2. Microplastiques Secondaires	16
6.3.Les types des microplastiques	18
6.4.Les risques des microplastiques	20
6.4.1. Les Risques Ecosystemiques	20
6.4.2. Les Risques sur des espèces	21
6.4.2.1.Etranglement	21
6.4.2.2.Effets moléculaires et cellulaires des microplastiques	22
6.4.2.3.Impact sur les organismes benthiques.....	22
6.4.2.4.Contamination environnementale par les microplastiques.....	22
Chapitre02: MATERIEL ET MÉTHODES	24
A. La zone d'étude	25
1) Cadre géographique et environnement.....	26
2) Climat de la région de Annaba.....	26
3) Hydrodynamisme/courants.....	26
4) Facteurs physico-chimiques du milieu (température et salinité).....	27
5) Données socio-économiques (Démographie / Phénomène de la littoralisation et Urbanisation).....	27
6) Réseau hydrographique.....	27
7) Le tissu industriel.....	28
B. Échantillonnage.....	30
1. Préparation du Materiel	30
2. Échantillonnage.....	30
C. Travail experimental	31
Chapitre 03: RESULTATS ET DISCUSSION.....	38
1. Résultats	39
2. Discussion.....	55
Conclusion Générale.....	57
Conclusion et perspectives:.....	58
Références bibliographiques.....	59

Table des figures :

N°	Figure	Page
1	Présentation du processus des déchets plastiques de la source à l'environnement marin.	8
2	Représentation schématique de la production de produits plastiques.	9
3	Production mondiale de matière plastique (en Mt) entre 1950 et 2015. Cette production inclut la production de résine et la production de fibres plastiques.	11
4	Les différents types de plastique	12
5	Estimation de la densité de microplastiques (item/km ²) à la surface des océans. D'après van	14
6	les microplastiques primaires récupérés dans un milieu aquatique	16
7	Les microplastiques secondaires	17
8	Un schéma représente la taille, type et abréviation des MPS	19
9	Effets suspectés des MP sur la biodiversité marine selon les données obtenues en laboratoire.	20
10	l'étranglement d'une tortue	21
11	l'étranglement d'un méduse	21
12	Présentation du littoral d'Annaba	25
13	Situation de Annaba	26
14	Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse	28
15	Filet Manta avec volucompteur digital	30
16	le tamisage de l'échantillon (31
17	la préparation de la solution Fe ²⁺	31
18	la decantation de la solution	32
19	l'agitation de la solution	32
20	l'ajout du H ₂ O ₂	32
21	l'agitation de solution (originale, 2024)	33
22	l'ajout de NaCl (originale, 2024)	33
23	la décantation de la solution (originale, 2024)	33
24	solutions couvertes de papier aluminium (originale, 2024)	34
25	la récupération de la solution (originale, 2024)	35
26	l'échantillon dans une boîte de pétri (originale, 2024)	35
27	le comptage des MPs sous la loupe binoculaire (originale, 2024)	36
28	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvés en S1	40
29	les différents types des MPs trouvés dans S1 (AN) photo prise par stéréomicroscope (×40)	40
30	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvés en S2	41
31	photo prise par stéréomicroscope (×40) représentant les différents types de microplastiques de la station S2	41
32	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvés en S2	42
33	photo prise par stéréomicroscope (×40) représentant les différents types de microplastiques de la station S3	43
34	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvés en S1'	44
35	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvés en S4	44
36	photo prise par stéréomicroscope (×40) représentant les différents types de microplastiques de la station S4	45
37	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvés en S5	46

38	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S5	46
39	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S6	47
40	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S6	47
41	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S7	48
42	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S7	48
43	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S7	49
44	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S8	50
45	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S8	50
46	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S8	50
47	diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S9	51
48	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S9	52
49	photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S9	52
50	représentation graphique détaillé de la répartition des types des microplastiques collectés dans les différents station de la wilaya d'Annaba	53

Table des tableaux:

N°	TABLAU	PAGE
01	les categories des déchets plastiques selon FAO	06
02	presentation des différents types des déchets selon L'OMI	07
03	l'histoire du plastique (CHALMIN, 2019)	10
04	la production plastique et leurs utilisation ,et leur importance economique Durant des differents périodes	11
05	les differents types de plastique	13
06	Catégorisation des microplastique de plastique en fonction de leur taille	14
07	Principales sources de microplastiques primaires et secondaires	18
08	les differents types des MP et leur définition	19
09	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S1	39
10	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S2	41
11	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S3	42
12	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S1'	43
13	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S4	44
14	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S5	45
15	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S6	46
16	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S7	48
17	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S8	49
18	Tri, identification et quantification des Types des MPs de S9	51
19	présentation détaillé de la répartition des types des microplastiques collectés dans les différentes stations de la wilaya d'Annaba	53

Table des abbreviations:

N°	Abbreviation	Page
01	JORADP	4
02	OMI	4
03	FAO	4
04	MPS	13
05	MAPK	26

Introduction:

La pollution de l'environnement par les matériaux plastiques va croissant. La quantité de plastique produite dans le monde est aujourd'hui 170 fois supérieure à ce qu'elle était il y a 60 ans, à savoir 288 millions de tonnes par an. On estime que près de 10 % de ce plastique se déverse dans les océans où il s'accumule sans être quasiment dégradé. Ces derniers temps, l'opinion publique s'intéresse de plus en plus aux microplastiques (PlasticsEurope, 2013, Thompson, 2006)

Chaque année, entre 6,5 et 8 million de tonnes de déchets plastiques (> 5 cm) sont déversées dans les océans (Jambeck et al, 2015), soit 206 kg de plastiques qui se transforment en microplastiques (MPs) chaque seconde (WEB#1), et qui vont pouvoir être ingérés plus facilement par les organismes marins (Germanov et al, 2018) et transiter le long de la chaîne trophique (Martinot, 2019).

Dans le monde moderne, la gestion des déchets est devenue l'un des enjeux les plus urgents et complexes auxquels l'humanité est confrontée. Parmi ces déchets nous avons les déchets plastiques qui constituent l'un des défis environnementaux.

Les océans sont les vastes étendues d'eaux qui couvrent la majorité de la surface de notre planète environ 70% de la planète, c'est-à-dire environ 1.4 milliards de km². Chaque année, des millions de tonnes de plastiques sont déversées dans les océans, où ils se décomposent en fragments microscopiques, appelés micro-plastiques, qui contaminent les écosystèmes marins (Bennett, 2010)

La majeure partie des déchets plastiques se retrouve soit déposée au fond des océans, soit en suspension dans l'eau, (Bennett 2010). Cette dispersion généralisée de déchets plastiques peut engendrer une série de conséquences néfastes, telles que décrites. Parmi ces effets indésirables, on peut citer les dommages infligés aux ressources biologiques marines, les risques encourus pour la santé humaine, les perturbations des activités maritimes, la dégradation de la qualité de l'eau de mer et la réduction des opportunités de loisirs en milieu marin. (BENNETT, BORLOO, 2009, 2010)

Ce qui rend la matière plastique particulièrement problématique en tant qu'agent polluant, c'est sa résistance à la dégradation dans tous les environnements, comme le met en évidence (Hidalgo 2012). En effet, les plastiques sont connus pour leur durabilité, nécessitant des centaines d'années pour se désintégrer complètement. Par exemple, une simple bouteille en plastique peut mettre jusqu'à 450 ans pour se décomposer entièrement, comme le souligne (Bennett 2010).

Ces constats soulignent l'urgence d'adopter des mesures visant à réduire la production de plastique, à améliorer la gestion des déchets et à encourager

l'utilisation de matériaux alternatifs plus respectueux de l'environnement. En prenant des mesures proactives pour remédier à cette situation, nous pouvons contribuer à protéger nos écosystèmes marins fragiles et à préserver la santé de notre planète pour les générations futures.

Après la Chine, l'Europe se classe au deuxième rang mondial en termes de production de plastique, ce qui contribue de manière significative à la pollution marine. Chaque année, entre 150 000 et 500 000 tonnes de macro-déchets en plastique et entre 70 000 et 130 000 tonnes de micro plastiques sont déversées dans les océans par les pays européens. Ces chiffres alarmants

soulignent l'ampleur du problème de la pollution plastique dans les eaux européennes.

La mer Méditerranée est particulièrement touchée, la majorité de ces déchets plastiques finissant par s'y accumuler. Cette pollution constitue une menace grave pour la vie marine, affectant les écosystèmes et mettant en péril la biodiversité de cette région vitale. (Alessi, Di Carlo, Pisapia, 2018)

En Algérie, où la consommation de sacs en plastique figure parmi les plus élevées au monde, la gestion des déchets reste un défi majeur. Selon le récent rapport de l'Agence nationale des déchets (AND), les déchets plastiques sont particulièrement prévalent dans les trois principales régions du pays: l'Est, l'Ouest et le Centre. Cette situation constitue une menace sérieuse pour la biodiversité et la faune marine, soulignant ainsi l'urgence d'adopter des mesures efficaces pour réduire l'utilisation du plastique et améliorer la gestion des déchets en Algérie.

Ce travail est fait partie du travail d'un doctorant monsieur BAMMONE Riyadh, notre objectif est d'évaluer et d'analyser la quantité de déchets plastiques, en particulier les micros plastiques, le long de la côte algérienne.

Pour notre cas, c'est le golf de Annaba qui a été choisi comme zone l'échantillonnage.

Le travail repartit au 2 chapitres:

Le 1er chapitre englobe la partie synthèse bibliographiques, les informations sur les déchets, la pollution plastique, le plastique et les microplastiques

Le 2ème chapitre englobe la partie pratique ce qui concerne l'échantillonnage, la partie expérimental,

Et le 3ème chapitre englobe la partie résultats et discussion

Enfin une conclusion et perspective ainsi qu'une liste des références bibliographiques.

CHAPITRE 1:

SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

A. LES DÉCHETS:

1. Définition des déchets en mer:

Salon la réglementation algérienne (JORADP.2001) article 3 de la Loi n° 2001-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets définit comme :

"Les déchets: tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer".

La loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination, l'article 3 de JORADP.2000 stipule que les déchets sont:

" Déchets: tous résidus résultant d'un processus d'extraction, exploitation, transformation, production, consommation, utilisation, contrôle ou filtration, et d'une manière générale, tout objet et matière abandonnés ou que le détenteur doit éliminer pour ne pas porter atteinte à la santé, à la salubrité publique et à l'environnement "

Selon la réglementation internationale, les déchets en mer se réfèrent à toute forme de matériaux ou de substances indésirables qui se retrouvent dans les océans, les mers, ou d'autres étendues d'eau, résultant généralement des activités humaines

La FAO, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, traite également des questions relatives aux déchets en mer, notamment en ce qui concerne les déchets marins liés aux activités de pêche. Cependant, la FAO se concentre principalement sur la gestion durable des ressources marines et la réduction des impacts environnementaux de la pêche.

La FAO définit généralement les déchets en mer comme "tout matériau solide ou liquide indésirable, résultant de l'activité humaine, qui se retrouve dans les océans, les mers, les estuaires, les plages ou d'autres zones marines. Cela peut inclure une variété de déchets, tels que les débris plastiques, les filets de pêche perdus, les déchets organiques provenant des navires de pêche, les déchets chimiques provenant des activités industrielles côtières, etc."

La FAO met en avant l'importance de réduire ces déchets en mer pour préserver la santé des écosystèmes marins, assurer la durabilité des ressources halieutiques, et protéger la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des communautés dépendantes de la pêche

L'OMI, Organisation maritime internationale, est l'agence spécialisée des Nations unies chargée de réglementer le transport maritime à l'échelle mondiale. En ce qui concerne les déchets en mer, l'OMI aborde principalement la question des déchets générés par les navires et leur élimination appropriée.

La définition des déchets en mer selon l'OMI est généralement orientée vers les déchets produits pendant les opérations maritimes, y compris ceux qui sont générés lors du fonctionnement normal des navires, comme les déchets domestiques, les déchets dangereux, les déchets de cargaison, les résidus de carburant, etc. L'OMI s'intéresse particulièrement à la gestion des déchets dangereux et à leur élimination sûre pour prévenir la pollution marine.

L'OMI a adopté plusieurs conventions et réglementations pour régir la gestion des déchets en mer, notamment la Convention MARPOL (Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires), qui établit des normes internationales pour la prévention de la pollution marine par les navires, y compris la gestion des déchets et des eaux de ballast(Organisation maritime internationale, 2022) .

2. Classification des déchets:

La FAO, en se concentrant sur les déchets marins liés aux activités de pêche et à la préservation des écosystèmes marins, utilise souvent une classification spécifique pour les déchets en mer. Voici une classification générale basée sur les lignes directrices de la FAO: le tableau qui suit présente les différents catégories de déchets

Tableau 01: les catégories des déchets plastiques selon FAO (l'article 29 et 83, modifié en 2024)

Catégorie	Description	Exemples
1. Déchets issus de la pêche	Déchets produits par les activités de pêche	- Filets et engins de pêche perdus ou abandonnés -Cordages, lignes
2. Déchets plastiques	Déchets en plastique ayant un impact significatif sur la faune et les écosystèmes marins	- Emballages - Bouteilles - Sacs -Micro plastiques
3. Déchets organiques	Déchets d'origine biologique pouvant dégrader la qualité de l'eau et affecter les habitats marins	- Résidus de poisson - Coquilles -Algues
4. Déchets flottants non organiques	Déchets non organiques flottant à la surface de l'eau, pouvant être ingérés par la faune marine ou causer d'autres dommages	- Déchets en plastique - Polystyrène - Bois
5. Déchets immergés	Déchets reposant sur le fond marin, pouvant modifier les habitats et affecter la biodiversité	- Débris métalliques - Déchets de construction navale - Pneus
6. Déchets chimiques	Déchets contenant des substances chimiques toxiques pouvant contaminer les écosystèmes marins	- Déchets de pesticides - Hydrocarbures - Produits chimiques industriels

Grâce à cette classification, la FAO peut améliorer sa compréhension des sources de pollution marine liées à la pêche. Cela lui permet également de concevoir des mesures de gestion adaptées afin de minimiser l'impact des déchets en mer sur les écosystèmes marins et les populations côtières.

Tableau 02: presentation des différents types des déchets selon L'OMI

Ce tableau nous présente les différents types de déchets selon la conception de l'OMI (Tableau2)

L'OMI (Organisation Maritime Internationale), en tant qu'une agence spécialisée des Nation Unis chargée de reglementer le transport maritime à l'échelle mondiale, utilise une classification spécifique pour les déchets en mer, principalement axée sur les déchets produits par les navires (convention MARPOL73/78)

Category	Exemple
1/ Déchets solide	
Déchets domestiques	<ul style="list-style-type: none"> - Ordures ménagères - Emballages - Papiers
Débris de navires	<ul style="list-style-type: none"> - Pieces détachées - Materieux de construction
Autre déchets solide	<ul style="list-style-type: none"> - Plastiques - Métaux - Verre
2/ Déchets liquide	
Eaux usées domestiques	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux grises - Eaux noires
Eaux de ballast	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux de remplissage des citernes de ballast
Eaux de lavage	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux de lavage des cuves de cargaison - Eaux de lavage des ponts
3/Déchets dangereux	
Déchets toxiques	<ul style="list-style-type: none"> - Huiles usagées - Produits chimiques industriels
Déchets inflammables	<ul style="list-style-type: none"> - Solvants - Peintures
Déchets corrosifs	<ul style="list-style-type: none"> - Acides - Bases
Déchets réactifs	<ul style="list-style-type: none"> - Peroxydes - Cyanures
Déchets médicaux	<ul style="list-style-type: none"> - Seringues - Médicaments périmés
4/Autre types de déchets	
Déchets radioactifs	<ul style="list-style-type: none"> - Matériaux radioactifs utilisés à bord
Déchets d'exploitation navale	<ul style="list-style-type: none"> - Résidus de cargaison - Résidus de carburant - Résidus d'huiles de lubrification
Déchets spécifiques à la navigation	<ul style="list-style-type: none"> - Matériaux de nettoyage - Matériaux d'entretien et de réparation

Les origines des débris plastiques sont généralement classées en deux grandes catégories: les sources terrestres (telles que les activités industrielles, l'agriculture, le tourisme et les catastrophes naturelles) et les sources maritimes (telles que l'aquaculture, les pêcheries, les

plateformes offshore et le transport maritime) (Andrady, 2011; Cole et al., 2011; Law, 2017) (Figure 1)

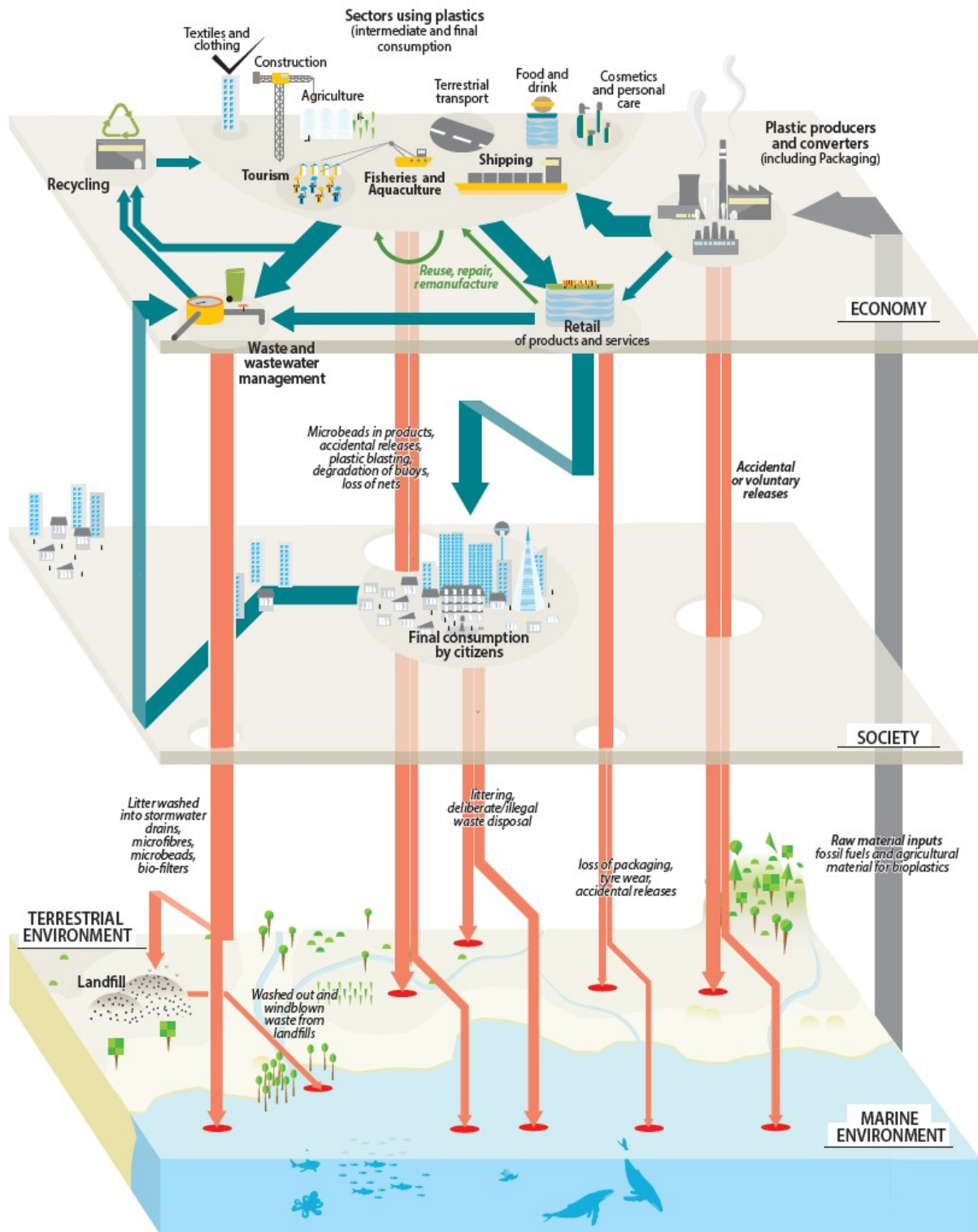


Figure 1. Présentation du parcours des déchets plastiques de la source à l’environnement marin. D’après GRID-Arendal & UNEP (2016).

B. LE PLASTIQUE:

1. DEFINITION DU PLASTIQUE:

Les plastiques sont des substances synthétiques composées de matériaux à base de carbone. La majorité des plastiques sont dérivés du pétrole et d'autres matières fossiles, bien que certains puissent également être fabriqués à partir de sources telles que la cellulose et l'amidon de maïs (Alessi et al, 2018). Ils se présentent sous forme de polymères artificiels non métalliques à poids moléculaire élevé, constitués de macromolécules répétitives (Faure et al, 2012).

La production de produits plastiques implique plusieurs étapes clés, allant de la transformation des matières premières à la fabrication des produits finis (figure 2)

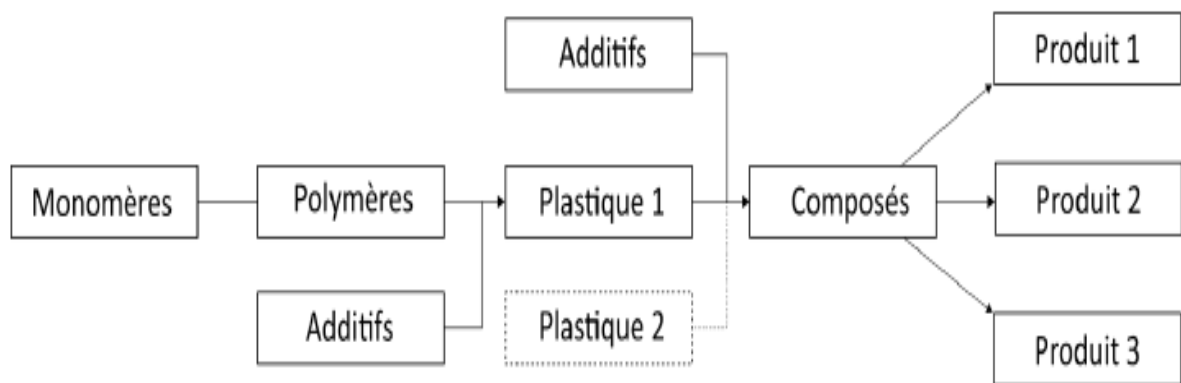


Figure 2. Représentation schématique de la production de produits plastiques. Modifié d'après (Bittner et al., 2014).

2. L'histoire du plastique:

L'histoire du plastique remonte à la fin du 19^e siècle, mais son utilisation à grande échelle n'a vraiment démarré qu'au 20^e siècle. Voici UN bref aperçu de son évolution (tableau3)

Tableau 03: l'histoire du plastique (CHALMIN, 2018)

Période	Développements clés
Avant le 19e siècle	Utilisation de matériaux naturels comme le caoutchouc, l'ambre et les écailles de tortue pour fabriquer des objets moulés
1862	Alexander Parkes crée le premier plastique à base de cellulose, appelé "Parkesine"
1907	Invention de la bakélite, premier plastique entièrement synthétique, par Leo Baekeland
20e siècle	Développement de nouveaux types de plastiques comme le PVC, le polyéthylène et le polypropylène - Croissance exponentielle de l'industrie du plastique et utilisation généralisée dans la production de masse
Années 1940-1950	Utilisation omniprésente du plastique dans les objets de consommation, les emballages, les matériaux de construction, etc.
Aujourd'hui	Préoccupations croissantes concernant la pollution environnementale liée à l'utilisation généralisée du plastique, en particulier la pollution des océans

3. Définition de La pollution plastique :

Les plastiques sont parmi les matériaux les plus omniprésents dans les sociétés modernes à travers le monde. Depuis les années 1950, leur production et leur utilisation ont dépassé celle de tout autre matériau, en grande partie en raison de leur durabilité et de leur coût abordable. Cependant, une gestion inadéquate des déchets plastiques a entraîné leur présence généralisée dans tous les principaux environnements. La pollution plastique est définie comme tout plastique qui est rejeté, éliminé ou abandonné dans l'environnement, en dehors d'un système de gestion des déchets. Elle a été observée sur les côtes, dans les eaux de surface, les sédiments, les sols, les eaux souterraines, l'air intérieur et extérieur, ainsi que dans l'eau potable et les aliments. (Martin, 2018)

4. La production du plastique :

La production de plastique est un processus complexe qui se déroule en plusieurs périodes clés (Tableau 4)

Tableau 4: la production plastique

Période	Production
Depuis la fin de la seconde guerre mondiale	La production de plastiques n'a cessé de croître pour répondre aux besoins croissants des sociétés humaines, marquant ainsi le début de "l'ère des plastiques" (Barnes et al. 2009 ; Brandon et al. 2019 ; Thompson et al, 2009)
1950vs2017	La production est passée de 2 million de tonnes en 1950 à 348 millions de tonnes en 2017 Cette production connaît une croissance annuelle de 8,7 % (PlasticsEurope, 2018)
Utilisation des ressources	L'industrie plastique utilise actuellement entre 4 et 6 % des ressources pétrolières
Principaux producteurs	Les principaux producteurs sont la Chine(29%),ALENA(ÉtatsUnis, Mexique Canada ; 18%) et l'Union européenne (19%)(Lusher et al. 2017 ; PlasticsEurope, 2018)
Projection future	Si la tendance se maintient, la production mondiale de plastiques atteindra 2 000 millions de tonnes en 2050, représentant alors 20% de la consommation mondiale de ressources pétrolières (Lusher et al. 2017 ; Suaria et al, 2016)
Importance économique	Le succès des plastiques leur confère un rôle prépondérant dans les économies régionales Pour l'Union européenne, l'industrie plastique compte 60 000 entreprises, génère 1,5 million d'emplois et un chiffre d'affaires de 355 milliards d'euros en 2017 (PlasticsEurope, 2018)

La production de matière plastique est en constante augmentation depuis les années 1950 (Figure 3).

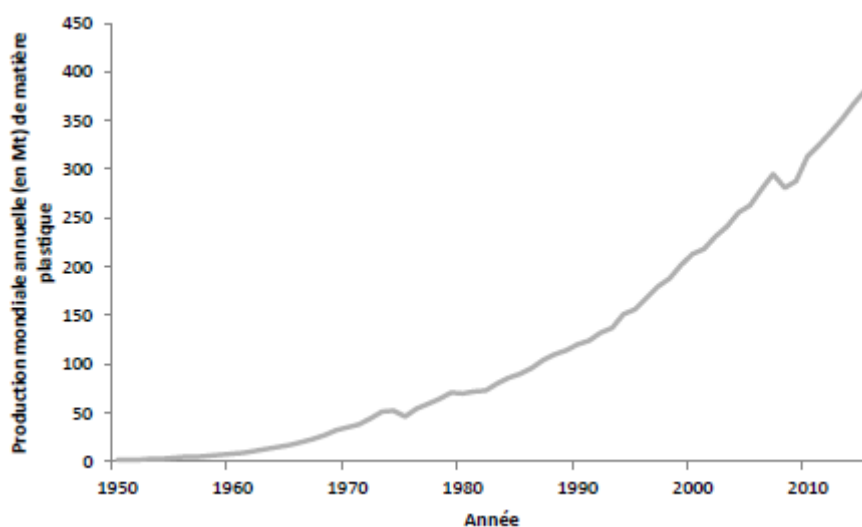


Figure 3: Production mondiale de matière plastique (en Mt) entre 1950 et 2015. Cette

production inclut la production de résine et la production de fibres plastiques. (Geyer *et al.*, 2017).

En 2016, la production mondiale de plastique (à l'exclusion des fibres) a atteint 335 million de tonnes, soit une augmentation de 49 % par rapport à 2004, année où la production s'élevait à 225 million de tonnes (PlasticsEurope, 2016, 2018). Il est crucial de noter que ces chiffres n'ont pas pris en compte les fibres synthétiques. En effet, en 2013, la production de fibres synthétiques s'élevait à 54 millions de tonnes (Industrievereinigung Chemiefaser, 2013), ce qui pourrait représenter une sous-estimation de la production plastique de 15 à 20 % selon les années, par rapport aux données de Plastics Europe (Industrievereinigung Chemiefaser, 2013 ; Plastics Europe, 2018).

Les estimations prévoient un doublement de la production mondiale de plastique d'ici à 2025 si aucune mesure de réduction n'est prise (World Economic Forum, 2016).

5. Different type de plastique :

Ces 6 types de plastiques représentent la majorité des plastiques utilisés dans le monde. Chacun a des propriétés et des utilisations spécifiques, avec des impacts environnementaux variables en fonction de leur recyclabilité et de leur toxicité potentielle. (Figure 04) et (Tableau05)



Figure 4: Les different types de plastique (Anonyme 1, 2024)

Tableau 5: les différents types de plastique (BEN MCCALISTER, 2022)

Type de plastique	Utilisation principale	Recyclabilité
PET(Polyethylene terephthalate)	Bouteilles, Emballages alimentaire	Facilement recyclable
HDPE (Polyethylene haute densité)	Bidons, tuyaux	Facilement recyclable
PVC (Polychlorure de vinyle)	Tuyaux, câbles, jouets	Difficilement recyclable, potentiellement toxique
LDPE (Polyethylene basse densité)	Sacs, films d'emballage	Moins facilement recyclable que le HDPE
PP (Polypropylène)	Pots, bouchons, boîtes	Facilement recyclable
PS (Polystyrène)	Gobelets, boîtes à emporter	Difficilement recyclable, potentiellement toxique

6. Les microplastiques :

Les microplastiques (MPs) sont devenus un sujet d'une importance croissante dans le domaine de la recherche environnementale ces dernières décennies. Ces particules de plastique de petite taille, mesurant généralement entre 1 micron et 5 millimètres, posent des défis significatifs en termes de pollution et d'impact sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. Leur omniprésence dans l'environnement, allant des océans les plus profonds aux sommets des montagnes, soulève des préoccupations quant à leurs effets sur la santé humaine et animale, ainsi que sur les écosystèmes dans leur ensemble. Dans ce chapitre, nous examinerons de près la nature des microplastiques, leurs sources, leurs voies de dispersion et leurs conséquences environnementales. Nous aborderons également les efforts de recherche et les mesures de gestion visant à atténuer les impacts des microplastiques sur notre planète." (Schäfer,2015)

6.1. Définition :

Selon la proposition de Verschoor et al, 2015, les MPs sont définies comme des particules solides synthétiques ou des matrices polymères, présentant des formes aussi bien régulières qu'irrégulières, et ayant une taille allant de 1µm à 5mm, et qui ne se dissolvent pas dans l'eau. (LE JUGE, 2022)

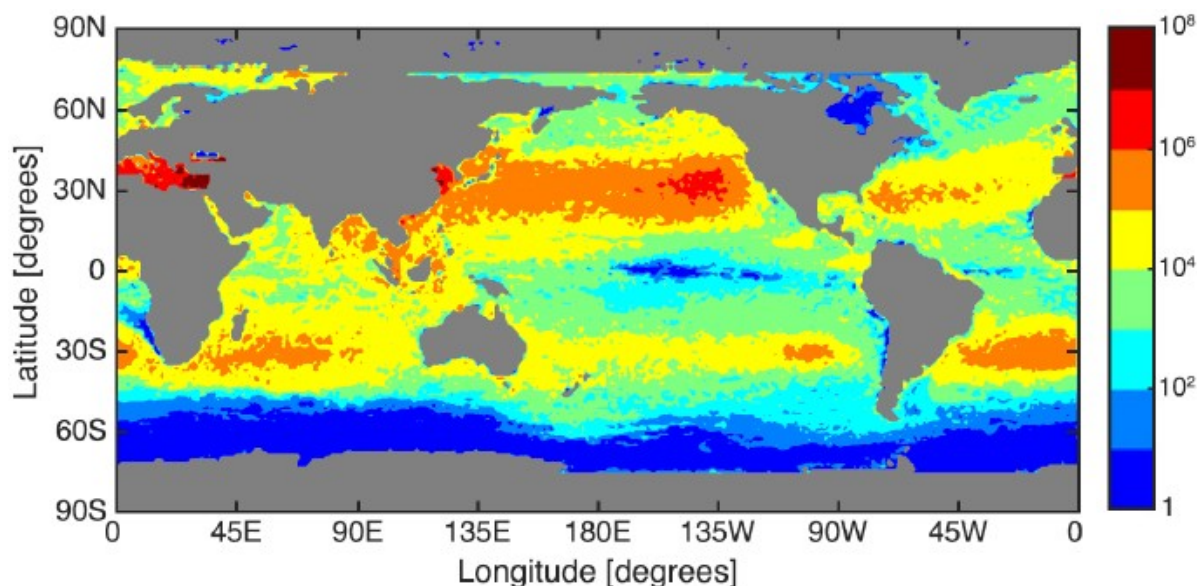


Figure 5: Estimation de la densité de microplastiques (item/km²) à la surface des océans. D’après van Sebille *et al.* (2015).

Tableau 6: Catégorisation des microplastiques de plastique en fonction de leur taille

Les particules plastiques présentent une très large gamme de tailles, allant des millimètres aux nanomètres (Crawford et Quinn, 2017)

Catégorie	Abbréviation	Taille	Définition de taille
Macroplastiques	MAP	≥25 mm	Tout morceau de plastique d'une taille égale ou supérieure à 25 mm dans sa dimension la plus longue.
Mésoplastiques	MEP	<25 mm–5 mm	Tout morceau de plastique de moins de 25 mm à 5 mm dans sa dimension la plus longue.
Plasticules	PLT	<5 mm	Toutes les pièces de plastique de moins de 5 mm de diamètre de leur plus grande dimension.
Microplastiques	MP	<5 mm–1 mm	Tout morceau de plastique de moins de 5 mm à 1 mm dans sa dimension la plus longue.
Mini-microplastiques	MMP	<1 mm–1 µm	Tout morceau de plastique de moins de 1 mm – 1 µm dans sa dimension la plus longue.
Nanoplastiques	NP	<1 µm	Tout morceau de plastique de moins de 1 µm dans sa dimension la plus longue.

Les "pellets" ou granules plastiques ont été découverts pour la première fois dans les eaux côtières de Nouvelle-Angleterre en 1972 (Carpenter *et al.*, 1972)

Le terme "microplastique" est apparu en 1990 pour définir les particules de taille inférieure à 20 mm (Ryan et Moloney, 1990), Les microplastiques sont définis comme des particules de 0,1 à 5000 µm dans leur plus grande dimension, (FAO) (Lusher *et al.*, 2017)

En 2004, les microplastiques ont été définis comme des particules millimétriques et submillimétriques (Thompson *et al.*, 2004)

Mais la notion de taille seule peut manquer de clarté, la forme des particules influençant aussi

leur poids et volume (Filella, 2015)

Les formes attribuées aux MP lors de leur identification sont souvent classées en cinq catégories: fragments, fibres, sphères, GPI (**Granulés Plastiques Industriels**) et mousses (Lusher *et al.*, 2017). Cependant, cela peut varier selon les études. On peut également classer les MP en fonction de leurs sources dans l'environnement: primaires ou secondaires.

6.2. Les sources des microplastiques:

La source essentielle des microplastiques sont les produits cosmétiques et de nettoyage qui sont déversés dans les eaux usées domestiques (Fendall et Sewell, 2009). Les sources industrielles sont aussi importantes, exemple de la matière première utilisée dans la fabrication du plastique ou bien les rejets de résines qui sont utilisés dans l'industrie de soufflage (Lechner *et al.*, 2014).

Les microplastiques sont classés selon leur source réelle en microplastiques primaires et secondaires.

6.2.1 Microplastiques Primaires :

Ce sont les plastiques qui sont rejetés directement dans l'environnement sous la forme de petites particules. Ils peuvent avoir été volontairement ajoutés à des produits, comme les agents exfoliants que l'on trouve dans les articles de toilette et les cosmétiques (par exemple les gels douche). Ils peuvent aussi provenir de l'usure d'objets en plastique plus gros au cours de leur fabrication, de leur utilisation ou de leur entretien, comme l'abrasion des pneus sur les routes ou le frottement des textiles synthétiques pendant le lavage. (Boucher et Friot, 2020) (Figure 06)

Les microplastiques primaires sont fabriqués à cette taille à l'origine car ils composent en partie, les poudres plastiques utilisés dans le moulage, ou bien les « épurateurs » industriels qui vont être utilisés pour décaper les surfaces propres. Ils sont utilisés dans plusieurs processus industriels (GESAMP, 2015).

Les microparticules produites dans la fabrication d'exfoliants sont le plus souvent de taille < 100 µm, ce qui facilite leur passage à travers les traitements des stations d'épuration, elles se retrouvent ainsi dans les eaux environnantes. On peut signaler que l'arrivée des produits synthétiques a multiplié par 10 le nombre de microplastiques arrivant au niveau des STEPs comparé aux produits cosmétiques même si des retombées atmosphériques y contribuent également (Frère *et al.*, 2017)

Les particules de plastique de petite taille générées par la dégradation du macroplastique (déchets de plastique jetés) en raison de l'action de diverses forces environnementales (photodégradation/autres processus d'altération) ou activités biologiques sur une période (Arthur *et al.*, 2009; Andrady, 2011; Boucher et Friot 2020).

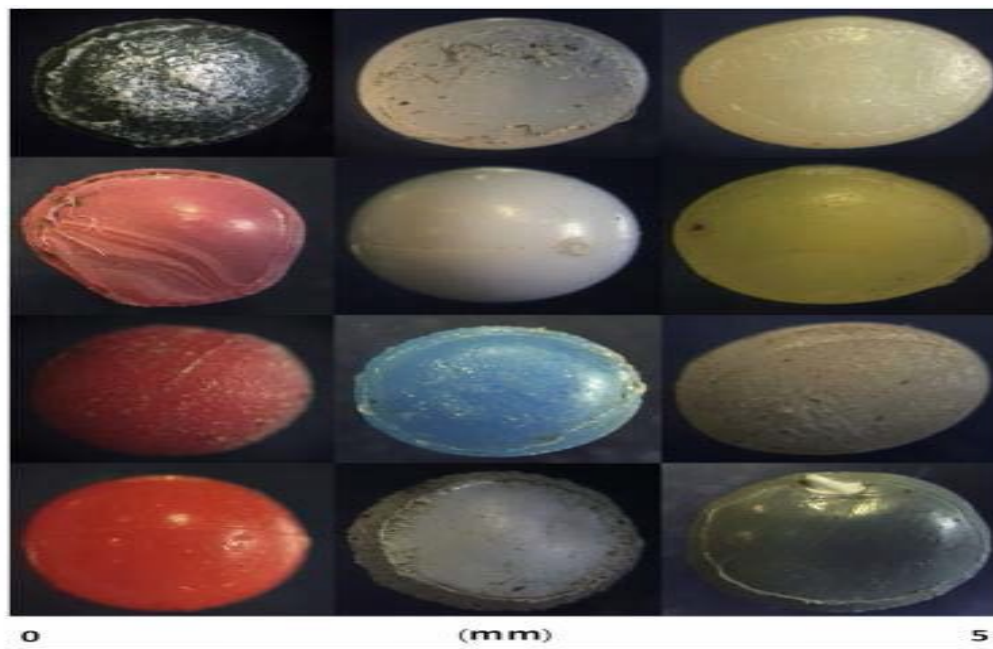


Figure 6: Les microplastiques primaires récupérés dans un milieu aquatique (Crawford, 2017)

6.2.2 Microplastiques Secondaires :

Les microplastiques secondaires sont les microplastiques issus de la fragmentation d'éléments en plastique plus gros exposés à l'environnement marin, notamment par photodégradation et autres effets de l'exposition aux intempéries de déchets abandonnés dans la nature, comme des sacs en plastique, ou perdus, comme des filets de pêche. L'origine des microplastiques secondaires étant difficile à établir du fait de leur désagrégation, il est malaisé d'évaluer convenablement la proportion de macroplastiques qui se sont désormais délités en microplastiques. (Boucher, . et Friot , 2020) .

Les microplastiques secondaires sont le résultat d'une décomposition de plastiques plus gros. Cette altération peut se faire pendant l'utilisation du plastique, comme par exemple les textiles, les peintures ou les pneus. Le largage de ces produits en plastique dans l'environnement peut être une source directe des microplastiques secondaires (GESAMP, 2015).

Les MP d'origine secondaires sont des particules issues de la fragmentation des plastiques. Ceci inclue les déchets plastiques provenant des activités terrestres ainsi que les plastiques liés aux activités de pêche et d'aquaculture (Ryan et al., 2009; Watson et al., 2006). Les activités terrestres sont responsables de 80% des apports de plastiques dans l'environnement marin (Andrady, 2011) (figure 07)

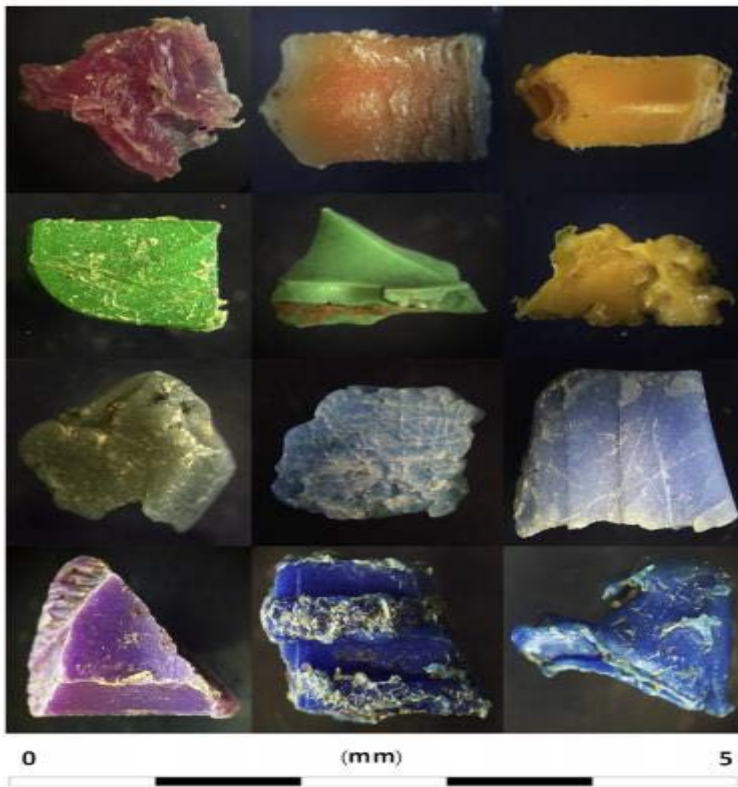


Figure 07: Les microplastiques secondaires (Crawford, 2017)

Tableau 07: Principales sources de microplastiques primaires et secondaires (Wilson & Wilson's, 2017) (Achouri, 2019)

Ce tableau insiste sur les différentes origines des types de microplastiques primaires et secondaires, où nous pouvons noter que le primaire est ce qui est ajouté à des produits tels que des produits de soins ou des produits industriels.

Alors que le secondaire est le produit de la décomposition de macroplastique tels que les sacs (Tableau 07)

Primary Microplastics	Personal care products, such as exfoliants
	Specific medical products, including dental tooth polish
	Industrial abrasives
	Drilling fluids
	Raw materials for plastic production; process subproducts
	Improper handling
Secondary Microplastics	General littering, dumping of plastic waste
	Abrasion in landfill sites and recycling facilities
	Carelessly handled plastic fishing gear
	Ship-generated litter or disposed off after recreational activities
	Plastic material present in organic waste
	Paints containing synthetic polymers/abrasion during paint removal
	Polymers used in composting additives
	Fibres released from hygiene products
	Fibres released from synthetic textiles

6.3. Les types des microplastiques :

Les microplastiques peuvent être classés en plusieurs types, selon leur origine, leur taille, leur forme et d'autres caractéristiques (Tableau 07) et (figure 08)

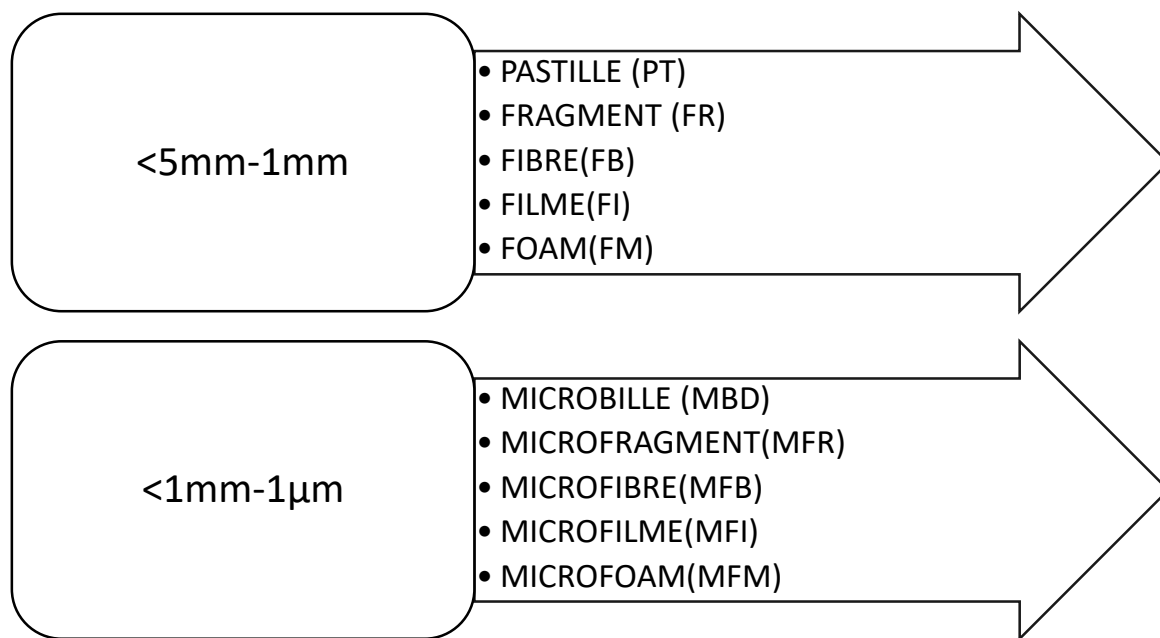


Figure 08: Un chémat représentant la taille, type et abbreviation des MPS

Tableau 08: les differents types des MP et leur définition (Crawford et Quinn, 2017)

Ce tableau represent les differents types de MPs et leur definition.

Type(abbreviation)	Définition
Pastille (PA)	Un petit morceau de plastique(P) de moins de 5mm à 1mm de diameter
Fragment (FR)	Un morceau de P de forme irrégulière de moins de 5mm à 1mm dans sa dimension la plus grand
Fibre (FB)	Un toron ou un filament de P de moins de 5mm à 1mm dans sa dimension la plus longue
Filme (FI)	Une feuille mince ou un morceau du P en forme du membrane de moins de 5mm à 1mm dans sa dimension la plus longue
Foam (FM)	Un morceau d'éponge ,de mousse de moins de 5mm à 1mm dans sa dimension
Microbille(MBD)	Un petite morceau de P sphérique de moins de 1mm à 1µm de dimension
Microfragment (MFR)	Un morceau du P de forme irrégulière de moins de 1mm à 1µm dans sa plus grand dimension.
Microfiber (MFB)	Un toron ou un filament de P d'une taille inférieure à 1mm à 1µm dans sa dimension la plus longue
Microfilme (MFI)	Une feuille mince ou un morceau du P en forme du membrane de moins de 1mm à 1 µm dans sa dimension la plus longue .
Microfoam (MFM)	un morceau d'éponge ,de mousse de moins de 1mm à 1 µm dans sa dimension la plus longue

Selon Galgani et al., 2020; et Daboub et al, 2023; les types de microplastiques sont:

Fibres: Les fibres de plastique proviennent principalement de textiles synthétiques tels que le polyester, le nylon et l'acrylique et se retrouvent fréquemment dans les échantillons marins.

Elles peuvent provenir de vêtements, de tissus d'ameublement, de filets de pêche et d'autres sources similaires.

Fragments: Les fragments de plastique résultent de la fragmentation de plastiques plus volumineux, tels que les bouteilles en plastique, les emballages alimentaires, les jouets, etc. Ces fragments varient en taille et en forme.

Granules: Les granules de plastique, également connus sous le nom de "pellets", sont des petites billes de plastique utilisées comme matière première dans la fabrication de produits en plastique. Ils peuvent être rejetés accidentellement lors de leur transport ou de leur manipulation et se retrouver dans l'environnement marin.

Films: Les films plastiques minces tels que les sacs en plastique, les emballages alimentaires et les enveloppes de paquets peuvent se dégrader en petits morceaux qui sont ensuite classés comme microplastiques.

Microbilles: Les microbilles de plastique sont des petites sphères de plastique utilisées dans les produits de soins personnels tels que les exfoliants et les dentifrices. Elles sont souvent fabriquées à partir de polyéthylène et peuvent être présentes dans les eaux côtières et marines.

6.4. Les risques des microplastiques :

Les microplastiques représentent un risque croissant sur l'environnement et la santé (Figure 09)

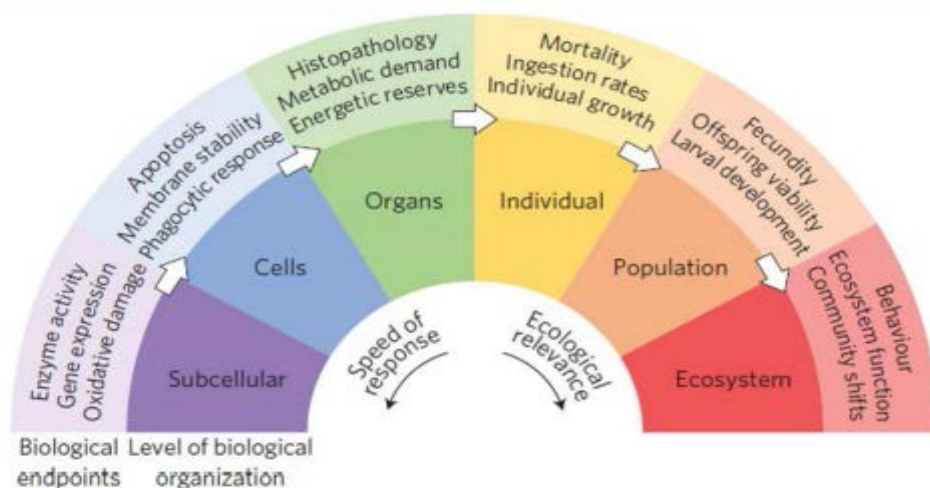


Figure 09. Effets suspectés des MP sur la biodiversité marine selon les données obtenues en laboratoire. (Galloway *et al.*, 2017)

6.4.1. LES RISQUES ECOSYSTEMIQUES :

✓ Transport d'espèces invasives et nuisibles :

Les débris plastiques marins favorisent le transport d'espèces invasives et nuisibles, augmentant la dissémination d'agents pathogènes et la propagation de maladies, tout en introduisant des espèces exotiques dans de nouveaux habitats, perturbant les écosystèmes locaux et menaçant les services écosystémiques marins, ce qui entraîne des pertes économiques significatives. (Tallec, 2019) (Figure 09)

✓ **Impacts potentiels sur les communautés :**

Les débris plastiques, notamment les microplastiques, peuvent perturber le fonctionnement des communautés marines en affectant les espèces ingénieuses, en modifiant les taux de filtration des bivalves et en entraînant des effets en cascade sur la diversité, la microfaune, les cyanobactéries et les flux de nutriments, avec des conséquences potentielles sur la régulation thermique des sédiments et la ponte des organismes benthiques. (Tallec, 2019) (Figure 10)

6.4.2. LES RISQUES SUR DES ESPECES :

6.4.2.1. Etranglement :

En 2015, 663 espèces marines étaient répertoriées comme interagissant avec des débris plastiques, selon des études (Avio *et al.*, 2016) Gall & Thompson, 2015). Les débris peuvent entraîner le piégeage des organismes marins et, dans les cas les plus graves, provoquer leur étranglement et leur mort (Gall & Thompson, 2015; Gregory, 2009). Les cas d'étranglement et de blessures sont principalement rapportés dans la littérature suite aux interactions entre les macro-déchets, tels que les engins de pêche abandonnés, et les poissons, les tortues, les oiseaux et les mammifères marins (Gregory, 2009; Laist, 1997). (Tallec, 2019)



Figure 10: l'étranglement d'une tortue (anonyme2, 2019)



Figure 11: l'étranglement d'une midus (anonnyne 3, 2019)

6.4.2.2. **Effets moléculaires et cellulaires des micro plastiques :**

- Perturbation du système oxydatif, système de défense contre les stress extérieurs (Jeong et al, 2017 ; Paul-Pont et al, 2016)
- Stimulation de voies moléculaires liées aux défenses (ex : MAPK (Mitogen-Activated Protein Kinases) chez le copépode)
- Dysrégulation du système immunitaire
- Stimulation des voies moléculaires liées à l'apoptose
- Dommages aux membranes (peroxydation lipidique, perte d'intégrité) (Feng et al., 2019; Jeong et al., 2017; Lu et al., 2016)
- Déstabilisation du système lysosomal (Von Moos et al., 2012)
- Génotoxicité (perte d'intégrité de l'ADN, fractures) (Avio et al., 2015; Ribeiro et al., 2017)
- Importance des méthodes omiques pour comprendre la réponse des organismes

6.4.2.3. **Impact sur les organismes benthiques:**

Les micro plastiques déposés sur le fond marin peuvent perturber :

- L'alimentation
- La respiration
- La Croissance
- La reproduction
- Des organismes comme les coraux, éponges, mollusques, vers (Tallec ,2019).

6.4.2.4. **Contamination environnementale par les microplastiques(Michael et al,2023) ; (Ziani ,et Morosan , ,2023)**

- Présence importante dans les eaux, mais sous-estimation des quantités provenant des sols
- Le plastique est le 3e matériau le plus produit au niveau mondial.
- 81% des plastiques deviennent des déchets en moins d'un an.
- Dispersion massive dans l'environnement

CHAPITRE 2:

MATERIEL ET METHODES

A. La zone d'étude :

1) CADRE GEOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENTAL:

Annaba est la quatrième ville d'Algérie en nombre d'habitants. Elle est située au nord-est Algérien à 600 km de la capitale (Alger) et à 100 km des frontières de la Tunisie (Messerer et al., 2012)

Située au nord-est de sa wilaya, au nord-est de l'Algérie et couverte sur le littoral méditerranéen sur 80 km (figure 13); la wilaya de Annaba s'étend sur 1415 km². Elle est limitée géographiquement par:

- La méditerranée au nord.
- La wilaya de Guelma au sud.
- La wilaya D'El Taref a l'est et La wilaya de Skikda à l'ouest (Abdeldjouad, 2014) (figure 12)

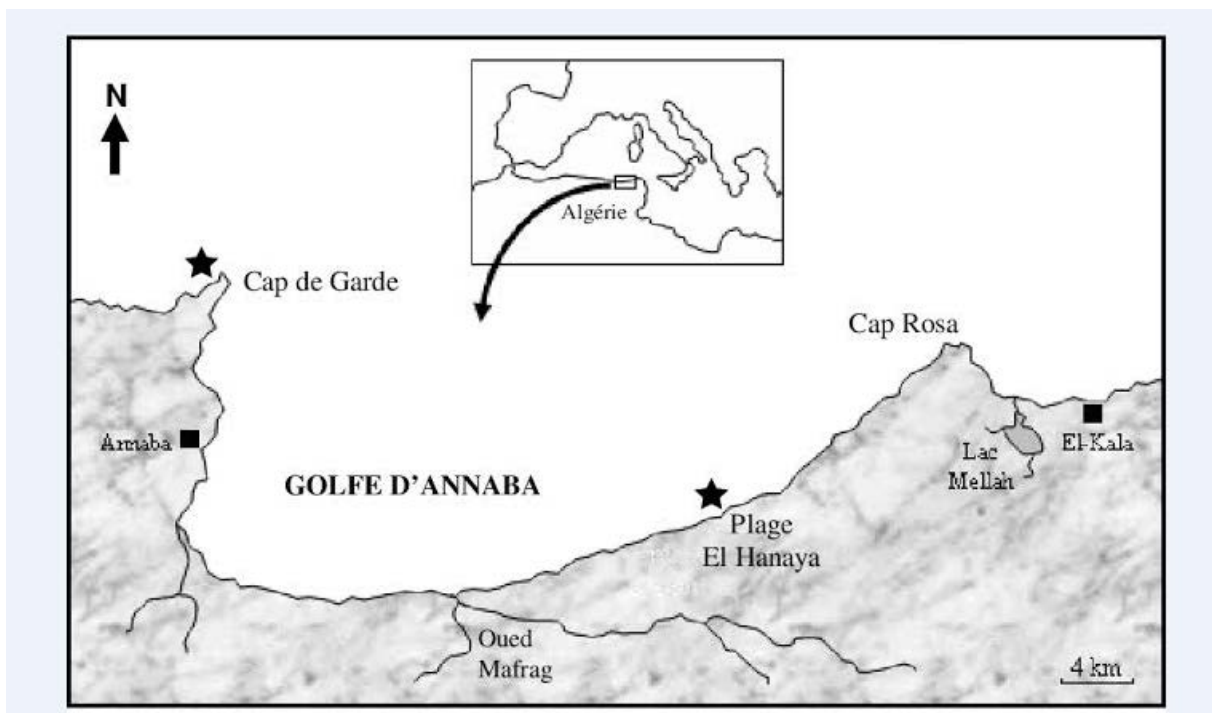


Figure 12: Présentation du littoral d'Annaba (Google Earth, 2021).

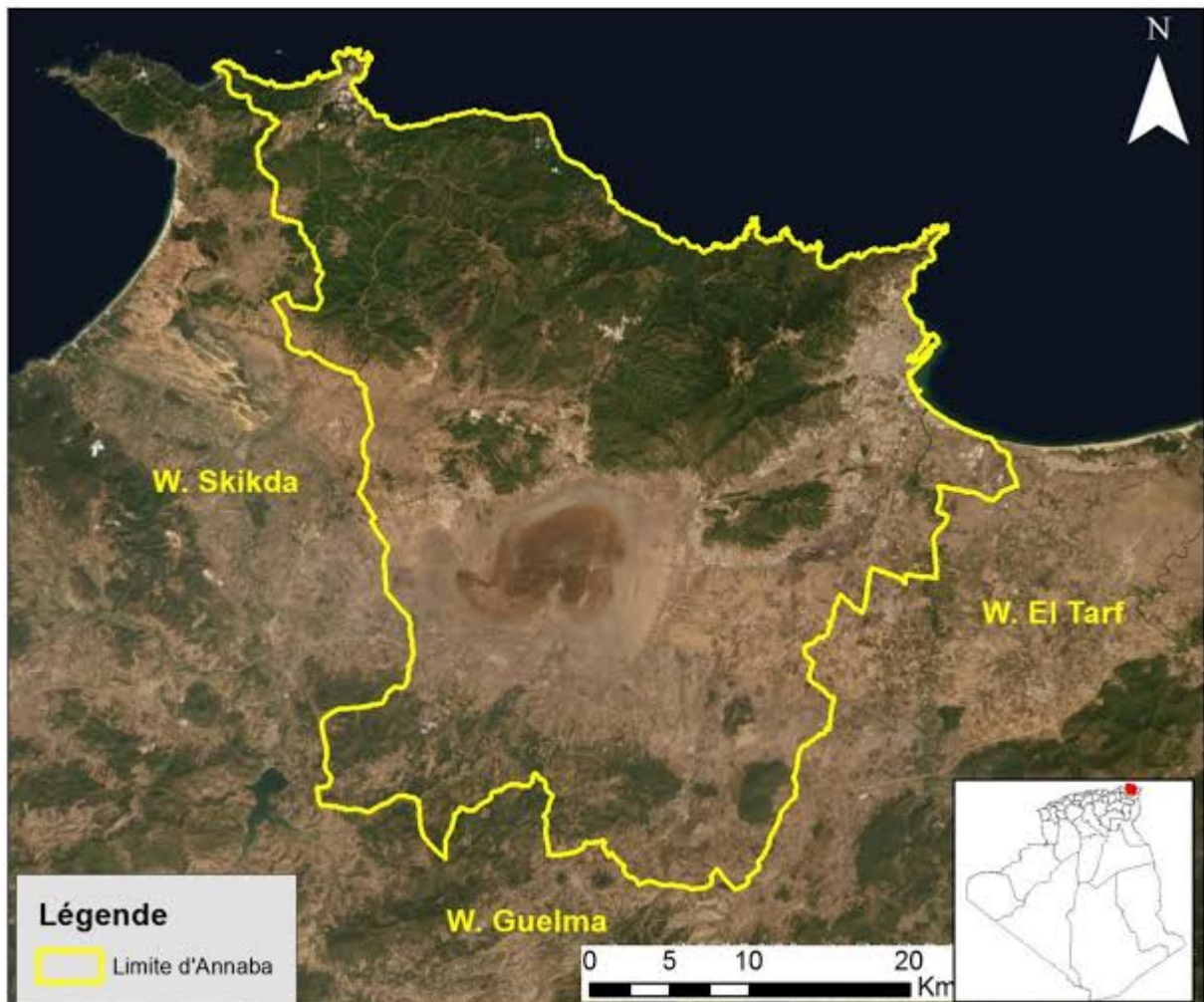


Figure 13: Situation de Annaba. Source: Direction de l'Urbanisme et de la Construction, PDAU, 2008.

2) Climat de la region de Annaba:

Le climat d'ANNABA apparaît à travers les chiffres comme un climat type méditerranéen avec des étages bioclimatiques subhumide et humide, caractérisé par des températures douces en hiver, chaudes en été et des précipitations abondantes marquées par des pics de pollution en été dus à la transformation photochimique et à l'importance des sources de pollutions dans la ville. (Abdeldjouad, 2014).

3) Hydrodynamisme/courants:

Le régime des courants dans le golfe d'Annaba, à l'ouverture du golfe, après le Cap de Garde, se fait sentir avec une circulation générale méditerranéenne, orientée d'Ouest en Est avec une vitesse fluctuante selon les saisons et qui pourrait atteindre 0,50 à 1 m/s (Anonyme, 1976). Ce courant relativement permanent, tend à se propager dans l'échancrure du golfe, en s'infléchissant vers le Sud-est et en diminuant d'intensité jusque vers 0,50 m/s'. Le courant décolle de la face Sud-est du cap de Garde en direction de l'embouchure de l'oued Mafrag.

Toutefois, on note de lents tourbillons plus ou moins vastes prenant naissance au cap de Garde et qui s'étendent au sud et au sud-est du port (BENCHEIKH et CHIHEB, 2021).

4) Facteurs physico-chimiques du milieu (température et salinité) :

- **Température:** Les variations de la température de l'eau dans le golfe d'Annaba sont importantes et similaires. La température passe de 14,60°C en Février dans la station du Cap de Garde à 26,80°C le mois d'Août au niveau de la station d'El-Kala, soit une amplitude de 12,20°C (Boumaza, 2014).
- **Salinité :** Elle varie entre 35.1psu en hiver et 37.5psu en été .Elle est comparable à celle des eaux du lavage dont la moyenne annuelle est de 37.4psu (Boumaza, 2014)

5) Données socio-économiques (Démographie / Phénomène de la littoralisation et Urbanisation) :

• Démographie:

Les wilayas du littoral sont caractérisées par un très fort indice de concentration de la population. La population de ces wilayas passe de 10,20 Millions en 1987 à 12,60 Millions puis à 14,50 Millions respectivement en 1998 et en 2008. L'an 2020 la population est estimée à 15,5 Millions de personnes (Office National des Statistiques, 2015). Sur une superficie de 1 412 km², la population d'Annaba passe de 466 839 personnes en 1987 à 557 818 personnes puis à 609 499 personnes respectivement en 1998 et en 2008. L'an 2020, cette population est estimée à 715 370 personnes (Office National des Statistiques, 2015).

• Phénomène de la littoralisation et Urbanisation:

Les menaces sur la côte ne se limitent pas aux impacts des installations portuaires sur le fonctionnement du milieu naturel. Elle concernent aussi les projets de construction des cabanons et d'hôtels « les pieds dans l'eau ». Cette occupation affecte beaucoup plus les sites côtiers, proches des grands centres villes urbains, qui reçoivent des populations provenant des grandes villes limitrophes. L'aménagement de ces zones, au préalable limité à quelques maisons estivales réputées pour la préservation de la qualité paysagère des plages, offre aujourd'hui une image de dégradation de paysages et de la nature (Ghodbani et Bougherira, 2020).

L'effet de l'action combinée de l'urbanisation anarchique et de l'érosion de la côte se connaît à travers la perturbation de la dynamique côtière. Le blocage des échanges sédimentaires transversaux (marine – terrestre), par les aménagements, constitue une préoccupation de premier ordre pour la recherche de solutions adaptées à la protection du rivage (Ghodbani et Bougherira, 2020).

6) Réseau hydrographique

Le bassin versant Seybouse se situe à l'Est algérien. Sa superficie est de 6 475 km², parmi les bassins à écoulement exoréique. Il représente un intérêt hydrologique prépondérant, en raison de l'importance des flux transportés vers la mer, notamment en périodes pluvieuses (Mansouri, 2016).



Figure 14: Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse (Reggam, 2014)

Le réseau hydrographique représente l'ensemble des cours d'eau, y compris les affluents permanents ou temporaires, à travers lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement convergent vers un point unique de vidange du bassin versant. En observant la carte du réseau hydrographique (Figure 11 et 14), on remarque que la confluence entre l'Oued Cherf

(88, 61 km) et l'Oued Bouhamdane (37, 49 km) donne naissance à l'Oued Seybouse (134, 74 km).

7) Le tissu industriel:

Située au Nord-Est de l'Algérie, entre les latitudes 36°30' Nord et 37°03' et longitudes 7°20' Est et 8°40' Est, Annaba s'étale sur une superficie de 1411,98 km² avec une population estimée à 675273 habitants en 2018 (ANIREF DZ, 2018).

Le tissu industriel est composée de:

➤ Complexe des Engrais Phosphatés et Azotés « ASMIDAL »

- Complexe Implanté à proximité de la ville à 4 km d'El-Bouni, dégage dans l'atmosphère du phosphore, du phosphate et du chlore. Le complexe « ASMIDAL » occasionne les insuffisances respiratoires aiguës, des affections de l'appareil locomoteur, des affections oculaires, neurologiques, urinaires, dermatologiques, etc.
- A partir de 1995, des mesures de dépollutions ont été prises par l'arrêt de l'exploitation de l'unité acide phosphorique, source de pollution littorale, et l'unité acide sulfurique source de pollution atmosphérique (ABDELJOUAD, 2014)

Les différents polluants dégagés dans l'atmosphère de la région de Annaba sont de :

- 5160T/an de poussière d'engrais (ABDELJOUAD, 2014)

- 1281T/an de poussière d'ammonium (ABDELDJOUAD, 2014)

➤ **Complexe Sidérurgique d'El-Hadjar « ex: SIDER »**

- Situé à 7km de l'agglomération d'Annaba.

Ce complexe génère:

35T/an de poussière issue de la préparation du minerai et aggloméré, des hauts fourneaux, de la cokerie et de l'aciérie électrique (ABDELDJOUAD, 2014)

- 1220T/an d'ammoniac (ABDELDJOUAD, 2014)
- 660T/an de phénols et 4100T/an d'oxydes de soufre (ABDELDJOUAD, 2014)

➤ **-Centrale Electrique la centrale thermique**

Localisée au niveau de la ville portuaire, la centrale électrique (production de l'électricité) alimente la partie de l'Est. Elle utilisait comme combustible le fioul qui dégage dans l'air des polluants divers (soufre, monoxyde de carbone). Dès les années 1990, la centrale actuel a connu quelques rénovations voire des progrès en termes de combustible par l'adoption du gaz nature comme substitut au fioul afin d'atténuer le taux. (ABDELDJOUAD, 2014)

Une quantité de 190 millions de m³/an de gaz naturel est utilise par la central (ABDELDJOUAD, 2014)

Manutention et exportation par voie maritime des produits (fer, phosphate)
Dégagement de poussière au cours de ces opérations sur le flan Sud-est du port (ABDELDJOUAD, 2014)

Les principaux polluants émis: poussière, CO (ABDELDJOUAD, 2014)

➤ **-Le parc automobile d'Annaba:**

Le réseau de transport urbain dans les pays en voie développement se caractérise d'une part par son inégale répartition spatiale et d'autre part par la recrudescence du phénomène de congestion des voies. La ville d'Annaba souffre d'une insuffisance du réseau routier doublée d'une généralisation du système de transport individuel, ce qui provoque des bouchons réguliers rendant difficile la mobilité urbaine. L'incompatibilité du parc automobile avec le linéaire de voirie fait observer des phénomènes de congestion sur plusieurs voies simultanément. Le nombre de véhicules, mais d'avantage la qualité desdits véhicules déterminent le volume de gaz d'échappement émis. (ABDELDJOUAD, 2014)

Tourisme:

La plage Chapuis (Rizzi Amor), d'un sable fin de très haute qualité, qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres, est l'une des plages les plus visitées à Annaba. Elle fait partie des quatre belles plages de la ville d'Annaba, qui sont situées dans la partie nord de la ville.

La plage Chapuis ou Rizzi Amor est à quelques centaines de mètres de la plage Saint Cloud, séparée de celle-ci par la nouvelle corniche ou par le château « Résidence présidentielle » juché sur le sommet de sa colline, en prenant le grand boulevard.

A partir de la plage Chapuis ou Rizzi Amor, vacanciers, touristes et visiteurs, n'ont que quelques mètres à parcourir pour rejoindre les trois autres plages. (Rizzi Amor) (CHAWKI, 2009)

Sidi Salem est la première plage à l'est d'Annaba, située près de l'embouchure de l'oued Seybouse. Elle est facilement accessible depuis le centre-ville et est entourée de paysages naturels pittoresques.

La plage s'étend sur près de quatre kilomètres de sable fin, ce qui en fait un espace vaste et agréable pour les baigneurs et les familles.

C'est un lieu populaire pour diverses activités estivales, y compris la baignade, le

bronzage et les pique-niques. La plage est également un point de départ pour certains départs clandestins, ce qui lui a valu une réputation particulière dans le passé (CHAWKI, 2009).

B. Échantillonnage :

1. Préparation du Matériel:

Decontamination: Avant l'échantillonnage, le filet Manta doit être lavé à l'envers pendant au moins 10 minutes pour éviter toute contamination des échantillons.

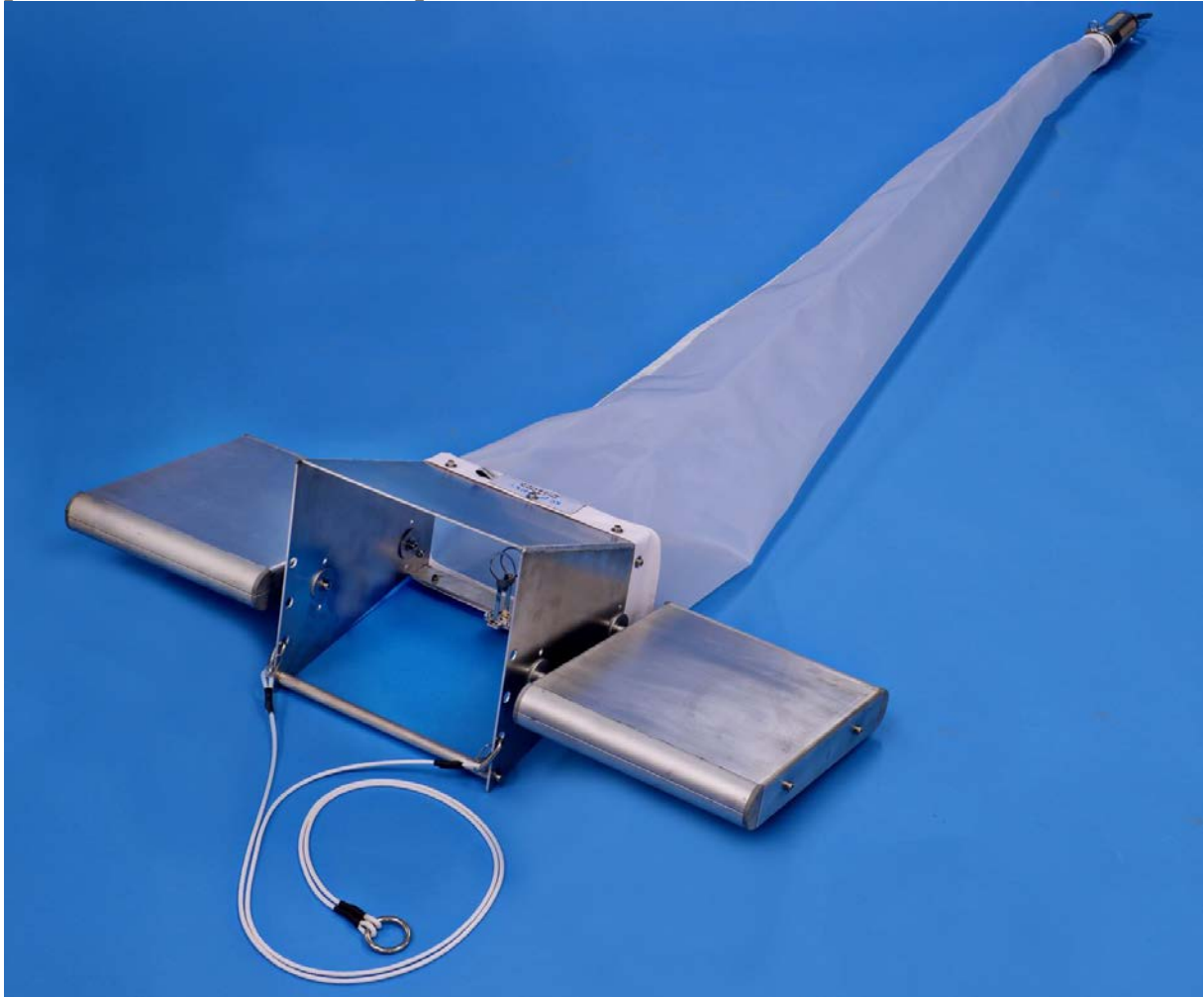


Figure 15: Filet Manta avec volucompteur digital (Anonyme 3, 2020)

2. Échantillonnage :

Positionnement: Placer le filet Manta à la surface de l'eau, en s'assurant qu'il est correctement orienté pour capter les MPs flottants.

Filtration: Filtrer un grand volume d'eau (idéalement plusieurs dizaines de mètres cubes) pendant environ 30 minutes ou jusqu'à ce que le filet soit colmaté. Noter les heures de début et de fin, ainsi que la vitesse de l'eau.

Conservation: Placer les échantillons dans un récipient en verre avec de l'eau filtrée pour préserver leur intégrité jusqu'à analyse.

C. TRAVAIL EXPERIMENTALE :

1. Tamisage :

Récupération des Échantillon: Retirer le contenu du filet et le transférer sur un tamis de 0.33mm pour séparer les MPs de l'eau.

Dans cette étape, nous faisons passer l'échantillon à travers 2 tamis de taille différentes successivement (0.5 et 0.3 mm) afin d'obtenir la fraction fine de l'échantillon adopté pour l'étape suivante (figure 16)



Figure 16 : le tamisage de l'échantillon (originale, 2024)

2. Préparation de la solution Fe^{2+}

Dans un bécher; nous ajoutons $FeSO_4$ dans l'eau distillée puis une quantité d'acide sulfurique dans un but de précipitation (figure 17)



Figure 17: la préparation de la solution Fe^{2+} (originale, 2024)

3. Préparation de la solution :

A l'aide d'une pipette, nous ajoutons une solution (Fe^{2+} + eau distillée) à un échantillon, puis (H_2O_2) nous couvrons la solution à l'aide d'un verre de montre et nous la laissons reposer pendant 5min (figure 18).



Figure 18: la decantation de la solution (originale, 2024)

Nous mettons la solution en agitation pendant 30min (75°C, 3 rotations, à l'aide d'un barreau magnétique) jusqu'à ce que les bulles apparaissent. Le but de cette opération c'est l'oxydation (figure 19)



Figure 19: l'agitation de la solution (originale, 2024)

4. L'ajout de H₂O₂ :

Afin d'assurer la dissolution et la disparition de la matière organique, (H₂O₂) doit être ajouté toutes les 30 min avec l'agitation (figure 20) et (figure 21)



Figure 20: l'ajout du H₂O₂ (originale, 2024)



Figure 21: l'agitation de solution (originale, 2024)

5. L'ajout de NaCl :

Afin d'obtenir une solution dense, nous ajoutons (NaCl) jusqu'à la dissolution dans un but de separation des phases matière organique et microplastiques (figure 22)



Figure 22: l'ajout de NaCl (originale, 2024)

6. La decantation de la solution :

Nous mettons la solution dans un ballon à décantation et la recouvrons complètement de papier d'aluminium et laissons reposer pendant 24 heures (Figure 23) et (figure 24)



Figure 23: la décantation de la solution (originale, 2024)



Figure 24: solutions couvertes de papier aluminium (originale, 2024)

7. La récupération de l'échantillon:

Après 24 heures, nous versons la solution dans un cristallisateur avec l'aide d'un tamis de 0.3mm pour obtenir l'échantillon, et à l'aide d'eau distillée nous avons lavons la fermeture en verre et le ballon pour ne pas perdre l'échantillon. Puis nous verson dans une boîte de pétri. (Figure 25).



Figure 25: la récupération de la solution (originale, 2024)

8. L'observation à la loupe binoculaire :

Nous prélevons l'échantillon et le plaçons sous la loupe binoculaire pour effectuer le comptage des MPs (figure 26) et (figure 27)



Figure 26: l'échantillon dans une boîte de pétri (originale, 2024)



Figure 27: le comptage des MPs sous la loupe binoculaire (originale, 2024)

CHAPITRE 3:

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats :

Cette étude vise à quantifier et à identifier les microplastiques présents dans la couche d'eau superficielle du littoral de Annaba

Les résultats présentés dans cette section sont basés sur des échantillons prélevés dans divers sites, choisis pour leur pertinence par rapport aux activités humaines susceptibles de contribuer à la pollution plastique. Les méthodes d'analyse employées incluent la filtration, le "traitements oxydatif ou "oxydation avancée" et la microscopie (binoculaire et steromicroscope Leica couplé à un ordinateur), permettant d'identifier les types de MPs présents et leur concentration dans les échantillons.

Les questions de recherche qui guident cette analyse incluent:

- Le nombre des microplastiques dans les échantillons d'eau collectés
- Les types de microplastiques sont les plus fréquemment détectés
- La mise en évidence des variations significatifs de concentration entre les différentes stations?

Caractérisation et quantification des Types des MPs dans les différents station (S) de la région d'Annaba (AN) :

Tableau 09: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S1:

Type	Nombre
Fragment	43
Granulé/Pellets	0
Microbille	27
Fil	272
Fibre	386
Film Fin Transparent	50
Mousse	0
Autre	0

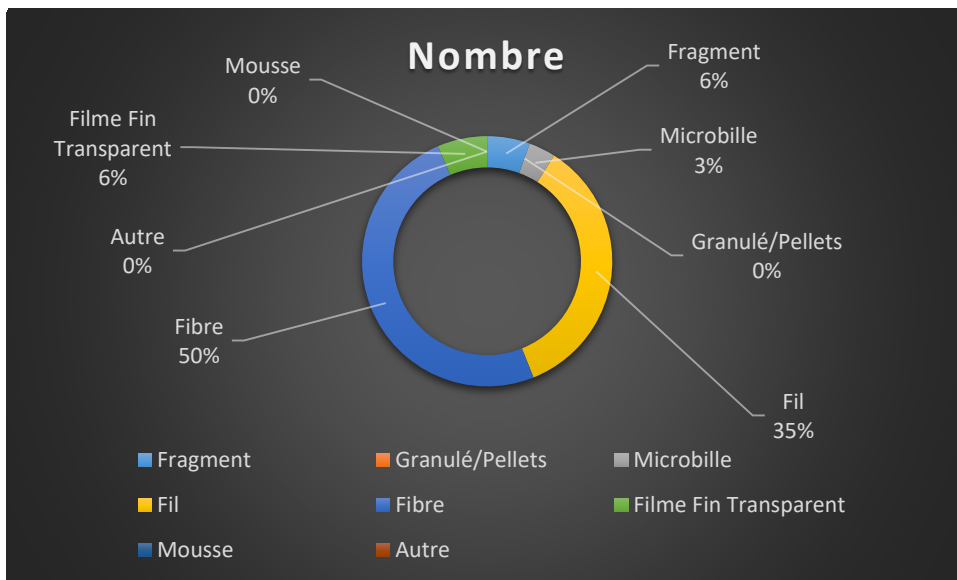


Figure 28: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S1

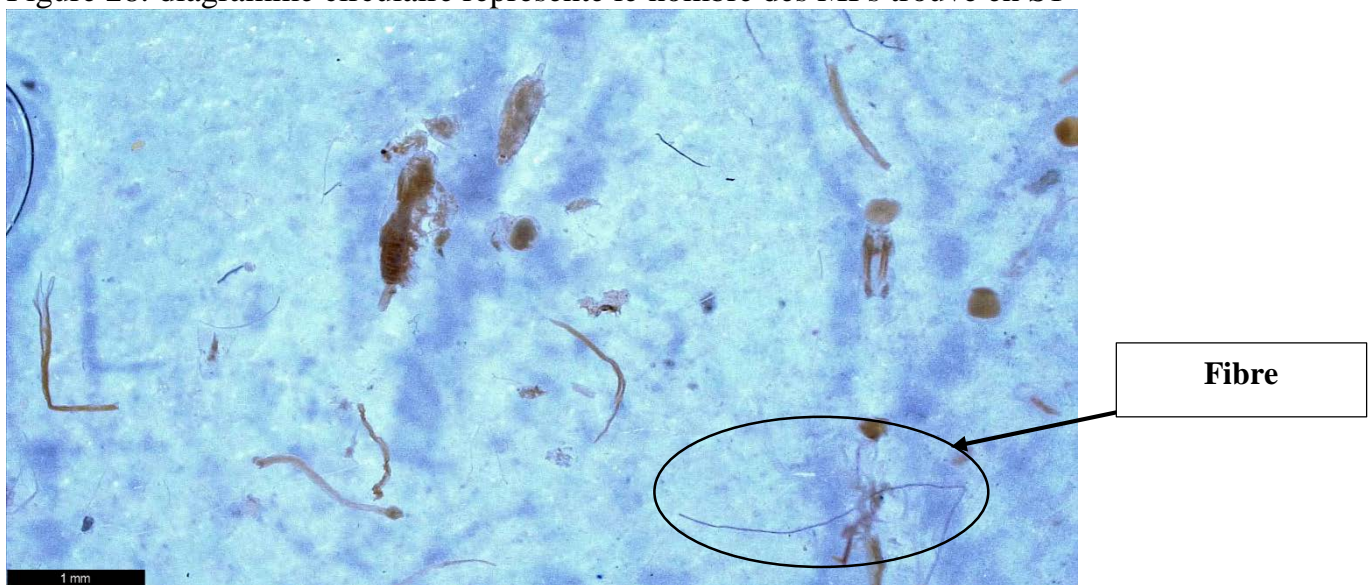


Figure 29: les différents types des MPs trouvés dans S1 (AN) photo prise par stereomicroscope ($\times 40$)

A partir de la figure 30 et tableau 10, nous avons remarqué que les fibres ont le pourcentage le plus élevé dans cette station, car ils représentent la moitié de la quantité à 50%, suivi de Fils à 35%, tandis que nous avons enregistré un petit pourcentage dans chacun des Microbilles 3%, les Fragments 6% et les Films Fin Transparents (6%), et une absence totale de Mousse 0% et les Autres types de MPs 0%.

Tableau 10: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S2

Type	Nombre
Fragment	23
Granulé/Pellets	2
Microbille	1
Fil	162
Fibre	204
Film Fin Transparent	9
Mousse	3
Autre	0

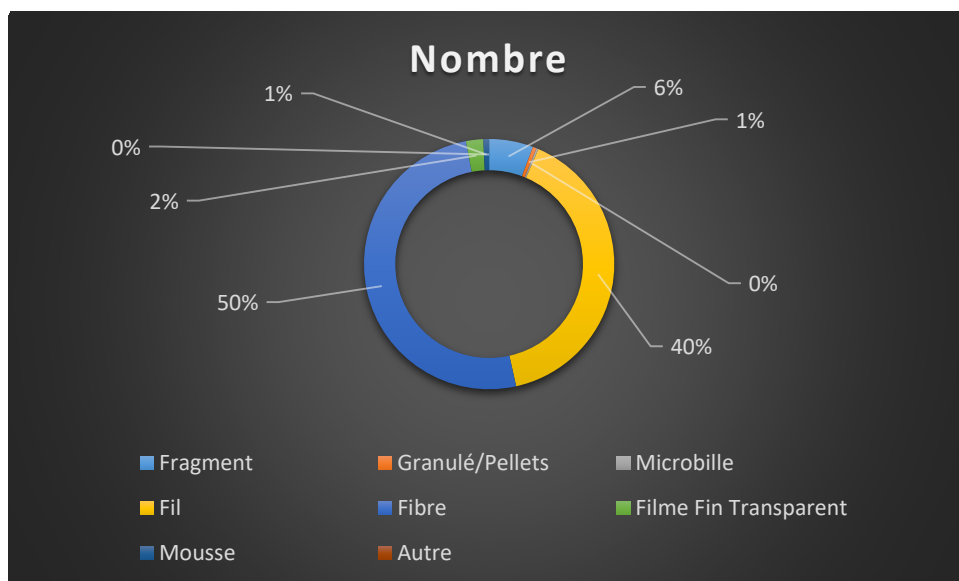


Figure 30: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S2



Figure 31: photo prise par stéréomicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S2

Les Fibres c'est Le pourcentage le plus élevé 50% suivi d'une grande augmentation du pourcentage des Fils 40%
 Une diminution remarquée, les Films fins transparents 2% et un accord relatif entre Mousse, et Granulé 1% et une absence totale des Microbilles et les Autres types de MPs 0%.

Tableau 11: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S3

Type	Nombre
Fragment	6
Granulé/Pellets	2
Microbille	3
Fil	20
Fibre	13
Film Fin Transparent	0
Mousse	0
Autre	0

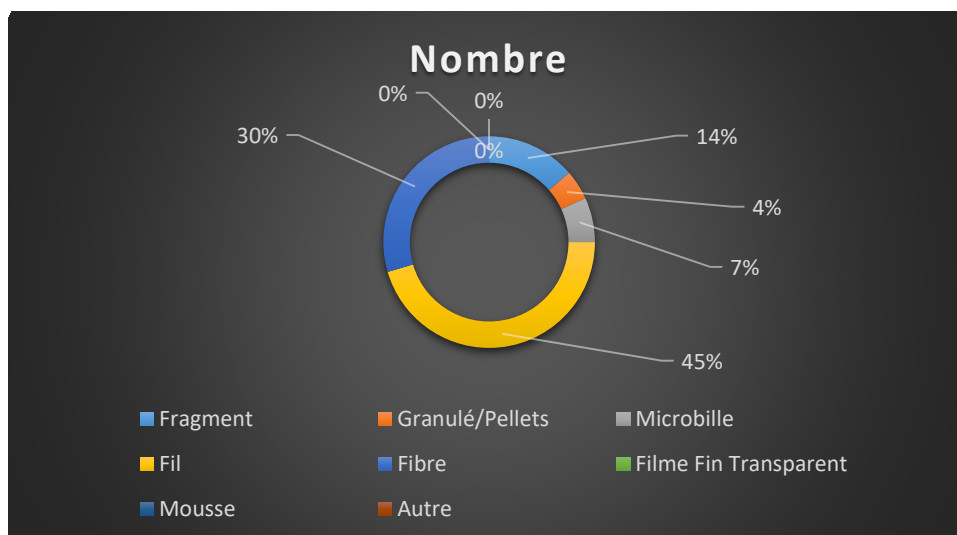


Figure 32: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S3

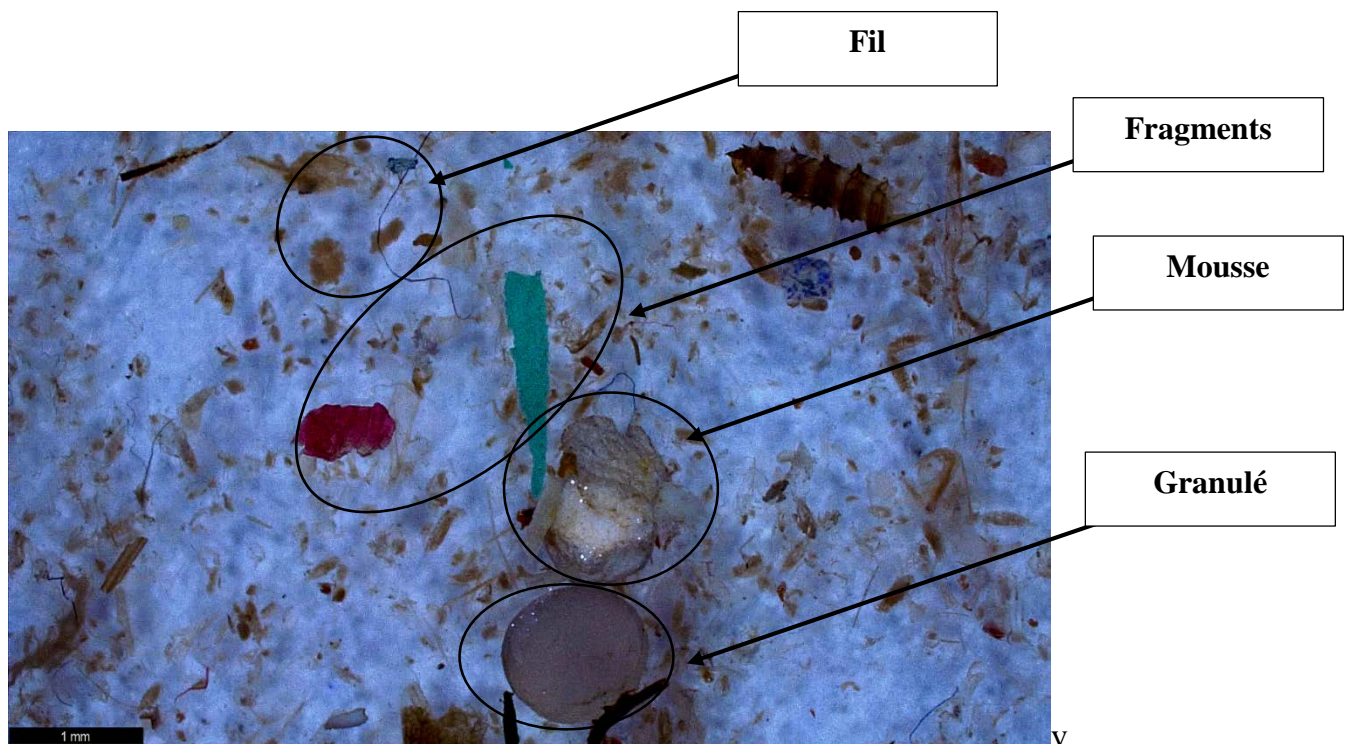


Figure 33: photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S3

Une augmentation des les Fils 45% (le pourcentage le plus élevé), chez les Fibres 30% et chez les Fragments 14%

Une damnation chez les Microbilles 7% et Granulé 4% avec un accord relatif négatif sur les Autres, les Mousses et les Films fins transparents (0%)

Tableau 12: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S1'

Type	Nombre
Fragment	109
Granulé/Pellets	48
Microbille	50
Fil	53
Fibre	220
Film Fin Transparent	105
Mousse	142
Autre	0

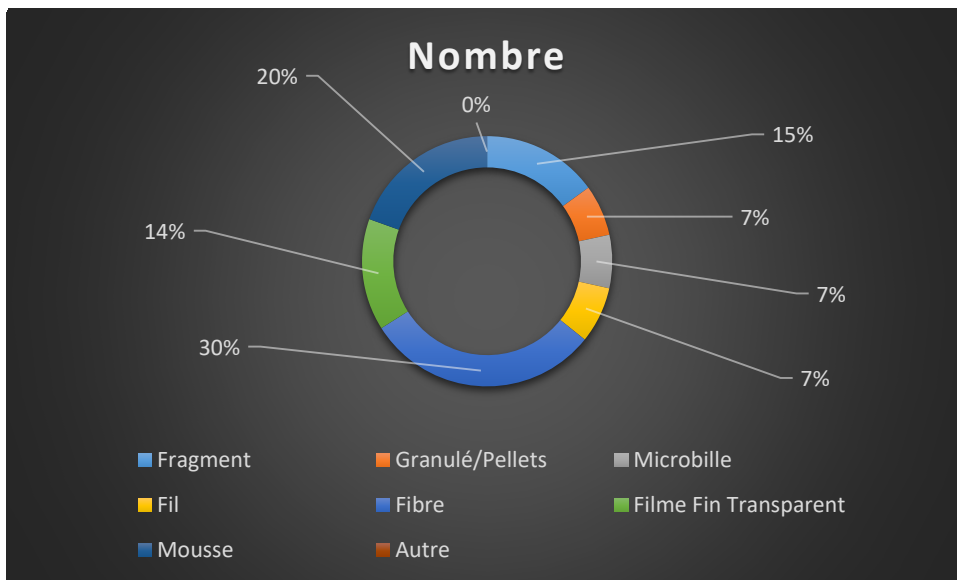


Figure 34: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S1' Dans cette station, nous avons un accord relatif entre Fil 7%, Microbille 7%, et Granulé et Pellets 7%.

Les Fibres c'est Le pourcentage le plus élevé 30% suivi d'une augmentation du pourcentage des les Mousse 20%

Nous enregistrons les Films Fin Transparents 14% et les Fragments 15% comme pourcentage le plus faible. Et les Autres avec 0%.

Tableau 13: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S4

Type	Nombre
Fragment	10
Granulé/Pellets	6
Microbille	4
Fil	20
Fibre	77
Film Fin Transparent	9
Mousse	2
Autre	0

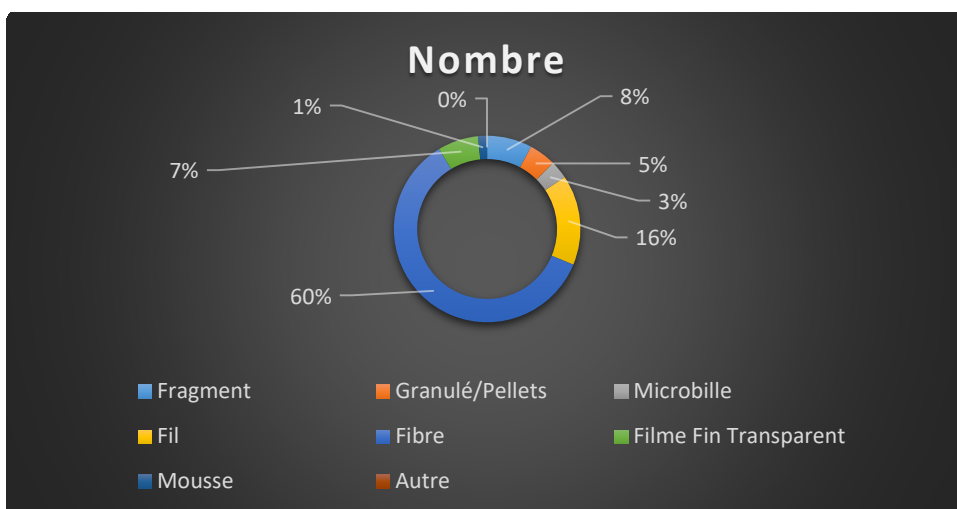


Figure 35: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S4

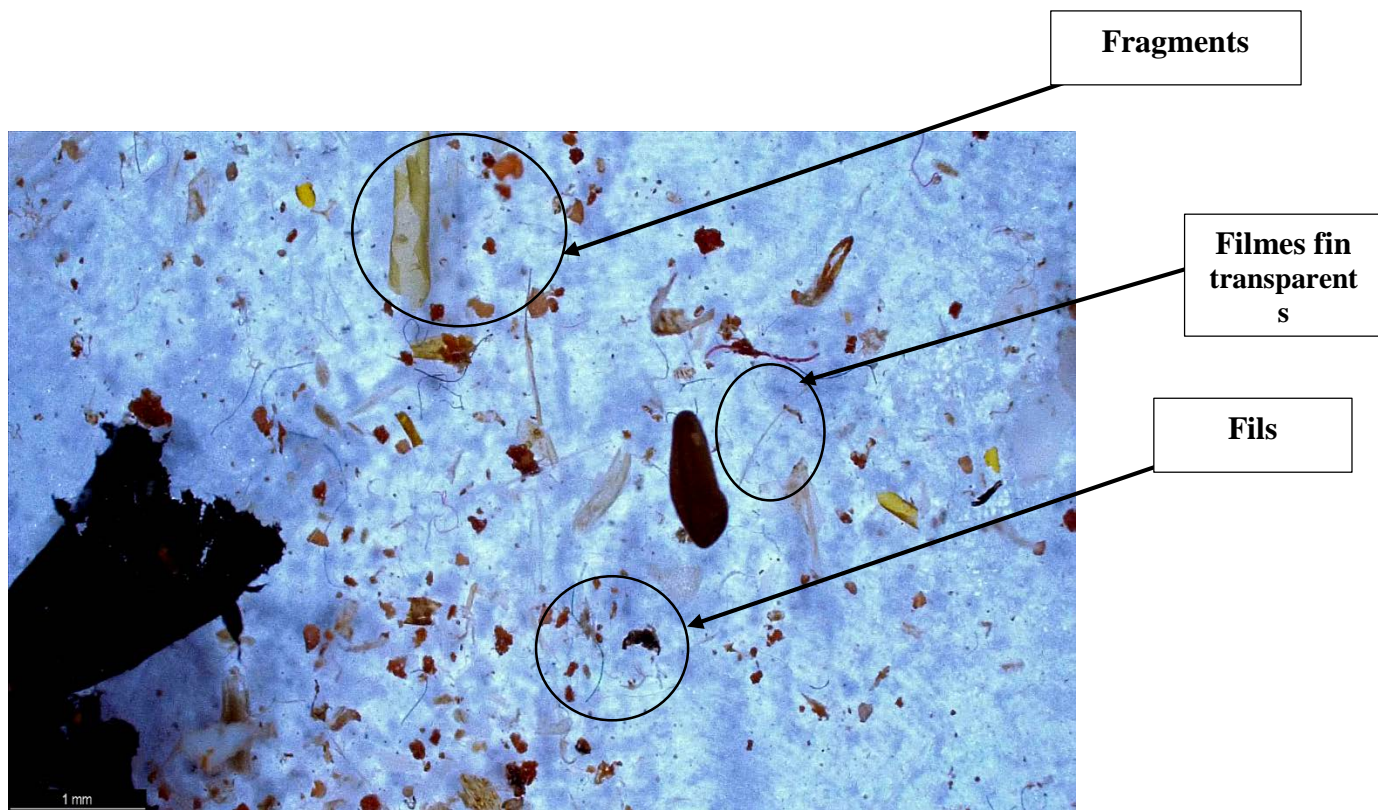


Figure 36: photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S4

Nous constatons que le pourcentage le plus élevé est celui des Fibres 60% ;Tandis que l'on note la variation du pourcentage restant, où les Fils (16%), les Microbilles (3%) , les Granulés (5%) ,les Films Fins Transparents (7%) et un manque des Autres (0%)

Tableau 14: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S5

Type	Nombre
Fragment	10
Granulé/Pellets	12
Microbille	5
Fil	12
Fibre	40
Filme Fin Transparent	2
Mousse	0
Autre	0

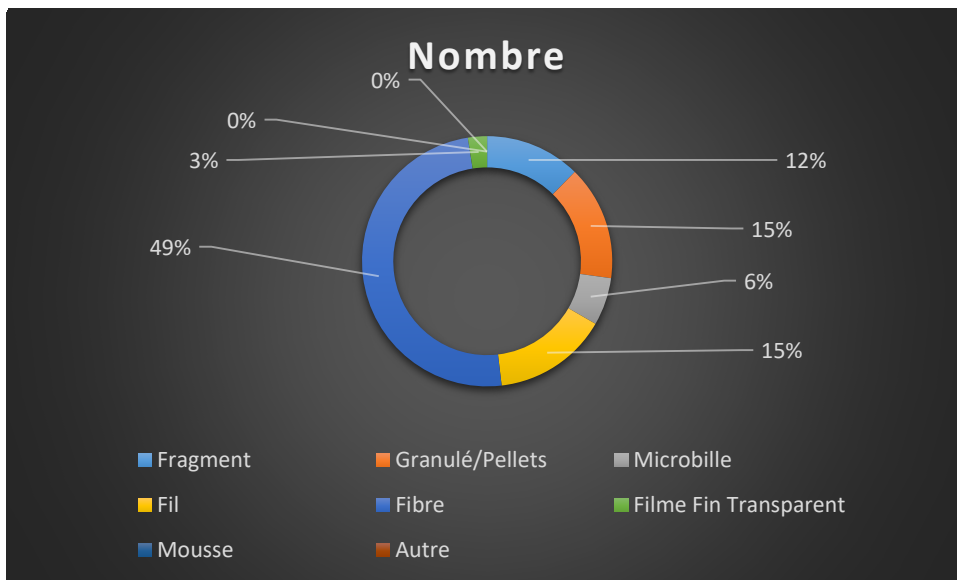


Figure 37: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S5

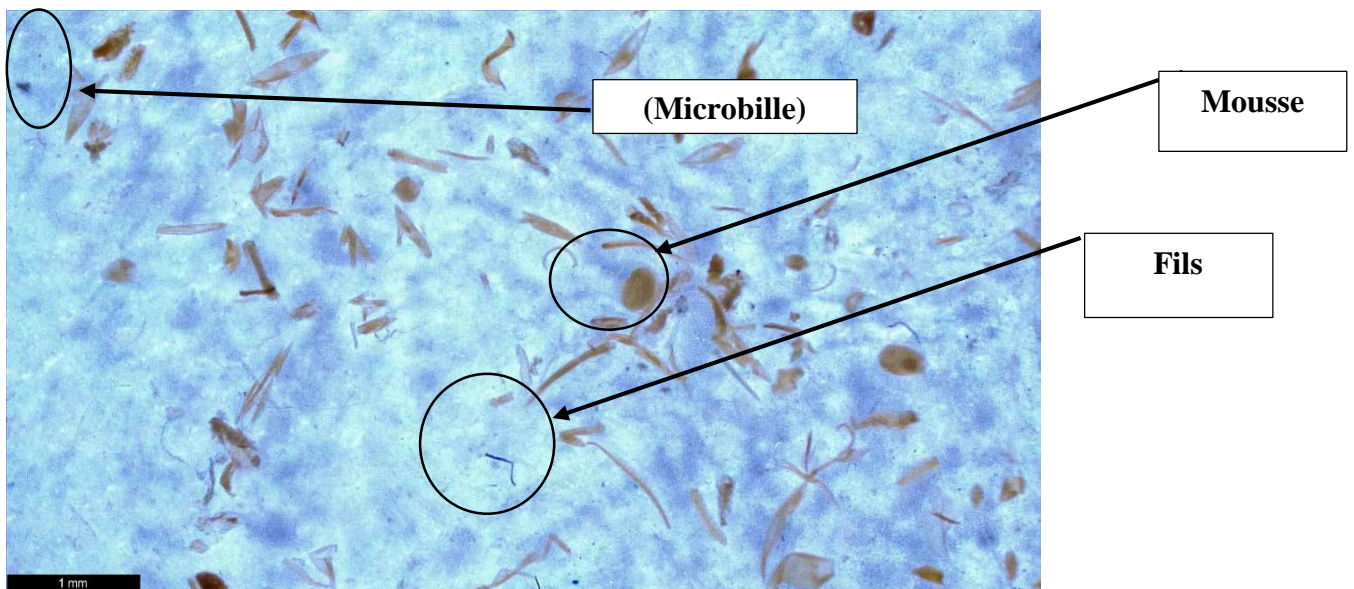


Figure 38: photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S5

Nous remarquons la présence d'un seule pourcentage élevée 49% en Fibre, tandis qu'une variation des valeurs inférieures 3%, 6% en Microbille et 12% en Fragment, une similitude de deux valeurs les Fils et les Granulés 15% et une absence constante du rapport 0% en Autre.

Tableau 15: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S6

Type	Nombre
Fragment	12
Granulé/Pellets	0
Microbille	2
Fil	26
Fibre	50
Filme Fin Transparent	1
Mousse	6
Autre	0

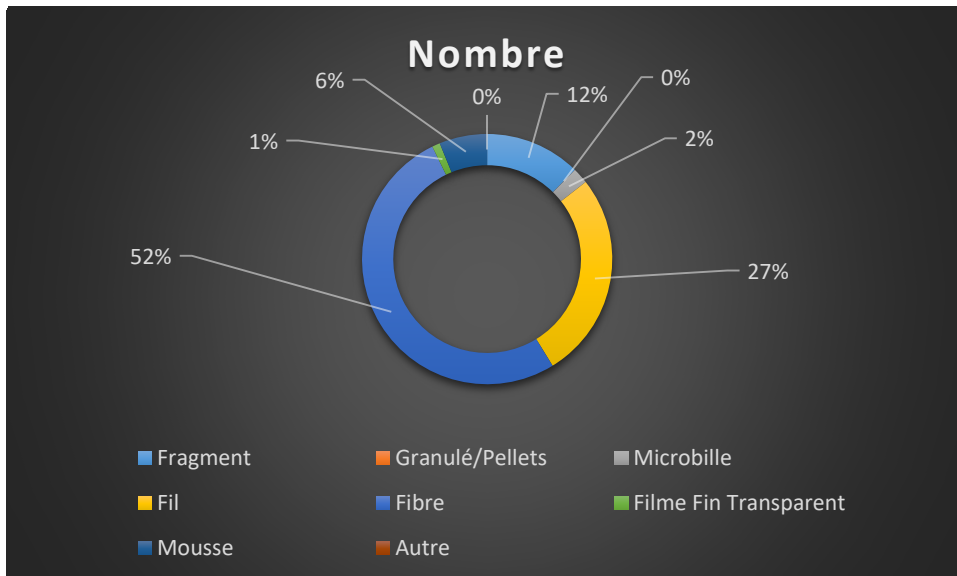


Figure 39: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S6

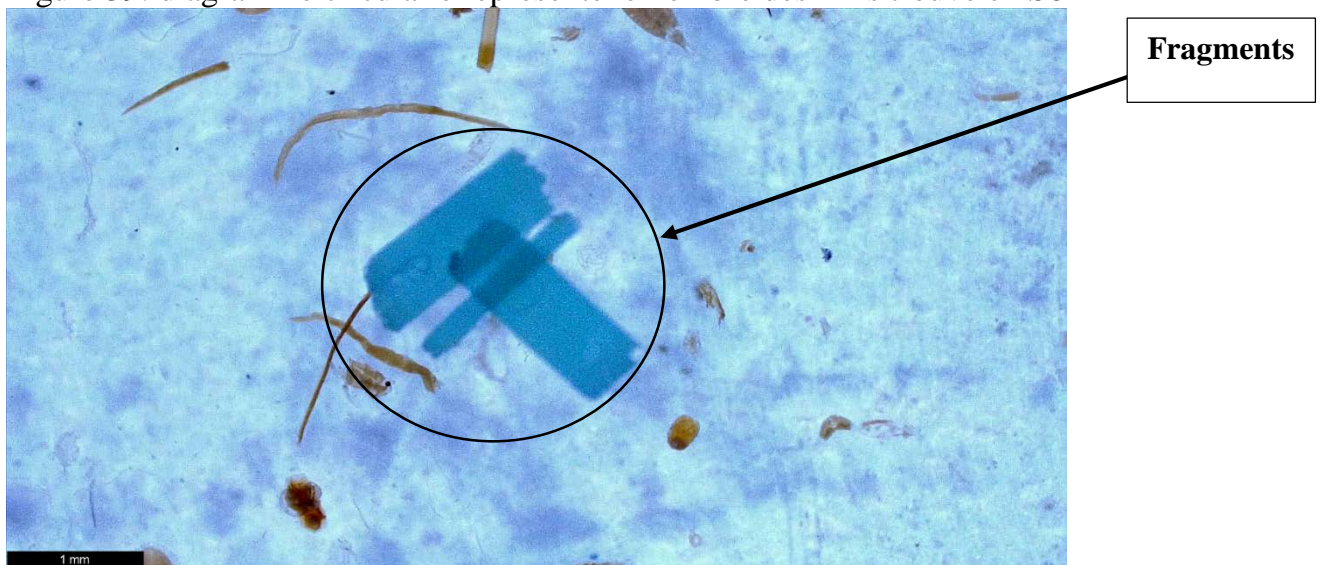


Figure 40: photo prise par stereomicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S6

Une augmentation du pourcentage des Fibres et les Fils (52% et 27%), une stabilité en fragment (12%)

Tandis qu'il ya une diminution en Microbille, Film fin transparent et Mousse

Une absence continue en Autre et Granulés

Tableau 16: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S7

Type	Nombre
Fragment	15
Granulé/Pellets	0
Microbille	0
Fil	21
Fibre	120
Filme Fin Transparent	4
Mousse	79
Autre	0

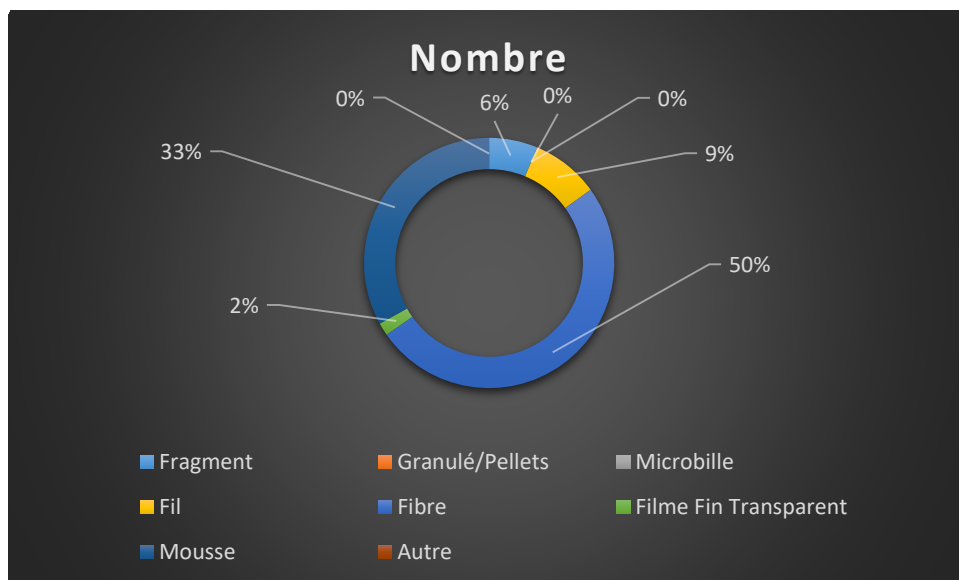


Figure 41: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S7

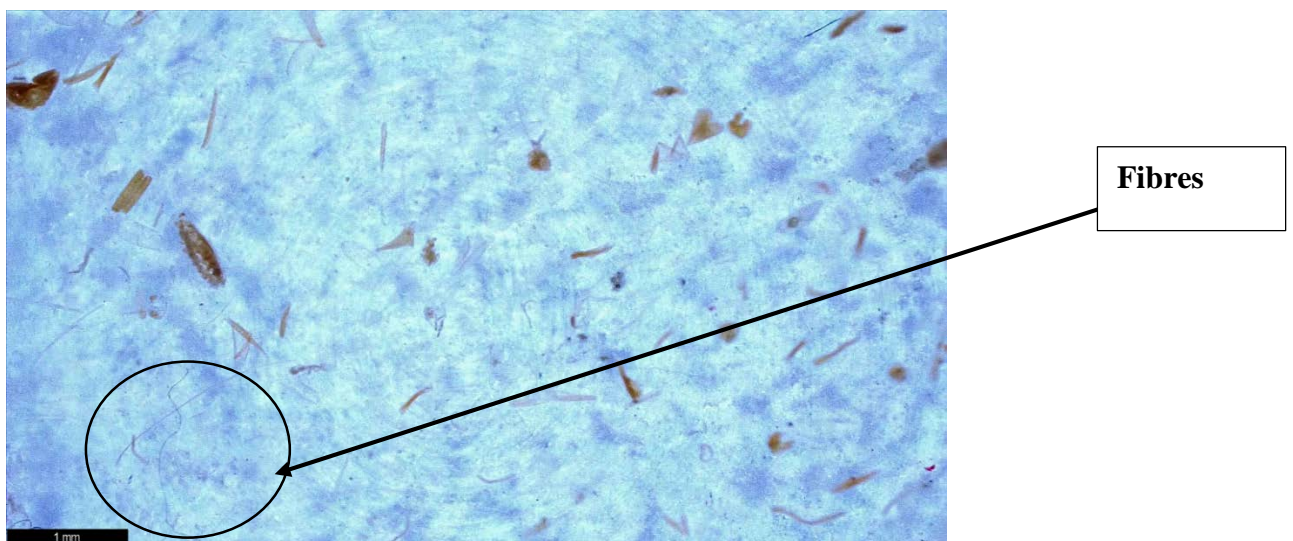


Figure 42: photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S7

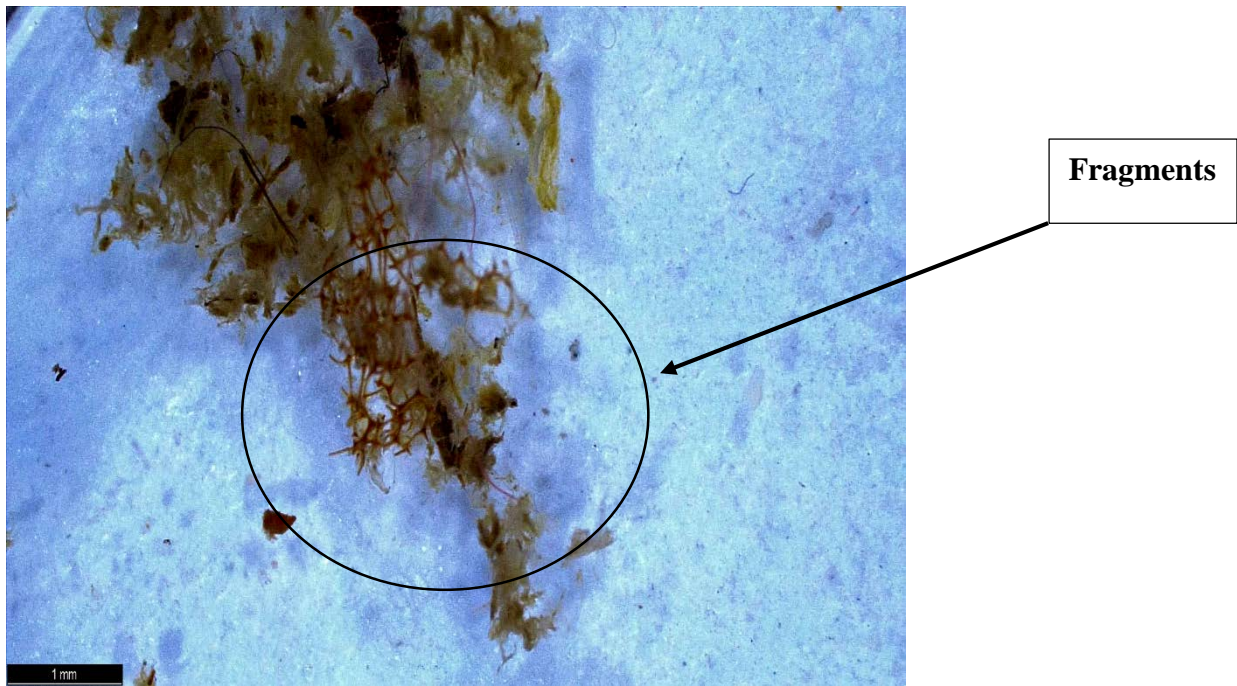


Figure 43: photo prise par steromicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S7

Nous remarquons une augmentation du pourcentage des Mousse 33% dans cette station, avec une variation des pourcentages minimaux les Films Fin Transparents 2% et les Fragments 6%

Diminution du fil à 9%, avec un manque continu de pourcentage des Autres 0% et un manque de pourcentages de Granulés et les Microbilles 0%.

Tableau 17: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S8

Type	Nombre
Fragment	1
Granulé/Pellets	0
Microbille	0
Fil	13
Fibre	109
Filme Fin Transparent	0
Mousse	10
Autre	0

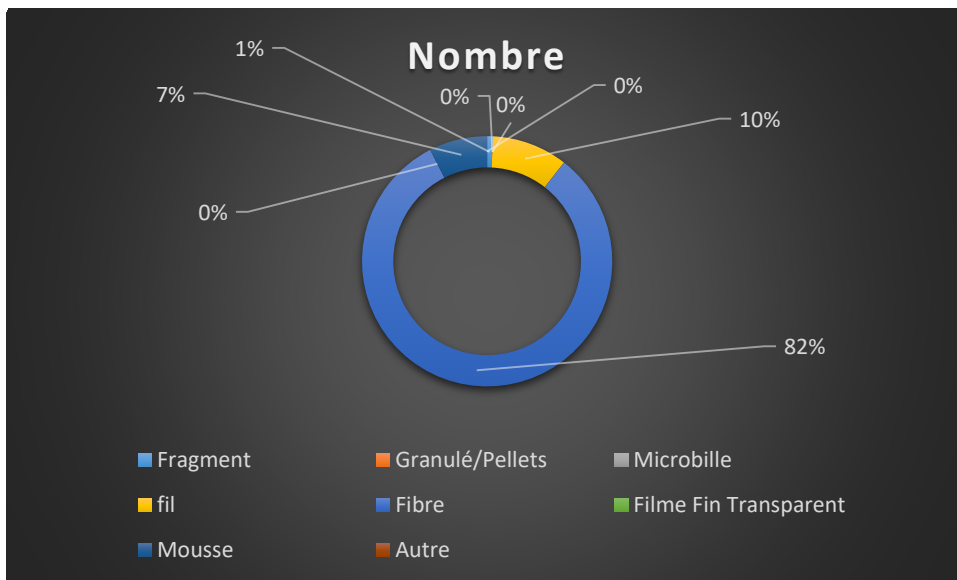


Figure 44: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S8

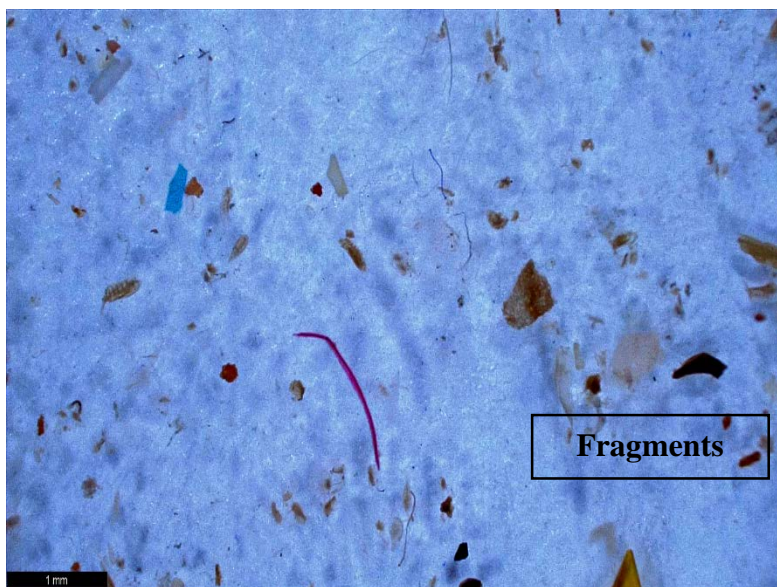


Figure 45: photo prise par steromicroscope (×40) représentant les différents types de microplastiques de la station S8

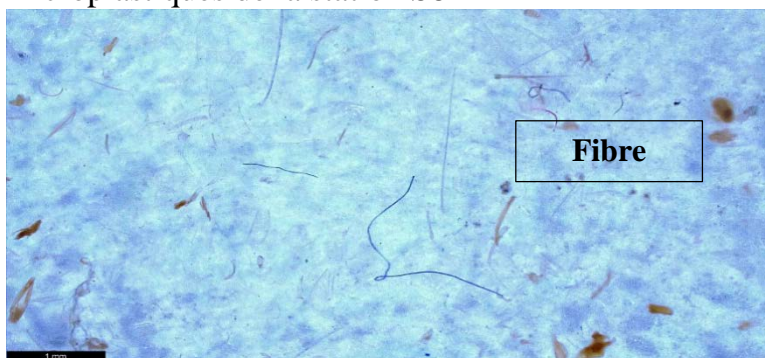


Figure 46: photo prise par steromicroscope (×40) représentant les différents types de microplastiques de la station S8

Une augmentation considérable en pourcentage des Fibres (82%) avec une petit augmentation en Fil 10%, tandis que nous remarquons une diminution en 2 Catégorie (Mousse 7% Fragment 1%) jusqu'à l'absence des reste (Autre, Granulé, Filme Fin Transparent, Microbille 0%)

Tableau 18: Tri, identification et quantification des Types des MPs de S9

Type	Nombre
Fragment	7
Granulé/Pellets	0
Microbille	0
Fil	30
Fibre	109
Filme Fin Transparent	13
Mousse	46
Autre	0

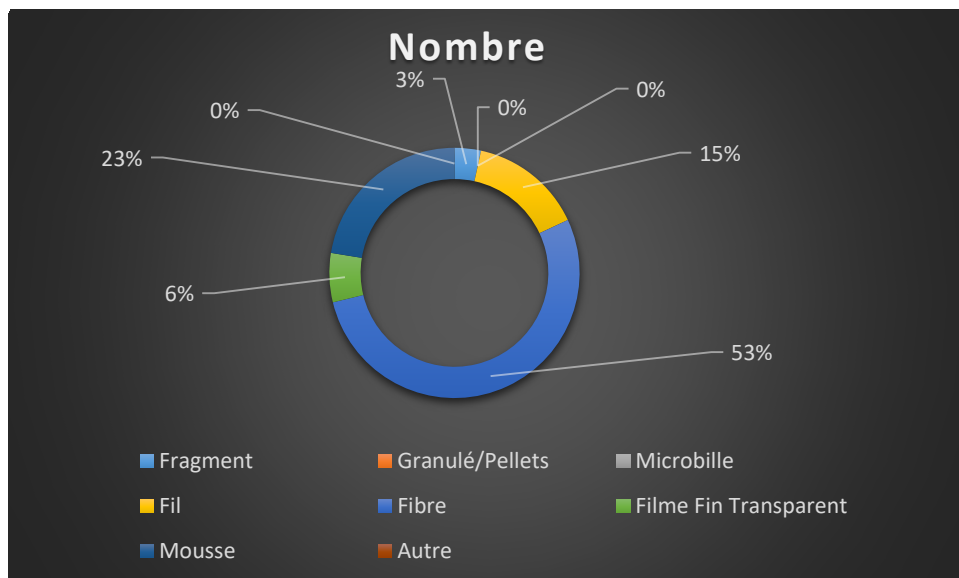


Figure 47: diagramme circulaire représente le nombre des MPs trouvé en S9

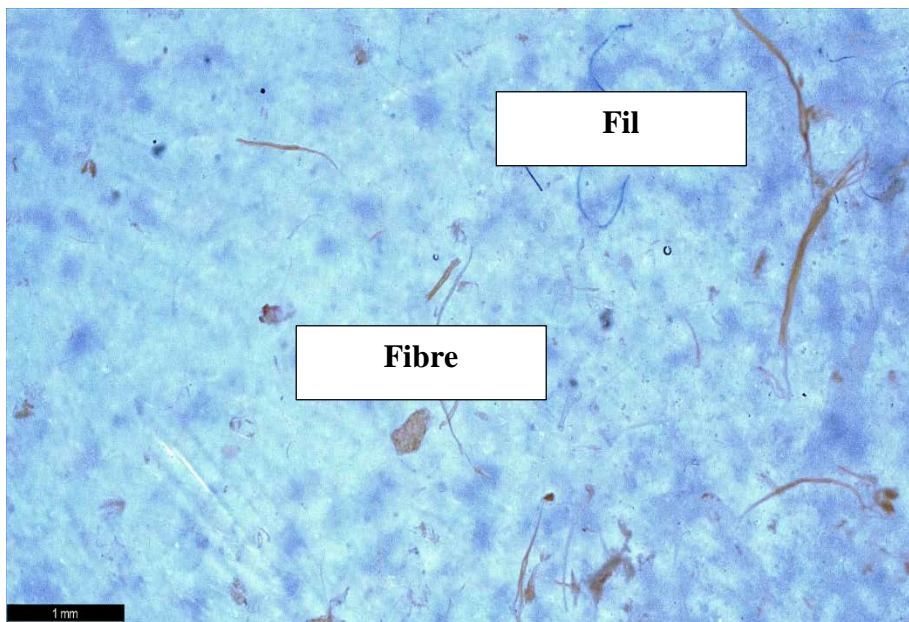


Figure 48: photo prise par stereomicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S9

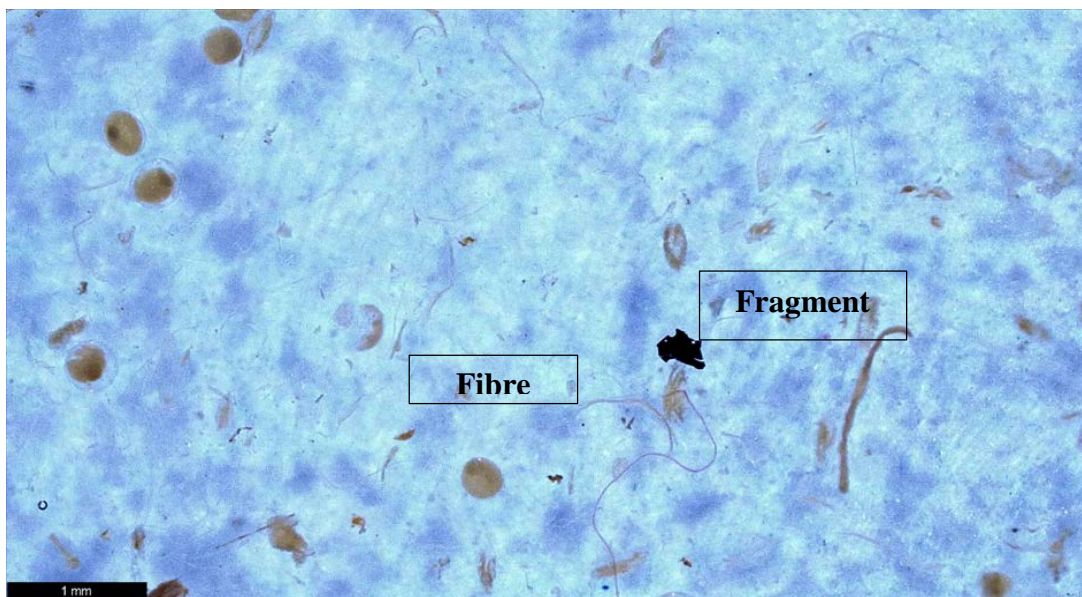


Figure 49: photo prise par stereomicroscope ($\times 40$) représentant les différents types de microplastiques de la station S9

Une diminution significative du pourcentage de Fibre 53%, une augmentation du pourcentage de Fil 15% et une stabilité des pourcentages de Fragment 3% et Filme Fin Transparent 6%

L'absence continue des Autre Granulés et Microbilles 0%

Tableau 19: présentation détaillé de la répartition des types des microplastiques collectés dans les différentes stations de la wilaya d'Annaba

station / type	1	1'	2	3	4	5	6	7	8	9
Fragment	43	109	23	43	10	10	12	15	1	7
Granulé/Pellets	0	48	2	0	6	12	0	0	0	0
Microbille	27	50	1	27	4	5	2	0	0	0
Fil	272	53	162	272	20	12	26	21	13	30
Fibre	386	220	204	386	77	40	50	120	109	109
Filme Fin Transparent	50	105	9	50	9	2	1	4	0	13
Mousse	0	142	3	0	2	0	6	79	10	46
Autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

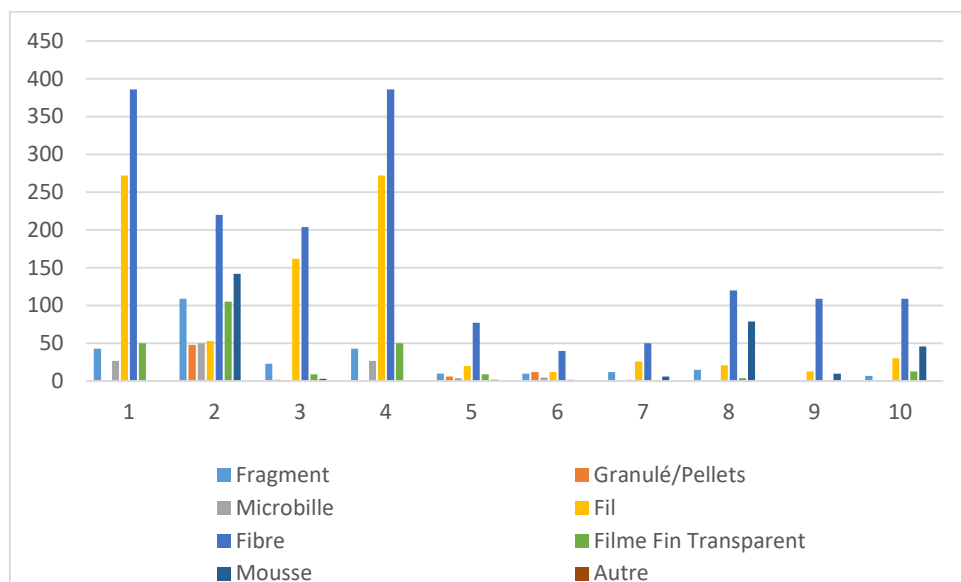


Figure 50: représentation graphique détaillé de la répartition des types des microplastiques collectés dans les différents station de la wilaya d'Annaba

Le tableau présente une analyse détaillée de la répartition des types de microplastiques collectés dans différentes stations de prélèvement, illustrant la diversité et l'abondance des particules dans la wilaya d'Annaba

Les fils et les fibres constituent les types de microplastiques les plus abondants, avec des concentrations élevées, surtout à la station 1 (272 pour les fils et 386 pour les fibres). Cela pourrait indiquer une pollution provenant des textiles, suggérant que les effluents des stations d'épuration ou les rejets des activités de lavage contribuent à cette contamination.

Les fragments représentent une part significative des microplastiques, avec des valeurs variant de 1 à 109 selon les stations. La station S1' montre la concentration la plus élevée (109), tandis que la station 9 enregistre la plus faible (1). Cela indique une forte présence de déchets plastiques dégradés dans l'environnement.

Bien que les granulés soient moins fréquents, la station 1 affiche une concentration notable de 48. Cela peut suggérer des rejets industriels ou des pertes lors de la manipulation de matières plastiques.

Les microbilles sont également présentes, avec des valeurs maximales atteignant 50 à la station 1'. Leur présence peut être attribuée à l'utilisation de produits cosmétiques et de soins personnels contenant des microbilles, ce qui souligne la nécessité de réglementations plus strictes sur ces produits.

Les films fins transparents sont également présents, avec des valeurs allant jusqu'à 105 à la station 1'. Leur présence pourrait être liée à des emballages plastiques et à des déchets alimentaires.

Les mousses montrent des concentrations variées, atteignant un maximum de 142 à la station 2. Cela pourrait indiquer une pollution associée à des produits d'emballage ou à des matériaux de construction

Il est à noter qu'aucune particule n'a été classée dans la catégorie "Autre", ce qui suggère que les types de microplastiques identifiés couvrent la majorité des échantillons collectés.

2. DISCUSSION:

Les résultats de notre étude révèlent des concentrations préoccupantes de microplastiques dans les échantillons prélevés dans la wilaya d'Annaba, notamment sur trois sites: Sidi Salem, La Baie d'Annaba et Oued Seybouse. Nous avons observé une prédominance des fibres, des fils et des mousses plastiques, avec une concentration particulièrement élevée de 220 particules de fibres plastiques à la station Seybouse (S1'), située près des zones urbaines et industrielles. C'est tout similaires au la plage de sidi Salem (S1, S2etS3) qu'elle est un endroit touristique c'est-à-dire l'action entropique.

Les stations de site (Baie d'Annaba) S4, S5, S6, S7, S8et S9.

S7, S8et S9 le pourcentage des fibres est plus élevé par rapport au autre site Cela est dû à la grande activité de pêche dans ce site

Les S4, S5, S6 sont les stations les moins concentré en MPs par rapport aux autres sites

Cette distribution inégale met en évidence l'impact direct des activités humaines sur la pollution par les microplastiques, confirmant notre hypothèse selon laquelle les zones à forte densité de population et d'activité industrielle sont plus touchées.

Au niveau régional, nous procédons à une comparaison entre l'est de la cote algérienne, représenté par la wilaya d'Annaba et l'ouest représente par la wilaya de AinTimouchent.

Nous trouvons que les pourcentage des fibres, fils et mousses ., sont les plus élevées dans les deux régions même pour les autres de types on les concentration les plus faible dans les deux région. A partir de ces études, résultats et comparaisons, nous concluons que la côte algérienne qui surplombe la mer Méditerranée présent les mêmes types des microplastiques (les fibres, mousses et les fils)

Nos résultats s'alignent avec d'autres recherches sur la pollution par les microplastiques dans des écosystèmes marins, comme une étude récente dans la

Wilaya de Guelma qui a été fait par BENCHEIKH et CHIEB en 2021. Nous constatons que il y a un pourcentage très faible des fibres et des fils fin transparent par rapport à notre région mais le contraire pour les fragments ce qui représente une petite quantité dans notre résultat d'étude par rapport la région de Guelma., qui a également révélé des niveaux élevés de microplastiques, bien que les types de plastiques identifiés varient légèrement. Cette variabilité peut être attribuée aux différences dans les sources de pollution, telles que les types d'industries présentes et les comportements de consommation locaux, soulignant ainsi la nécessité d'une approche régionale pour appréhender la dynamique de la pollution par les microplastiques en Algérie.

En comparaison avec des recherches internationales, RAPPORT 22 écovolontaires accueillis D'EXPÉDITION 2023 (Camille Rouquié ,2023) qui indique que les MPs de type fragment sont plus élevées au cours des années 2020, 2021 et 2022 dans les ecosystems de la péninsule italienne mais par rapport nos résultats ce types a un pourcentage moyenne et faible sur le littoral algérien (wilaya d'Annaba). Les MPs transparents ont un pourcentage moyen en Italie par rapport à la faible concentration que nous avons trouvé à Annaba.

Cependant, notre étude présente certaines limites. La taille de l'échantillon et le nombre de stations de prélèvement étaient restreints, ce qui pourrait affecter la généralisation des résultats. De plus, l'analyse a été réalisée sur une période limitée, ne permettant pas d'évaluer les variations saisonnières de la pollution par les microplastiques. Une étude

longitudinale serait donc nécessaire pour mieux comprendre les tendances temporelles.

Sur la base de nos résultats, nous recommandons d'établir un programme de surveillance régulière de la qualité des eaux et des sédiments pour suivre l'évolution des niveaux de pollution. Il est également essentiel de mettre en œuvre des politiques de gestion des déchets plus strictes, incluant des mesures de réduction à la source et de recyclage. La sensibilisation du public aux impacts des microplastiques sur l'environnement et la santé est cruciale. La collaboration avec les acteurs locaux et le renforcement de la réglementation sur l'utilisation des plastiques sont également nécessaires pour lutter efficacement contre cette problématique. Enfin, encourager des recherches supplémentaires sur les effets des microplastiques et les alternatives durables contribuera à une gestion plus efficace de cette pollution croissante.

Cette recherche ouvre la voie à d'autres investigations sur les sources spécifiques de microplastiques dans la région, ainsi que sur leur impact écologique. Des études futures pourraient explorer les effets de la pollution par les microplastiques sur les écosystèmes marins et les chaînes alimentaires, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de ce problème environnemental croissant.

Conclusion

Générale

Conclusion et perspectives:

Cette étude a permis de mettre en lumière l'ampleur de la pollution par les microplastiques dans la wilaya d'Annaba, révélant des niveaux de contamination préoccupants dans les eaux de surface et les sédiments. Les résultats obtenus montrent que la station Seybouse est la plus touchée, ce qui souligne l'impact significatif des activités anthropiques sur cet écosystème fragile.

L'analyse des types de microplastiques a révélé une prédominance de fibres plastique, ce qui soulève des questions sur les sources potentielles de ces particules et leur cheminement dans l'environnement. Il est crucial de poursuivre les investigations pour identifier les origines de cette pollution et quantifier les apports, afin de développer des stratégies de gestion et de mitigation efficaces.

En outre, cette recherche ouvre la voie à des études futures qui pourraient explorer les effets des microplastiques sur la biodiversité marine et la santé humaine, ainsi que des solutions potentielles pour réduire leur présence dans notre environnement. Dans le cadre de notre étude, nous avons développé les quelques pistes pour approfondir l'analyse de la pollution par les microplastiques à Annaba

Sur la base de nos résultats, nous recommandons d'établir un programme de surveillance régulière de la qualité des eaux et des sédiments pour suivre l'évolution des niveaux de pollution. Il est également essentiel de mettre en œuvre des politiques de gestion des déchets plus strictes, incluant des mesures de réduction à la source et de recyclage. La sensibilisation du public aux impacts des microplastiques sur l'environnement et la santé est cruciale. La collaboration avec les acteurs locaux et le renforcement de la réglementation sur l'utilisation des plastiques sont également nécessaires pour lutter efficacement contre cette problématique. Enfin, encourager des recherches supplémentaires sur les effets des microplastiques et les alternatives durables contribuera à une gestion plus efficace de cette pollution croissante.

Cette recherche ouvre la voie à d'autres investigations sur les sources spécifiques de microplastiques dans la région, ainsi que sur leur impact écologique. Des études futures pourraient explorer les effets de la pollution par les microplastiques sur les écosystèmes marins et les chaînes alimentaires, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de ce problème environnemental croissant.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

1. ABDELJOUAD, (2014). Impact de la morphologie du bâtiment sur la dispersion des polluants atmosphériques: Cas d'étude de la ville d'Annaba (Mémoire de Master, Université Mohamed Khider – Biskra).
2. Abdeldjouad, (2014). Monographie de la wilaya d'Annaba. Direction de l'Urbanisme et de la Construction.
3. Achoukhi, El Hammoudani, Dimane, Haboubi, Bourjila, Haboubi, Benaissa, Elabdouni, & Faiz, (2023). Investigating microplastics in the Mediterranean coastal areas – Case study of Al-Hoceima Bay, Morocco. *Journal of Ecological Engineering*, 24(5), 176–190
4. Achouri, (2020). Les microplastiques dans les rivières et eaux de surfaces, exploration des méthodes d'échantillonnage et analyses en laboratoire, application à l'exutoire de deux stations d'épuration (Mémoire de Master, Université de Namur).
5. Andrady, (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.
6. Aniref DZ. (2018). Monographie de la wilaya d'Annaba. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.
7. Avio, , Gorbi,, & Regoli. (2016). Microplastiques dans le milieu marin: impact sur les humains et la faune sauvage. *Environmental Science and Technology*, 50(12), 6837-6845. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02373>
8. Barnes. Galgani, Thompson, & Barlaz, (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998.
9. Bencheikh, & Chiheb, (2021). Pollution de la Côte Est – Algérienne par les micro-déchets [Mémoire de Master, Université de Guelma]. Université de Guelma.
10. Bencheikh, & Chiheb, (2021). Étude des courants marins dans le golfe d'Annaba. *Revue des Sciences de la Mer*, 12(2), 45-58.
11. Boucher, J., & Friot, D. (2020). Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources. *International Union for Conservation of Nature (IUCN)*.
12. Boumaza, (2014). Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux du golfe d'Annaba (Algérie). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
13. Bougataya, de Bruyne, & M'baki Helu, (2007). MARPOL et ses annexes: quelle efficacité? *Neptunus*, 13(2), 1-27. HAL Id : hal-03799364.
14. Brandon, & et al. (2019). The role of microplastics in the marine environment: A review. *Environmental Science & Technology*, 53(5), 2500-2514.
15. Castañeda, Avlijas, Simard, & Ricciardi, (2014). Microplastics pollution in St. Lawrence River sédiments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(11), 1767-1771.

16. Corinaldesi, Canensi, Dell'Anno, Tangherlini, Di Capua, Varrella, Willis, Cerrano, & Danovaro, (2021). Multiple impacts of microplastics can threaten marine habitat-forming species. *Communications Biology*, 4, 431.
17. Chawki, A. (2009). La plage Chapuis ou Rizzi Amor
18. Crawford, (2017). Microplastics in the aquatic environment: A review of the occurrence, fate, and effects. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3255-3268.
19. Côte d'Opale]. Ecole Doctorale n° 104 Science de la matière, du rayonnement et de l'environnement (SMRE). HAL Id: tel-02055801.
20. Daboub, (2023). Microplastics: Sources, impacts, and solutions. *Environmental Science and Pollution Research*.
21. Dahech, & Saihia, (2020). Pollution atmosphérique et brise de mer à Annaba (Nord-Est de l'Algérie): cas de l'ozone et du dioxyde de soufre. *Climatologie*, 16, 1-22.
22. Direction de l'Urbanisme et de la Construction. (2008). Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de la wilaya d'Annaba
23. Dris, Gasperi, Rocher, Saad, & Tassin, (2015). Premières investigations sur la contamination en microplastiques d'une zone urbaine: Cas de l'agglomération parisienne. *Techniques Sciences Méthodes*, 12, 1-10.
24. Duplessy, J. (2021). Les plastiques dans l'environnement . Académie des sciences.
25. Équipe d'écovolontariat. (2023). Rapport de la campagne d'écovolontariat 2023 (Rapport No. 6).
26. Faure, & De Alencastro, (2014). Microplastiques dans les eaux de surface en Suisse: état des lieux et implications. EPFL GR-CEL.
27. Fendall, & Sewell, (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225-1228.
28. Frère, (2017). Microplastics in wastewater treatment plants: A review of the removal efficiency and environmental impact. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17), 14504-14519.
29. Gall, et Thompson, (2015). L'impact des débris sur la vie marine . *Marine Pollution Bulletin* , 92(1-2), 170-179.
30. Galloway, Lewis et Smith, (2017). Microplastiques dans le milieu marin : une étude des sources, du devenir et des effets . *Environmental Pollution* , 229, 129-140.
31. Galgani, (2020). Microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate and effects. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111679.
32. Galgani, Bruzard, Duflos, Fabre, Gastaldi, Ghiglione, Grimaud, George, Huvet, Lagarde, (2020). Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques. *Techniques de l'Ingénieur*.
33. GESAMP, (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
34. Geyer, Jambeck, & Law. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
35. Ghodbani, & Bougherira, (2020). Le littoral algérien entre protection de l'environnement et imperative du développement économique. *Revue droit des transports et des activités portuaires*, 4(2), 111-125.
36. Gregory, (2009). Conséquences environnementales des débris plastiques dans les milieux marins : enchevêtrement, ingestion et rôle des microplastiques . *Marine Pollution Bulletin* , 58(1), 1-8.
37. Hermabessière, (2018). Les microplastiques et leurs additive dans les produits de la pêche: Développements methodologies et prevalence (These de Doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale).

38. Industrievereinigung Chemiefaser. (2013). Faserproduktion 2013. Industrievereinigung Chemiefaser.
39. Jeong, Lee, & Lee, S. (2017). Effects of microplastics on the oxidative stress and immune response in marine organisms. *Environmental Pollution*, 231, 739-746.
40. Laist, (1997). Impacts des débris marins : enchevêtrement d'animaux marins dans les débris : le côté obscur d'une idée brillante . *Marine Pollution Bulletin* , 34(5), 849-852.
41. Lechner, A., & et al. (2014). A comprehensive study of the occurrence and distribution of microplastics in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 87(1-2), 1-10.
42. Le Juge, (2022). Caractérisation de nanoplastiques et microplastiques dans des matrices environnementales par des méthodes thermiques et séparatives (Thèse de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour).
43. Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. *Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, n° 77, 15 décembre 2001.
44. Lusher, Hollman, & Mendoza, (2017). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(10), 10382-10392.
45. Messerer & al. (2012). Etudes morphométriques et hydrologiques du lac Fetzara.
46. Mansouri, (2016). Analyse et planification des ressources en eau inter-région en utilisant le modèle WEAP: Cas du sous bassin de l'Oued Seybouse (Algérie). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
47. Mansouri, (2018). Analyse et planification des ressources en eau inter-région en utilisant le modèle WEAP. Seybouse (Annaba) et côtiers constantinois Est (El-Tarf) (Mémoire de Master, Université Hassiba Benbouali). DSpace.
48. Martinot, (2019). Distribution des microplastiques dans les eaux de sub-surfaces, en Méditerranéenne nord-occidentale (Rapport de stage, Université du Maine – Le Mans). Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO).
49. Mebirouk, & Boubendir Mebirouk, (2019). La pollution à Annaba: sources, conséquences et mesures preventives. *Revue des Sciences Humaines*, 24, 7-21.
50. McCallister. (2022). Matières plastiques L'Élémentarium.
51. McCallister, (2022). Les différents types de plastique .
52. Michael, , Smith,, & Johnson, (2023). Contamination par les microplastiques dans l'environnement : sources, impacts et stratégies d'atténuation . *Recherche en sciences de l'environnement et sur la pollution* .
53. Nait Merzoug, Kouadria, & Amara, (2012). Gouvernance urbaine et développement local en Algérie. Quels enjeux pour les métropoles régionales? Cas d'Annaba. *Revue des Sciences Humaines*, 24, 7-21.
54. Office National des Statistiques (2015). Données démographiques des wilayas Algériennes.
55. Oudina, & Agrane, (2018). Contribution à l'évaluation de la pollution par les microplastiques dans la cote jijelien [Mémoire de Master, Université de Guelma]. Université de Guelma.
56. Paul-Pont, Clément, & et al. (2016). Effects of microplastics on marine organisms: A review of the current knowledge. *Environmental Pollution*, 218, 1-12.
57. PlasticsEurope (2013) *Plastics – the Facts 2013*. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data
58. PlasticsEurope. (2016). *Plastics – The Facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. PlasticsEurope.
59. PlasticsEurope. (2018). *Plastics – the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. PlasticsEurope.
60. Programme Interactions communautaires. (2012). Corrigé sur les microplastiques.

61. Quiot, (2023). C3Peaux - Contamination en microplastiques et polluants organiques persistants associés dans les eaux superficielles et souterraines (Rapport No. 205970). Ineris.
62. Reggam, (2014). Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse. [Mémoire de recherche, Université de Guelma].
63. Reggam, (2015). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse (Thèse de Doctorat, Université de Guelma).
64. Reggam, Bouchelaghem, & Houhamdi, (2015). Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 6(1), 1-8.
65. Roclin, (2015). Les microplastiques en milieu marin: supports de contaminants chimiques (Mémoire de Master, Université du Maine – Le Mans). Cellule Analyse des Risques Chimiques en milieu marin (ARC), Ifremer/Ineris.
66. Rouquié, C. (2023). Rapport 22 écovolontaires accueillis d'expédition 2023.
67. Ribeiro, & Ferreira, (2017). Effets génotoxiques des microplastiques sur les organismes marins : une revue . *Marine Pollution Bulletin* , 115(1-2), 1-8.
68. Schäfer, (2015). Microplastics in the Environment. In T. Rocha-Santos & C. Mouneyrac (Eds.), *Handbook of Microplastics in the Environment* (pp. 1-12). Springer, Cham.
69. Shahnawaz, M., Sangale, M. K., & Ade, A. B. (2019). Bioremediation Technology for Plastic Waste. In M. N. Uddin (Ed.), *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety* (pp. 21-36). Springer Nature Singapore.
70. St-Louis, Apply, Michel, & Emmanuel, (2021). Microplastiques et santé environnementale: identification des dangers environnementaux en Haïti.
71. Suaria, Aliani, & Cattaneo, (2016). The Mediterranean plastic soup: synthetic polymers in the Mediterranean Sea. *Scientific Reports*, 6, 37551.
72. Tallec, (2019). Impacts des nanoplastiques et microplastiques sur les premiers stades de vie (gamètes, embryons, larves) de l'huître creuse *Crassostrea gigas* [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale]. Ecole Doctorale Sciences de la Mer et du littoral.
73. Tallec, (2019). Microplastics in marine ecosystems: Interactions with key species and implications for ecosystem functioning (Doctoral dissertation, Université de Bretagne Occidentale).
74. Thiele, Hudson, & Russell, (2019). Evaluation of existing methods to extract microplastics from bivalve tissue: Adapted KOH digestion protocol improves filtration at single-digit pore size. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 1-8.
75. Thompson, (2006) Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. In. Krause, Nord-heim, Bräger, (Eds.), *Marine Nature Conservation in Europe*. Federal Agency for nature Conservation, Stralsund, Germany. Pp. 107-115
76. Thompson, Swan, & et al. (2009). Our plastic age: A global perspective on the impact of plastic pollution. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
77. Von Moos., Burkhardt-Holm, & Robillard, (2012). Effets néfastes des microplastiques sur l'environnement marin . *Environmental Science and Technology* , 46(10).
78. Wang, Zou , Li , Yao, Zang, Li, Yu , & Wang, W. (2019). Preliminary study of the source apportionment and diversity of microplastics: Taking floating microplastics in the South China Sea as an example. *Environmental Pollution*, 245, 965-974.
79. Watson,, Regan, & O'Neill, (2006). Pollution plastique dans le milieu marin . Dans *Marine Pollution Bulletin* (vol. 52, pp. 1-8). Elsevier.

80. Watson, Murray, Schaefer, M., & Bonner, (2016). Plastic pollution in the world's oceans : More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. PLOS ONE, 11(12), e0111913.
81. Wilson & Wilson (2017) : Wilson, S., & Wilson, J. (2017). Microplastiques : un problème environnemental mondial . Sciences et technologies de l'environnement
82. World Economic Forum. (2016). The New Plastics Economy : Rethinking the future of plastics. World Economic Forum.
83. Younes, (2023). Microplastiques in the marine environment, presence in water and interaction with marine organisms (Projet de fin d'études, Université).
84. Ziani, & Moroşan, (2023). Les microplastiques : une véritable menace mondiale pour l'environnement et la sécurité alimentaire : un état des lieux . Toxicologie et pharmacologie environnementales .

Webographie:

Anonyme 1: <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/ocean-especes-profitent-dechets-plastiques-ocean-franchir-barrieres-ecologiques-47473/>

Anonyme 2: <https://www.alamyimages.fr/la-pollution-plastique-dans-l-environnement-de-l-ocean-concept-probleme-meduses-nager-a-l-interieur-de-sac-en-plastique-flottant-dans-l-ocean-image261053291.html?imageid=8E0D4238-F038-4BEC-8416-60592CF236C3&p=583988&pn=1&searchId=719d6cf02a58dc9047e0cb1a2ad622fc&searchtype=0>

Anonyme 3: <https://www.hellopro.fr/filet-manta-collecteur-micro-plastiques-en-proche-surface-2016680-1363627-produit.html>