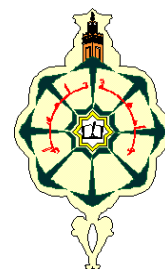


**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN
**Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre
Et de l'univers**

Département d'écologie et environnement

MEMOIRE

***Laboratoire de recherche : valorisation des actions de l'homme pour la protection
De l'environnement et application en santé publique***

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER en hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : sciences de la mer

Présenté par : BELHADRI wiam

Thème :

**Caractérisation des déchets microplastiques
sur le littoral de la Wilaya d'Ain
Témouchent**

Soutenu le 25/09/2024 devant le jury composé de :

Mr. BENDIMERAD M.A	MCA. Université de Tlemcen	Président
BADID Naima	MCA. Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme.BENGUEDDA wacila	MCA. Université de Tlemcen	Encadrant

-Année universitaire 2023-2024

Dédicace

Tout d'abord je remercie le Dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Je dédie ce travail

À ma mère, la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de réussite, pour tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour Toute son assistance et sa présence dans ma vie.

À mon père que je remercie énormément pour ses efforts, ses conseils et sa surveillance.

À mes chers frères et sœurs (Chérif, walid, Sabrine, Loubna et Lynda). À mon mari (Nasri Oussama).

À mes meilleurs amis (Belhadj Selma, Bennaceur Ahlem, Khaldi Achwak et Mahour bacha kadauia)

*À tous mes enseignants sans exception Enfin,
j'offre mes bénédictions à tous ceux qui m'ont
Soutenu dans l'accomplissement de ce travail.*

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à ma directrice de ce mémoire Madame BENGUEDDA wacila, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je désire aussi remercier Monsieur BAMMOUNE Riyadh doctorant au laboratoire et qui a effectué tous les échantillonnages.

Je tiens à témoigner toute ma gratitude aux enseignants, et membres jury Monsieur BENDIMERAD M.A et Madame BADID Naima pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce modeste travail.

Morale je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Résumé:

Notre étude focalisé sur la mise en évidence de déchets microplastiques le long de la cote algérienne particulièrement le littoral de Ain Témouchent.

Le but de ce travail est de trier compter et distinguer les différents types de microplastiques dans la région de Béni _Saf

L'échantillonnage, le tri et le comptage des microplastiques collectés sur le site de prélèvement à démontrer une légère pollution avec la présence de 07 type de microplastiques. Après les débris plastiques, les fibres, les films fin transparent sont les plus abondants. D'autre part, la première station (île_Rechgoun) et la cinquième station (Marmite_Rechgoun) sont les plus polluées.

Mots clés : la pollution marine, les déchets plastiques, les microplastiques, impact, Ain Témouchent

Abstract:

Our study focused on the detection of microplastic waste along the Algerian coast, particularly the coastline of Ain Témouchent.

The aim of this work is to sort count and distinguish the different types of microplastics in the region of Beni Saf

The sampling, sorting, and counting of microplastics collected at the sampling site demonstrated a slight pollution with the presence of 07 types of microplastics. Following plastic debris, fibers, and thin transparent films are the most abundant. Additionally, the first station (Rechgoun Island) and the fifth station (Marmite Rechgoun) are the most polluted.

Keywords:marine pollution,plasticwaste ,microplastics ,impact ,AinTemouchent.

تلخيص :

ركزت دراستنا على اكتشاف النفايات البلاستيكية الدقيقة على طول الساحل الجزائري، وخاصة ساحل عين تموشنت.

الهدف من هذا العمل هو فرز وتمييز الأنواع المختلفة من اللدائن الدقيقة في منطقة بني صاف.

أظهرت عينات وفرز وعد اللدائن الدقيقة التي تم جمعها في موقع أخذ العينات تلوثاً طفيفاً مع وجود 07 نوعاً من اللدائن الدقيقة. بعد الحطام البلاستيكي والألياف والأغشية الرقيقة الشفافة هي الأكثر وفرة. بالإضافة إلى ذلك، فإن المحطة الأولى (جزيرة ريشغون) والمحطة الخامسة (مارميت ريشغون) هما الأكثر تلوثاً.

الكلمات الرئيسية: التلوث البحري، البلاستيك، اللدائن الدقيقة، التأثير، عين تموشنت.

كلمات مفتاحية: تلوث المحيطات، التلوث البلاستيكي، البلاستيك الدقيق، تأثير، عين تموشنت.

Sommaire

Introduction

Chapitre01:Généralitéssurlesdéchetsgénérés par l'homme

Définition d'un déchet.....	1
Types et classification des déchets.....	2
Déchets encombrants.....	2
Déchets d'activité de soins... ..	2
Déchets inertes	2
Déchets ultimes	3
Déchets Banals	3
Déchets spéciaux	3
Déchets spéciaux dangereux	3
Classification des déchets	4
Caractères physico-chimiques des déchets.....	5
Composition	5
Densité ou masse volumique	5
2. 1.3.3. Humidité et pouvoir calorifique.....	5
Rapport carbone/azote(C/N).....	5
<i>Chapitre02: Généralités sur le plastique.....</i>	<i>11</i>
<i>Qu'est-ce qu'un plastique.....</i>	<i>12</i>
<i>L'histoiredoplastique</i>	<i>13</i>
<i>Caractéristiques des matières plastiques.....</i>	<i>14</i>
Caractéristiques chimiques.....	14
Caractéristiques physiques	15
Différents types de plastique.....	16
L'origine des déchets plastiques	19
Classification des types de déchets plastiques	20
Mécanismes de transport des débris plastiques:... ..	20.
Dégradation du plastique en mer	21
Le plastique en Méditerranée et en Algérie	24
En Méditerranée	24

En Algérie.....	24
Lecadrejuridiqueetlesconventionsrelativesàlaprotectiondumilieumarin contre la pollution.....	25
L’Organisation Maritime International(OMI).....	25
Au sein des Nations unies	25
En Algérie.....	26
Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières(GIZC):	27
Commissariat National du Littoral(CNL).....	27
Dispositif Tel Bahr	28
Impact et effet de la pollution plastique sur la vie marine.....	29
Impact sur le milieu naturel	31
Sur le littoral	31
Sur les fonds	31
Impacts sanitaires sur l’homme	31
Impact socioéconomique	33
Chapitre03 :Les microplastiques	35
Définition des microplastiques.....	36
L’histoire de microplastiques	36
L’origine primaire et secondaire de microplastiques.....	37
L’origine primaire	37
L’origine secondaire	38
La distribution des microplastiques.....	39
Dans les océans.....	39
Dans les différents compartiments du milieu marin	39
Dans la mer Méditerranée	40
Origine des microplastiques.....	40
Contamination chimique du bioteviales microplastiques	41

Impact des microplastiques sur la biodiversité marine	43
Les microplastiques dans la chaîne alimentaire humaine	45
1. Position géographique	46
<u>10.</u> Climatologie.....	47
<u>11.</u> Température moyenne à Ain Temouchent.....	47
<u>12.</u> Le vent	48
2. Précipitations.....	48
3. Température de l'eau	48
4. Contexte hydrographique	49
5. Ressources en eau	49
6. <i>Caractéristique de la région de Béni-Saf</i>	54
7. <i>Les facteur sphysiques</i>	55
<u>10.</u> <i>Les courants</i>	55
8. <i>3.1.La Température</i>	56
<i>Chapitre 05 : Résultats discussions</i>	
9. <i>Résultatset discussion</i>	71
10. Conclusion	90
<i>Références bibliographiques</i>	94

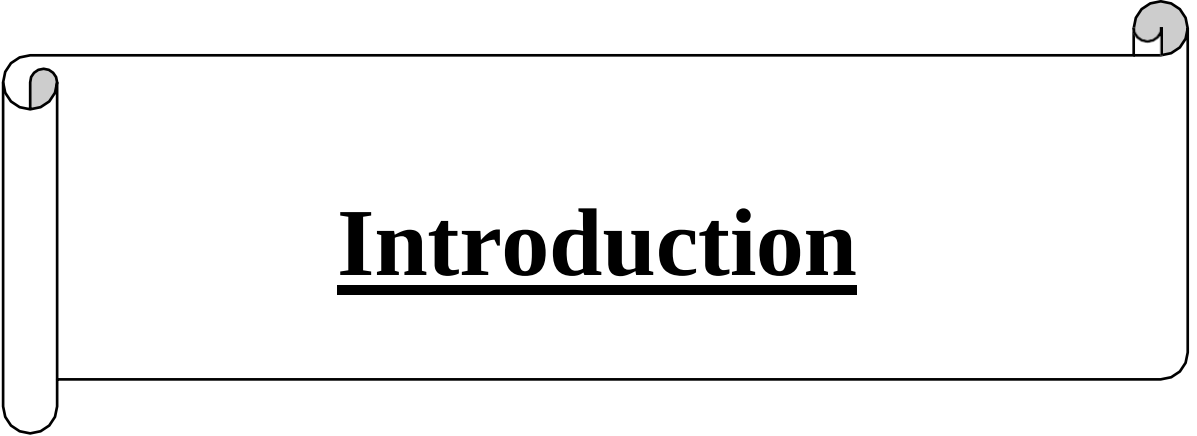
Listes des tableaux

<u>Tableau01</u> :composition moyenne des ordures ménagères(Balet,2008)1	1
<u>Tableau02</u> :Différents types de plastiques et leurs densités.(Benarous, 2019)16	16
<u>Tableau03</u> :quantification des types des microplastiques dans la station 01	71
<u>Tableau04</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 02	71
<u>Tableau04</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 02 73	73
<u>Tableau05</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 03 75	75
<u>Tableau06</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 04 76	76
<u>Tableau07</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 05 78	78
<u>Tableau08</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 0680	80
<u>Tableau09</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 09 81	81
<u>Tableau10</u> :quantification des types des microplastiques trouver dans la station 08 83	83
<u>Tableau11</u> :Le nombre des microplastiques des stations d'échantillonnage de la région d'Ain Temouchent 85	85

Listes des figures

Figure02 :Le coût du traitement des déchets a fortement augmenté en 2022	7
Figure03 :Polymère plastique	12
Figure 04 : Augmentation de la production mondiale de plastique en fonction de la croissance de la population de 1956 à 2014. (Andrady, 2017)	14
Figure05 :Le polystyrène(PS)	17
Figure06 :Le polypropylène(PP)	18
Figure07 :Le polychlorure de vinyle(PVC)(Quota .Inclure., 2024)	18
Figure08 :Le polyéthylène (PE)	19
Figure09 :Différentes échelles de la dégradation des plastiques dans l'environnement (Galgani et al,2021)	22
Figure10 :Les différents étapes de la biodégradation du plastique par les Bactéries (DussusetGhiglione,2014)23	23
Figure11 :Dégradation du plastique en mer(version 2024)	24
Figure12 : Ingestion d'un sac plastique par une tortue (Déchets aquatique., 2019)	29
Figure13 :Un albatros retrouvé mort sur l'atoll de Midway(Pacifique nord) Après avoir ingéré des déchets plastiques.(Jordan, 2019).	31
Figure14 :Plastique et santé :les coûts cachés d'une planète plastique	33
Figure15 :les microplastiques(Futura.,2020)	36
Figure 16 :Microplastiques dentifrice ; b) granulés de pré-production industriels (GPI) ; c) microplastiques issus d'un exfoliant analysés en microscopie électronique à balayage (UNEP, 2016).	38
Figure 17 : Origine des microplastiques primaires retrouvés dans les océans du monde (SEKIMI, 2021).	41
Figure18 :Les microplastiques dans la faune marine(Copyright.,2024)43	43
Figure19 : Les fonds marins jonchés de microplastiques (ACTUNOTIQUE.,2020)	44
Figure20 : Les microplastiques dans le tube digestif d'un poisson	45
Figure21 :Les microplastiques dans la chaîne alimentaire humaine	45
Figure22 :position géographique de wilaya d'Ain Temouchent(2020)	47
Figure23 :Les ressources en eau pour l'alimentation en eau potable(A.E.P) 2018	50

Figure 24 : Localisation géographique de la région d'étude (Béni-Saf) (Google Maps, 2020)	54
Figure25: Circulation générale du courant de la mer Méditerranée(d'après Millot et Taupier-	56
Figure26 : filet Manta(copyright,2024)	57
Figure27: la plage du puits(partieEst),(Diboun,2020)	58
Figure28: île de Rechgoun sur la carte d'Algérie.	59
Figure29 : Déploiement du filet Manta(Oudina,2018)	60
Figure30: Rinçage du filet Manta(oudina,2018)	60
Figure31: Enlèvement de la morue et tamisage du contenu(Agrane,2018)	61
Figure32: Conservation de l'échantillon dans un bocal en verre(Agrane,2018)	61
Figure33: Tamisage humide(photooriginale,2024)	62
Figure34: l'échantillon tamisé dans le bûcher en verre(photo originale,2024)	62
Figure35: l'ajout de Fe^{2+} (photo originale,2024)	63
Figure36: l'ajout de H_2O_2 (photo originale,2024)	64
Figure37 : décantation de la solution(photooriginale,2024)	64
Figure 38 : l'observation des bulles de gaz dans la solution (photo originale,2024)	65
Figure39: placer la solution sur la plaque chauffante(photooriginale,2024)	65
Figure40: Solution dans l'ampoule à décanter (photooriginale,2024)	67
Figure41: couverture de les ampoules à décanter avec le papier aluminium (photo originale,2024)	68
Figure42: la décantation de la matière organique(photo originale,2024)	68
Figure43: recupérer la solution(photooriginale,2024)	69
Figure.44 : les microplastiques dans des flacons en verre(photo originale,2024)	69
Figure45 : le comptage des microplastiques(photooriginale,2024)	70



Introduction

introduction

Les étendues océaniques, qui recouvrent 71% de la surface terrestre, hébergent une biodiversité riche avec environ 250000 espèces animales répertoriées et de nombreuses autres encore inconnues. Elles constituent une source essentielle de protéines pour trois milliards d'individus et soutiennent des emplois dans divers secteurs, tels que la pêche, le transport, l'énergie, l'industrie, le tourisme et la pharmacie. L'humanité dépend étroitement des océans, influencés par leur température, leur chimie, leurs courants et leur faune. Une gestion responsable de cette ressource vitale est essentielle pour atténuer les impacts du changement climatique. Les océans absorbent environ 30% du dioxyde de carbone émis par les activités humaines, contribuant ainsi à une augmentation de 26% de l'acidification des océans depuis le début de l'ère industrielle. Cette situation souligne l'urgence de lutter contre la pollution marine, qui a atteint des niveaux critiques. (Bouziane, 2022)

La pollution marine se définit comme l'introduction de substances ou d'énergie dans les océans et les estuaires par les activités humaines, causant divers impacts tels que des dommages aux écosystèmes marins, des risques pour la santé humaine, des perturbations des activités comme la pêche, et la diminution des ressources marines. La fabrication, l'utilisation, les rejets et l'élimination de plus de 100 000 produits chimiques sont un effet direct sur la santé des océans mondiaux. Les océans du monde sont malheureusement devenus le dernier dépotoir pour les polluants d'origine humaine, absorbant environ 28% des émissions de CO₂ dans l'atmosphère, entraînant ainsi l'acidification des océans. (Alava, 2018)

La détérioration de l'environnement marin, bien que récente en apparence, découle de nombreuses années de négligence envers la nature, car les déchets étaient déjà jetés dans la mer à l'époque romaine. On avait alors envisagé que les vastes étendues d'eau des mers et des océans pourraient éventuellement diluer tous les déchets humains mal gérés au fil du temps. Cependant, au cours des trois derniers siècles, avec l'essor rapide de l'industrialisation et de la technologie, la quantité de déchets a considérablement augmenté, accélérant ainsi la détérioration et la pollution des ressources marines. (Goeury, 2014).

Chaque année, le monde génère 350 millions de tonnes de plastique, mais seulement 9% est recyclé. La plupart des déchets plastiques finissent dans les décharges, dont 8 millions de tonnes se retrouvent dans les océans. Cette quantité de déchets augmente, notamment en raison du Covid-19, ce qui entraîne une production accrue de masques jetables. Environ 80% de la pollution marine provient de l'activité humaine sur terre, ce qui a de graves répercussions sur la biodiversité et notre environnement global. (Malti, 2021).

La mer Méditerranée a été décrite comme l'une des zones les plus touchées par les déchets marins plastiques dans le monde étant donné qu'elle est semi-fermée les déchets l'atteignant échouent sur les fonds, atteignant parfois plus de 100.000 particules/km² (Galgani *et al.*, 2000). Les actions des êtres humains produisent d'importantes quantités de déchets, et ces chiffres augmentent, bien qu'ils varient d'un pays à l'autre. La mer Méditerranée est parmi les zones où les quantités de déchets solides municipaux par personne et par an sont les plus élevées, allant de 208 à 760 kg (Anonyme 01). Le plastique, qui est le principal des déchets, est devenu omniprésent et peut représenter jusqu'à 95% des déchets accumulés sur les rivages, la surface de l'océan ou le fond de la mer (Gaetano, 2014). Ioakeimidis *et al.*, 2014

introduction

Ont observé une augmentation de l'abondance des débris plastique dans les eaux profondes au fil des années au sein de la méditerranée.

Néanmoins, la côte algérienne a été peu étudiée, justifiant la nécessité d'évaluer la pollution par les microplastiques. Avec l'importance de la pêche et de l'activité humaine, le plastique est omniprésent dans notre vie quotidienne. La demande de plastique ne cesse d'augmenter en raison des changements majeurs liés à la production et aux consommations mondiales, atteignant 300 millions de tonnes en 2013 selon plastics Europe, en réponse à la croissance de la population et à la production de biens en plastique pour répondre aux besoins. En Algérie, étant le cinquième plus grand consommateur de sacs en plastique au niveau mondial, la gestion des déchets reste un enjeu majeur. Selon le récent rapport de l'Agence nationale des déchets (AND), les déchets en plastique prédominent dans les trois régions du pays : l'Est, l'Ouest et le Centre. Cela constitue un grave problème pour la biodiversité et la faune marine. (Labadla *et al*, 2021).

L'objectif de notre étude sur les microplastiques dans la wilaya d'Ain Temouchent consiste à évaluer l'ampleur de la pollution plastique dans cette région spécifique, à identifier les sources des microplastiques et à évaluer leur présence dans les eaux environnantes. Nous cherchons également à comprendre comment ces microplastiques peuvent affecter les écosystèmes locaux. Cette recherche vise à sensibiliser à l'importance de la gestion des déchets plastiques et à mettre en place des mesures visant à réduire leur impact sur l'environnement et la santé publique à Ain Temouchent.

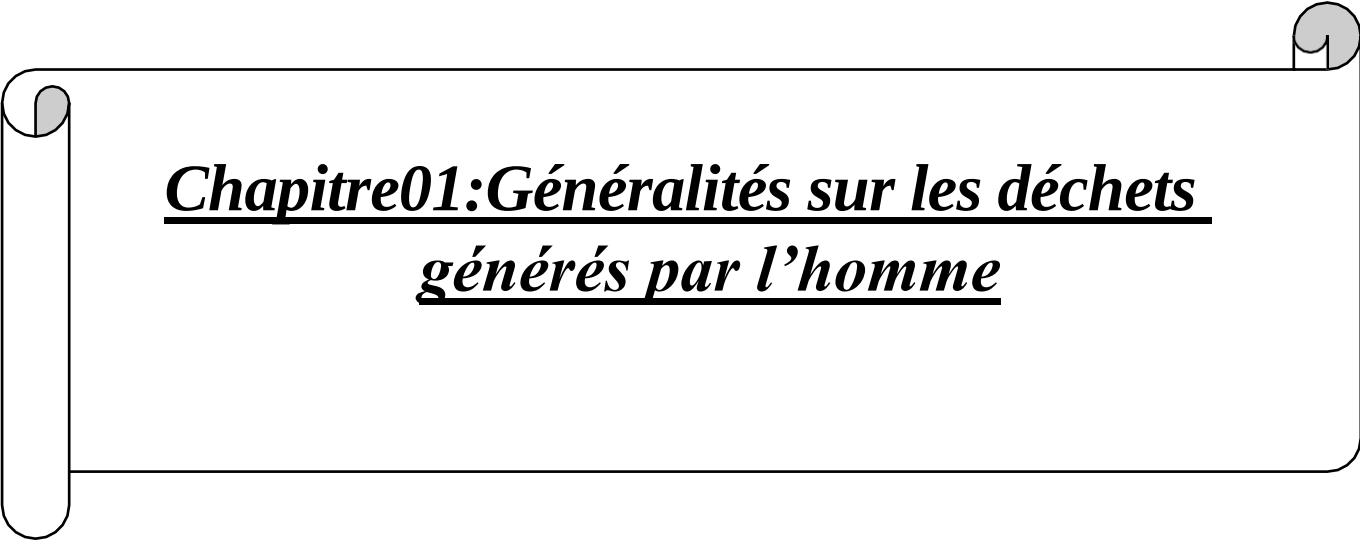
Ce travail est réparti en 2 parties:

La première partie présente trois chapitres:

- Dans le premier chapitre, nous abordons les déchets produits par les activités humaines de manière générale. Nous commençons par définir différents types de déchets et les classifions, puis nous examinons les caractéristiques de ces déchets ainsi que les méthodes de traitement qui leur sont appliquées. Enfin, nous analysons les risques pour la santé associés à ces déchets.
- Dans le deuxième chapitre, nous abordons le sujet du plastique de manière générale. Nous explorons un large éventail de sujets liés au plastique, tels que ses composants, ses différentes variétés, ses effets et son impact sur l'environnement marin, les organismes marins et les êtres humains.
- Dans le troisième chapitre, nous nous penchons sur les microplastiques. Nous examinons leurs origines, les risques qu'ils représentent, les contaminations associées, ainsi que leur impact sur la biodiversité marine.

_ Dans la seconde partie, nous représentons les techniques d'échantillonnage adoptées, le travail effectué au laboratoire pour le tri et l'identification de ces microplastiques. Nous exprimons nos résultats sous forme de représentation graphique, les interprétations et discussions .

Enfin, une conclusion terminera ce travail suivie par une synthèse des références bibliographiques et webographiques.

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical bar on the left and a horizontal bar at the top, both with rounded ends and small circular details.

Chapitre01:Généralités sur les déchets **générés par l'homme**

<<Montre moi ta poubelle ,je te dirai qui tu es!>>

(Gouhier, 1984)

Chapitre01:Généralitéssurlesdéchetsgénérésparl'homme

Définition d'un déchet:

Le mot "déchet" provient du verbe "déchoir", qui décrit la dégradation de la valeur d'un bien, d'une substance ou d'un objet, jusqu'à ce qu'il devienne inutilisable à un endroit et à un moment donné. C'est lorsque quelque chose perd sa valeur et devient inutile qu'il est considéré comme un déchet. (Pichat, 1995)

Selon la législation en Algérie, un déchet est défini comme tout résidu issu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, ainsi que toute substance, produit ou bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur souhaite se débarrasser, prévoit de s'en débarrasser ou de l'éliminer. (Article 3 de la Loi n° 01 - 19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôlée à l'élimination des déchets).

Les déchets sont des matériaux indésirables et inutilisables, considérés comme sans valeur ou défectueux. Ils peuvent être produits par le métabolisme d'un être vivant ou être jetés comme inutiles. Certains déchets sont excrétés tandis que d'autres sont stockés dans le corps. (Anonyme 02)

Le tableau 01 représente un exemple de la composition moyenne des ordures ménagères, ce sont :

- Les déchets en combrants
- Les ordures ménagères
- Les déchets verts
- Les ordures des rues et des marchés
- Les boues de décantation et de stations d'épuration
- Les déchets de nettoyage (balayage des rues et des espaces publics)
- Les déchets non dangereux des industries, des commerces et des artisans

Tableau01:composition moyenne des ordures ménagères (Balet,2008)

Type de déchets	%
Déchets putrescibles	29
Papiers-cartons	25
Verre	13
Plastiques	11
Incombustibles divers	7
Métaux	4
Textiles	3
Textiles sanitaires	3
Combustibles divers	3
Complexes	1
Déchets spéciaux	1

Typesetclassificationdesdéchets:

Typesdesdéchets:

1.2.1.1 Déchets encombrants : Ce sont tous les déchets provenant des ménages et qui ne peuvent pas être collectés de la même manière que les déchets ménagers habituels en raison de leur taille ou de leur encombrement. On peut notamment citer les meubles et les pneus (Djemci, 2012).

Déchets d'activité de soins: Les déchets médicaux, également connus sous le nom de déchets biomédicaux, sont des déchets provenant des activités de diagnostic, de suivi et de traitement dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire. Loin°01du12décembre 2001 intitulée:« Gestion, contrôle et élimination des déchets ». Article 03(GUIDE NATIONAL, 2019)

Déchets ménagers et assimilés : tous les déchets provenant des foyers, des industries, des commerces, des artisans et autres activités sont considérés comme des déchets assimilables aux déchets ménagers en raison de leur nature et de leur composition. (Djemaci, 2012)

Déchets inertes :Ces ont les déchets solides de nature minérale et ne sont pas sujets à des changements physico-chimiques ou biologiques. Ils ne brûlent pas, ne se décomposent pas, ne sont pas biodégradables et ne causent pas de dommages à d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, ce qui pourrait entraîner une pollution de l'environnement ou nuire à la santé humaine. (Balet, 2014)

Déchets ultimes: Selon l'article L 541-1 du code de l'Environnement. Le déchet ultime est défini comme un déchet qui ne peut plus être traité dans les conditions techniques et économiques actuelles, que ce soit par extraction de sa part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux, ce déchet peut résulter ou non du traitement préalable d'un autre déchet.

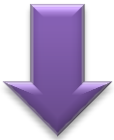
Déchets Banals: Ces déchets sont considérés comme "non inertes et non spéciaux". Ils ont des caractéristiques physico-chimiques similaires aux déchets ménagers et sont donc traités de la même manière que les déchets ménagers et assimilés. (Djemci, 2012).

Déchets spéciaux : Ces déchets, provenant d'activités industrielles, de soins, agricoles, de services et autres, ne peuvent pas être gérés comme les déchets ménagers et inertes en raison de leur nature et composition. La loi n°01 du 12 décembre 2001 intitulée:« Gestion, contrôle et élimination des déchets ».Article 03(GUIDE NATIONAL, 2019).

Déchets spéciaux dangereux:Ces ont des déchets qui, en raison de leur composition ou des substances nocives qu'ils contiennent, peuvent causer des dommages à la santé publique et/ou à l'environnement. (La loi n°01 du 12 décembre 2001 intitulée :« Gestion, contrôle et élimination des déchets ».Article 03 (GUIDE NATIONAL, 2019).

Classificationdesdéchets :

Classification selon le producteur du déchet



Les « déchets ménagers » :

dont le producteur initial est un ménage.

Les « déchets d'activités économiques » (DAE) :

dont le producteur initial n'est pas un ménage.

Classification selon les propriétés du déchet



les déchets dangereux (DD) :

Les déchets dangereux possèdent au moins une des 15 propriétés de danger définies en Europe, comme l'inflammabilité ou la toxicité. Leur gestion est spécifique en raison des risques environnementaux et sanitaires associés à leur manipulation.

Les déchets non dangereux

(DND) : il s'agit de déchets qui ne présentent aucune des 15 Propriétés de danger définies au niveau européen. Les règles de gestion sont plus souples que pour les déchets dangereux. Ils s'agit par exemple de bio-déchets, de déchets de verre ou de plastique, de bois..

les déchets non dangereux

inertes : Ces déchets non dangereux restent stables dans leur forme initiale, sans se dégrader ni réagir physiquement ou chimiquement. Principalement issus du secteur du bâtiment et des travaux publics, ils incluent des matériaux comme le béton, les

Classification selon le secteur de production



La « nomenclature des

déchets » est une codification réglementaire établie au niveau européen qui permet d'identifier chaque type de déchet par un code à six chiffres faisant référence au secteur de production du déchet. Les déchets dangereux sont signalés par une étoile après le code.

La nomenclature des déchets est la référence en termes de classification des déchets. Le code du déchet issu de cette nomenclature est nécessaire dans tous les documents Officiels de gestion de ce déchet.

Caractèresphysico-chimiquesdesdéchets:

Il est crucial de comprendre la composition physico-chimique des déchets afin de bien les gérer et les traiter, ainsi que de prédire les risques potentiels de pollution pour l'environnement. Cette connaissance nous permet de mettre en place des mesures de contrôle et de réduction des émissions polluantes dans les zones où ces déchets sont rejetés. (Aloueimine, 2006)

Composition : Les déchets sont des mélanges complexes et variables, difficiles à définir de manière précise. Leur composition peut être évaluée en tenant compte de divers aspects tels que leurs caractéristiques physiques, chimiques, leur origine et leur potentiel de valorisation. (Addou, 2009).

Les Déchets sont généralement classés en trois catégories distinctes :

- Déchets que l'on peut seulement incinérer :
 - Bois et cartons grossiers, - cuir, caoutchouc, - matières plastiques, - os, cornes etc.
- Déchets ne pouvant être ni brûlés, ni transformés en compost :
 - métaux-verre, pneumatiques etc. - pierres, porcelaine-déchets spéciaux.
- Déchets pouvant être aussi bien incinérés que transformés en compost :
 - Déchets végétaux, paille-textiles-papier, cartons légers - boues d'épuration

Densité ou masse volumique : La masse volumique, aussi connue sous le nom de masse spécifique, est une mesure physique qui représente la quantité de masse contenue dans un certain volume. Elle joue un rôle important dans le choix et la conception des moyens de transport des déchets urbains, ainsi que dans la gestion des déchets en décharge. La composition des déchets, en particulier la fraction organique avec une teneur élevée en humidité, ainsi que la présence de fines particules de moins de 8 mm (comme le sable et la poussière) dans certains pays en développement, influencent la masse volumique des déchets. (Aloueimine, 2006).

Humidité et pouvoir calorifique:

Humidité:

Dans les pays en développement, les déchets contenant une grande quantité de matière organique, tels que les fruits, les légumes et les restes de nourriture, peuvent avoir une teneur en eau élevée. Dans ces pays, où la valorisation de la matière organique n'est pas toujours pratiquée, cette humidité peut atteindre jusqu'à 90%, tandis que la moyenne générale est d'environ 50%. Cependant, dans certains pays comme la Mauritanie, la matière organique est récupérée au niveau des ménages et utilisée comme aliment pour le bétail. Par conséquent, elle ne fait pas partie du circuit municipal des déchets. (Aloueimine, 2006)

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) :

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est un critère crucial pour déterminer si les déchets peuvent être incinérés de manière efficace. Plus la teneur en eau des déchets est élevée, plus la valeur du PCI diminue. Les déchets peuvent être incinérés sans apport d'énergie externe lorsque leur PCI est supérieur à 1200 kcal/kg. (Ngnikan, 2000).

Rapport carbone/ azote (C/N): Pendant le processus de compostage, il est important de considérer différents facteurs physico-chimiques tels que le rapport carbone/azote et la température, la quantité d'eau, l'apport d'air et la taille des particules, ces éléments jouent un rôle crucial dans la décomposition des déchets et la création d'un compost de qualité. Pour obtenir un compost de qualité lors du processus de compostage, il est recommandé d'avoir un rapport carbone/azote (C/N) idéal de 30 :1. Cependant, il est important de noter que certains composants du bois, par exemple, ne sont pas facilement biodisponibles et peuvent ne pas contribuer efficacement au rapport C/N. Les micro-organismes présents dans le compost utilisent le carbone comme source d'énergie, tandis que l'azote est utilisé pour la production d'acides aminés et de protéines. Au fur et à mesure que les déchets se décomposent, la consommation d'azote et de carbone par les micro-organismes entraîne une diminution du rapport C/N. (Hélène ,2015).

Traitementdesdéchetsetleursrisquesassociés:



Figure02 :Le coût du traitement des déchets a fortement augmenté en2022

Le traitement des déchets englobe toutes les actions visant à récupérer les matériaux présents dans les déchets (figure 02). Dans le secteur des déchets, différentes méthodes sont utilisées pour préparer les déchets en vue de leur récupération ou de leur élimination. Ces méthodes peuvent inclure des processus mécaniques, thermiques, chimiques ou biologiques appliqués aux déchets. Le traitement des déchets comprend également des activités telles que le tri et l'emballage des déchets en vue de leur transport.

Enutilisant le traitement des déchets, notre objectif est des implifier la gestion des déchets en :

- Réduisant la dangerosité des déchets.
- Réduisant la quantité des déchets.
- Facilitant leur gestion ou leur élimination.

Chapitre01:Généralitéssurlesdéchetsgénérésparl'homme

- Améliorant la quantité et la qualité des matières récupérées.

On peut diminuer la quantité des déchets en les broyant, en les déchiquetant et en les compactant. Cela permet de réduire leur volume de manière significative. Le tri des déchets en différentes catégories est réalisé par :

- **Le tri manuel :** Le tri des déchets par sélection et tri manuel est une méthode couramment utilisée. Cependant, ce processus est souvent considéré comme étant lent, salissant, désagréable et peu efficace. Malgré cela, il présente l'avantage d'être flexible et facile à organiser.
- **Le tri mécanique :** Le tri automatisé basé sur des capteurs dans le spectre du proche infrarouge (SPI) est une méthode couramment employée et bien établie. Cela permet d'effectuer le tri des déchets de manière mécanique, sans intervention manuelle, en se basant sur les propriétés détectées par les capteurs.

Il est courant d'apporter des modifications aux déchets en utilisant diverses méthodes telles que le lavage, l'humidification, le séchage (thermique ou biologique), la fusion et la granulation. Pour des raisons pratiques, il est nécessaire de les mettre en balles et de les trier. La mise en balles implique de les compacter de manière uniforme et de les conditionner pour éviter toute altération de leur qualité lors du stockage et du transport. Le traitement des déchets n'est pas une fin en soi, mais plutôt une étape préparatoire qui permet leur traitement mécanique ultérieur.

Plateforme de compostage: Le compostage est une activité en plein essor qui implique la dégradation biologique des matières organiques des déchets dans des conditions aérobies. Les matières organiques fraîches sont transformées en compost, qui est une matière organique stable pouvant être utilisée comme fertilisant. La méthode la plus courante est le compostage en plein air, qui représente 57% des cas et qui traite principalement des déchets verts (73%), en utilisant des retournements pour favoriser le processus (64%). (Anonyme 03)

- **Risque pour la santé:** Dans les usines de compostage, les travailleurs peuvent être confrontés à des problèmes de santé tels que des troubles pulmonaires et gastro-intestinaux. Il y a également des cas plus graves signalés, tels que l'asthme et l'aspergillose pulmonaire. Il est important de mener des recherches supplémentaires pour identifier les facteurs de risque spécifiques à ces activités et établir des liens de causalité entre les expositions et les maladies observées.

Incinération: L'incinération est une méthode de traitement des déchets qui implique leur combustion à des températures élevées, généralement entre 850 et 1000°C. On l'appelle également traitement thermique. L'incinération peut être réalisée avec ou sans récupération d'énergie lors de la combustion. De nos jours, les incinérateurs modernes valorisent l'énergie produite sous forme de chaleur et/ou d'électricité. Grâce à ce traitement thermique, il est possible de réduire la masse des déchets de 70% et leur volume de 90%. (Anonyme 03)

- **Risque pour la santé :** Les incinérateurs de déchets, aussi appelés Unité d'Incinération d'Ordre Ménageres (UIOM), peuvent présenter des dangers pour la santé en raison de la pollution produite par les produits chimiques qui sont rejetés par

Les cheminées .Avant d'être traitées,ces émissions sont un mélange complexe composé principalement d'azote, d'oxygène et de dioxyde de carbone, ainsi que de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, d'acide chlorhydrique, de métaux lourds, de dioxines, de particules et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.Il est important de prendre en compte les effets néfastes de ces substances sur la santé et de mettre en place des mesures pour réduire au maximum leur impact.

Les centres de stockage (décharge) : Le stockage en enfouissement est une étape finale du traitement des déchets où les déchets ultimes sont placés dans des centres de stockage conformes à la réglementation. Ces centres sont spécialement conçus pour cette fonction et doivent respecter les normes établies pour assurer une gestion appropriée des déchets. (Anonyme 03)

- **Risque pour la santé:** Si les conditions de confinement dans les centres de stockage sont insuffisantes, il existe un risque de contamination de l'environnement par des substances chimiqueset microbiologiques provenant des déchets. Lixiviats se produire lorsque les lixiviats, qui sont des liquides chargés de bactéries et de produits chimiques, s'infiltrent dans le sol ou lorsque des gaz, tels que le biogaz issu de la dégradation des déchets, se forment. Ces phénomènes peuvent entraîner la pollution des ressources en eau par le ruissellement des eaux de lessivage vers les cours d'eau environnants. De plus, cela peut également entraîner la pollution de l'air par l'émission de composés organiques volatils et la dispersion de débris et de poussières transportés par le vent ou les animaux.

Collecte et tri des déchets : En général, les déchets sont collectés soit de manière sélective, soit en mélange, par les collectivités locales. Cette collecte peut être effectuée via un système de porte à porte, où les déchets sont triés en fonction de leur type, ou par dépôt volontaire dans des centres de tri sélectifs ou des déchetteries. Ces centres de tri jouent un rôle essentiel dans l'optimisation du recyclage en permettant la séparation et le traitement approprié des différents types de déchets. Ils sont généralement réservés aux habitants des communes adhérentes, contribuant ainsi à une gestion plus efficace des déchets au niveau local. (Anonyme 03).

- **Risque pour la santé :** Les collecteurs de déchets ménagers sont malheureusement confrontésàun nombre élevé d'accidents du travail, avec un risque1,5fois supérieurà celui de l'ensemble des travailleurs. Les professionnels du tri des déchets sont exposés à divers problèmes de santé, tels que des troubles respiratoires, des problèmes dermatologiques et digestifs, ainsi que des irritations oculaires. Ces effets indésirables sont souvent liés à l'exposition aux substances présentes dans les déchets.

Chapitre02:Généralités sur le plastique



Chapitre02:Généralitéssurle plastique

Qu'est-cequ'unplastique:

Le plastique est une substance artificielle fabriquée à partir de longues chaînes de molécules qui sont créées par un processus appelé polymérisation ou polycondensation. Cette matière peut ensuite être façonnée ou modelée selon les besoins. (Rey,2007).

En d'autres termes, le plastique est un mélange fabriqué à partir de la polymérisation de petites molécules appelées monomères, qui sont obtenues à partir du pétrole ou du gaz naturel. Ce matériau peut être façonné en utilisant une force externe pour créer différents objets. Le plastique est apprécié pour sa polyvalence, sa durabilité et son faible coût, ce qui en fait un choix populaire pour de nombreuses applications telles que l'emballage alimentaire et les sacs de courses. Au fil des années, la consommation de plastique a considérablement augmenté, multipliée par 20 dans le monde au cours des cinquante dernières années (Roland *et al*, 2017).

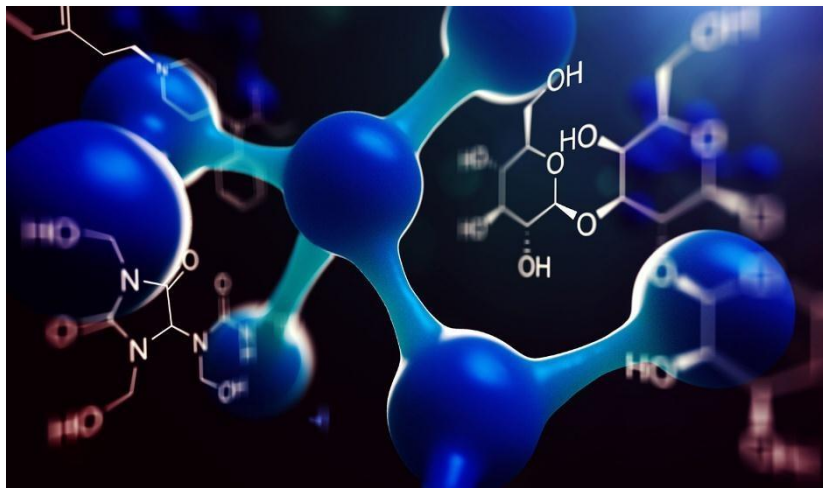


Figure03:Polymèreplastique

Il y a plus de cinquante ans, les polymères synthétiques (figure03) ont commencé à remplacer les matériaux naturels dans presque tous les domaines de notre vie quotidienne. De nos jours, les plastiques sont devenus indispensables. Au fil du temps, les plastiques ont été améliorés pour être plus stables et durables, ce qui les rend résistants à de nombreuses influences environnementales. Le mot "plastique" vient du grec "plastikos", qui signifie "capable d'être modelé en différentes formes ». (Joel, 1995).

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

L'histoiredeplastique:

Depuis leur apparition dans les années 50, la production mondiale de plastiques n'a cessé de croître (figure 04). Plus de la moitié de cette production a eu lieu au cours du 21ème siècle, et on estime qu'elle pourrait augmenter de 40% d'ici 2030. (Anonyme 04)

En2020, laproduction mondiale de plastique était estimée à 367 millions detonnes. La Chine a contribué à hauteur de 32% de cette production, suivie de l'Amérique du Nord avec 19%, et le reste de l'Asie avec 17%. L'Europe a également joué un rôle important, contribuant à hauteur de 15% avec une production de 55 millions de tonnes en 2020.La pollution plastique est un problème croissant qui affecte les océans et les mers du monde entier. Bien que le plastique ait été inventé au début du XX^e siècle, la production de masse n'a réellement commencé que dans les années 1950. Depuis lors, la production et la pollution plastique ont augmenté de manière exponentielle, doublant entre 2000 et 2019. Aujourd'hui, environ 350 millions de tonnes de plastique sont produites chaque année. Il est essentiel de trouver des solutions durables pour réduire notre utilisation du plastique et protéger nos écosystèmes marins. (Anonyme 05)

Depuis les années 1950, plus de 8 milliards de tonnes de déchets plastiques ont été produits, dont entre 75 et 199 millions de tonnes ont pollué les océans. Chaque année, environ 9 à 12 millions de tonnes supplémentaires de plastique se retrouvent dans les océans. De plus, il y a plus de 24 400 milliardsde microparticules de plastique présentes dans les mers et les océans. C'est pourquoi il est crucial de prendre des mesures pour réduire la production de plastique et protéger nos écosystèmes marins. (Anonyme 05)

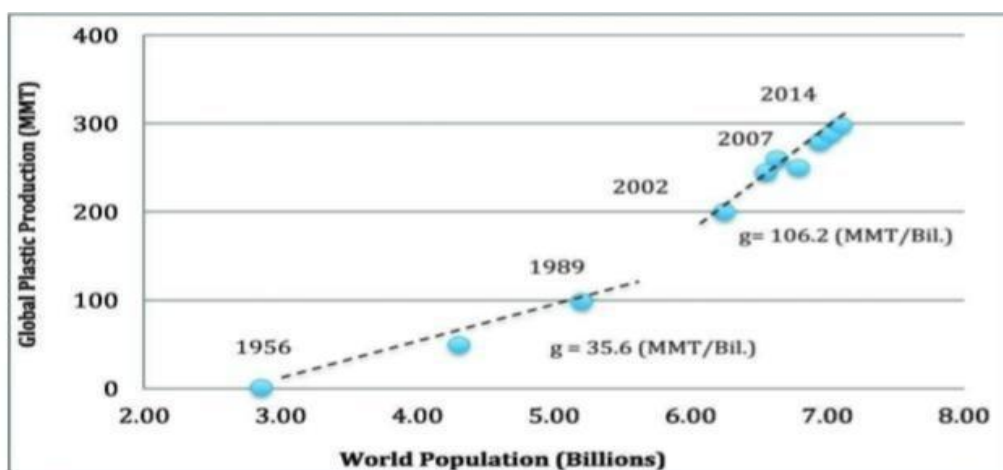


Figure04 : Augmentation de la production mondiale de plastique en fonction de la croissance de la population de 1956 à 2014. (Andrady, 2017)

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

Caractéristiquesdesmatièresplastiques:

Il existe deux caractéristiques principales des matières plastiques qui permettent de les distinguer :

Caractéristiqueschimiques:

Les matières plastiques sont formées par des séquences répétitives de molécules de carbone, également appelées polymères. Elles possèdent plusieurs propriétés essentielles telles que la souplesse, la résistance à la corrosion, la résistance aux chocs, à l'eau, ainsi qu'une imperméabilité à l'air. (Gorden,2006)

Onpeutdistinguerdeux catégoriesdematièresplastiques:

- **Les thermoplastiques** : sont des types de plastiques qui peuvent être ramollis et durcis plusieurs fois grâce à un processus de refroidissement, ce qui signifie qu'ils peuvent être réutilisés à plusieurs reprises.
- **Les thermodurcissables** : également connus sous le nom de plastiques thermodurcissables, subissentundurcissement permanent lorsqu'ils sont chauffés. Une fois fabriqués, ils deviennent rigides et ne se déforment pas sous l'effet de la chaleur. En raison de leur point de fusion élevé, ils sont principalement utilisés pour leur capacité à résister à de hautes températures. (Nowpap, 2007).

Dans le premier cas, il s'agit d'ajouts tels que les phtalates et les biphényles qui sontincorporés à certains plastiques dans le but d'améliorer leur résistance. Des recherches ont montré que ces substances peuvent présenter des risques toxiques pour certains animaux ainsi que pour les êtres humains. (Lithner *et al*, 2011). D'autres substances toxiques telles que les hydrocarbures, les pesticides, le DDTet les PCB peuvent se fixer sur les plastiques. Cela peut entraîner une augmentation de leur dispersion, de leur persistance en mer et de leur accumulation dans les niveaux trophiques supérieurs de la chaîne alimentaire. (Teuten *et al*, 2009).

Caractéristiquesphysiques:

Les plastiques ont tendance à conserver leur résistance au vieillissement et à se dégrader très lentement, ce qui limite leur biodégradation. Au fil du temps, ils se fragmentent en de petites particules appelées microplastiques. Ces microplastiques sont omniprésents et ont une tendance à s'accumuler dans l'environnement en raison de leur persistance. (Moore, 2008).

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

Tableau02: Différents types de plastiques et leurs densités.(Benarous,2019)

Type	Densité (g.cm ³)
Acrylique	1.09-1.2
Alkyde	1.24-2.1
Poly méthacrylate	1.17-1.2
Polyamides (PA)	1.02-1.0
Polychlorure de vinyle (PCV)	1.16-1.5
Polyester	1.24-2.
Polyéthylène (PE)	0.917-0.96
Polyéthylène téréphtalate (PET)	1.37-1.4
Polyoxyméthylène (POM)	1.41-1.6
Polypropylène (PP)	0.9-0.9
Polystyrène (PS)	1.04-1.
Polyuréthane	1.2
Polyvinyle alcool	1.19-1.3

Différentstypesdeplastique:

Il n'est pas toujours facile de reconnaître et de trier les différents types de plastiques au premier coup d'œil. Cependant, une méthode simple consiste à utiliser le code d'identification des résines, si possible. Ce système a été développé par la Société de l'industrie plastique du Canada dans le but de faciliter le tri et le recyclage des bouteilles et des contenants en plastique. Il a été adopté en Allemagne, puis dans toute l'Europe, mais son application reste volontaire de la part des fabricants. (Benarous, 2019).

Il existe une grande variété de plastiques, avec près de 20 types différents. Chaque type de plastique comprend également de nombreux grades qui permettent de leur donner des propriétés spécifiques en fonction de l'application choisie. Ces différentes familles de plastiques sont largement utilisées dans de nombreux domaines :

- **Polystyrène (PS) : (CH₂-CH- C₆H₅)_n** : Le polystyrène est un type de plastique largement utilisés (figure 05), notamment dans lesecteurdel'emballage. Il est souvent utilisé sous forme de mousse, connue sous le nom de polystyrène expansé (PSE), qui est obtenue en ajoutant un gaz qui fait gonfler les perles de polystyrène. Cette mousse

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

est très efficace pour protéger les produits des chocs car elle résiste bien à la compression. Le polystyrène peut également être utilisé sous forme de polystyrène extrudé (XPS) ou expansé, qui est un peu plus dense ou moins dense respectivement. Ces formes de polystyrène peuvent être utilisées comme isolant thermique pour les cloisons ou les planchers. De plus, en raison de sa résistance à l'eau et de sa facilité de nettoyage, le polystyrène peut être utilisé pour fabriquer des articles jetables comme de la vaisselle. Sa faible densité en fait également un matériau intéressant pour la fabrication de flotteurs ou de planches de funboard. (Anonyme 06)



Figure05: Lepolystyrène(PS)

- **Polypropylène (pp) :** $[(-CH_2-CH(CH_3)-) n]$: le polypropylène, aussi connu sous le nom de polypropène, est un type de plastique thermoplastique (figure 06) qui est fabriqué en polymérisant le monomère de propylène à l'aide de catalyseurs tels que le système catalytique de Ziegler-Natta. Dans l'industrie, le polypropylène est souvent mélangé à des matériaux tels que le carbonate de calcium ou la fibre de verre lors de sa polymérisation. Cela permet d'obtenir des matériaux aussi résistants que l'acier tout en conservant les propriétés élastiques du polypropylène. (Anonyme 07)



Figure06: Lepolypropylène(PP)

- **Polychlorure de vinyle (PVC) :** $[(-CH_2-CH(Cl)-) n]$: le PVC, ou polychlorure de vinyle, est fabriqué à partir de chlorure de vinyle par polymérisation radicalaire (figure 07). Il existe trois procédés de fabrication : la polymérisation en suspension dans l'eau, la polymérisation en émulsion dans l'eau et la polymérisation en masse. Chaque procédé a ses propres caractéristiques et permet d'obtenir différents types de produits en PVC. Le choix du procédé dépend des besoins spécifiques de l'application. (Anonyme 08)

Chapitre02:Généralitéssurle plastique



Figure07 : Le polychloruredevinyle (PVC)(Quota.Inclure., 2024)

- **Polyéthylène (PE) :** $[(-CH_2-) n]$: le polyéthylène, aussi appelé plastique LDPE, fait partie de la famille des polymères oléfiniques (figure 08). Il est composé d'éthylène et possède des caractéristiques remarquables. En effet, il est à la fois résistant à la chaleur et aux produits chimiques, tout en étant très flexible et facile à modeler. Il peut être transformé sans difficulté en utilisant des techniques couramment utilisées pour les thermoplastiques, comme l'injection ou l'extrusion. En somme, le polyéthylène LDPE présente une combinaison unique de propriétés qui en font un matériau polyvalent et facile à manipuler. (Anonyme 09)



Figure08: Le polyéthylène(PE)

- **Polytétrafluoroéthylène (PTFE, teflon) :** le polytétrafluoroéthylène, également connu sous le nom de PTFE, présente de nombreux avantages tels qu'une grande stabilité, une faible friction mécanique et une résistance à l'inflammation. Il est couramment utilisé comme ruban d'étanchéité dans les joints de tuyaux et mélangé avec des fibres de verre pour renforcer les toitures. (Benarous, 2019).
- **Le polyéthylène haute densité (PEHD):** est un matériau très répandu et utilisé dans de nombreuses applications. Il est utilisé pour fabriquer des bouteilles de lait, des sacs plastiques réutilisables, des réservoirs à carburant et même des tuyaux pour l'eau potable et le gaz. Ce matériau est durable et peut durer plus de 50 ans. C'est un choix intéressant pour remplacer d'autres matériaux plus anciens. (Anonyme 10)

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

- **Polyéthylène basse densité (PELD)** : il s'agit, entre autres, d'un matériau à haute résistance thermique et chimique, qui est également très souple et malléable. Il peut être transformé très facilement, grâce à des procédés normalement utilisés avec les thermoplastiques, comme le moulage par injection et extrusion. (Anonyme 11)

L'origine des déchets plastiques :

Le fait de jeter des déchets plastiques dans l'environnement est le résultat d'un comportement humain irresponsable envers la nature. On peut identifier deux sources principales de ces déchets : ceux qui proviennent de la terre et ceux qui se retrouvent dans les océans.

- **Origine tellurique** : on estime que près de 80% des débris plastiques retrouvés dans les océans proviennent de sources terrestres. Ces sources peuvent être regroupées en quatre catégories principales. Tout d'abord, il y a les déchets laissés sur les côtes par les touristes, tels que les bouteilles en plastique, les emballages de boissons et alimentaires, les mégots de cigarettes et les jouets de plage en plastique. Ces déchets sont abandonnés par négligence ou intentionnellement. Les baigneurs des plages sont la principale source des débris plastiques retrouvés sur les plages. Les rejets d'eaux usées, notamment lors de fortes pluies, entraînent avec eux des déchets provenant des rues. De plus, les décharges et dépotoirs sauvages contribuent également à l'apport de déchets plastiques sur les plages, transportés par les vents et les cours d'eau. Malgré le traitement des eaux, les stations d'épuration ne parviennent pas à empêcher la sortie des microplastiques. (Franecker, 1985).
- **Origine océanique** : Environ 20% des déchets plastiques retrouvés dans les océans proviennent de l'océan lui-même. Ces déchets sont principalement constitués de cordages et de filets de pêche, ainsi que de nasses et d'élastiques provenant des boîtes à appâts. Ils sont perdus accidentellement par les bateaux de pêche ou jetés délibérément à l'eau.

Classificationdestypesdedéchetsplastiques:

Les déchets plastiques subissent une transformation lorsqu'ils sont exposés aux rayons UV, à la chaleur et à l'abrasion mécanique. Ce processus de fragmentation conduit à la formation de débris de différentes tailles, dont certains ressemblent au plancton et sont appelés plancton plastique par les scientifiques. C'est ainsi que les débris plastiques se forment. (Ryan *et al*, 2009)

Il existe une proposition de classification des déchets en fonction de leur taille.(Ryan*etal*, 2009)

-Micro-déchets:dimensions<5mm

-Méso-déchets: 5mm<dimensions<20 mm

-Macro-déchets: 20mm<dimensions<100 mm

- Méga-déchets: dimensions>100mm

Chapitre 02: Généralité sur le plastique

2.7. Mécanismes de transport des déchets plastiques:

Les déchets se déplacent grâce à trois facteurs principaux : les cours d'eau, le vent et les courants marins. Les cours d'eau et le vent sont responsables de l'introduction des déchets dans la mer, tandis que les trois facteurs influencent leur devenir une fois en mer. (Henry, 2019)

- **Les cours d'eau** : ils jouent un rôle essentiel dans le transport des déchets depuis les terres jusqu'au littoral. Ils collectent non seulement des déchets naturels tels que le bois, mais aussi des déchets provenant des zones urbaines traversées, des personnes qui utilisent les cours d'eau (comme les pêcheurs et les sportifs) et des décharges sauvages situées près des rives. La pluie est un facteur clé à prendre en compte. Elle provoque des crues qui emportent des débris végétaux et des déchets des décharges sauvages. De plus, elle peut faire déborder les réseaux d'assainissement, laissant les débris contourner les installations de dégrillage. (Henry, 2010)
- **Les courants** : La cartographie des déchets flottants ou déposés en mer permet de mieux comprendre comment les facteurs hydrodynamiques influencent leur répartition. En effet, la circulation tourbillonnaire entraîne une accumulation des objets flottants. (Galgani, 2010)
- **Les vents** : Sur la terre ferme, le vent transporte des déchets légers provenant de décharges illégales, de poubelles endommagées, d'activités industrielles et agricoles, ainsi que des aires de pique-nique, vers les cours d'eau et finalement vers la mer. En d'autres termes, le vent joue un rôle dans le déplacement des déchets depuis les terres vers les zones aquatiques. (Labadla *et al*, 2021).

Dégradation du plastique en mer :

Les plastiques, connus sous le nom de plastiques "conventionnels" (par opposition aux plastiques biodégradables), se distinguent par leur stabilité et leur résistance. Depuis les années 1950, ces plastiques ont été produits en quantités massives. (Galgani *et al*, 2021).

Lorsqu'ils se retrouvent en tant que déchets dans l'environnement, les plastiques persistent pendant de très longues périodes. Cependant, au fil du temps et en fonction des conditions environnementales et des milieux dans lesquels ils se trouvent (sol, rivières, plages, océans), ces matériaux subissent une lente transformation et dégradation. Quels que soient les processus impliqués, la dégradation des plastiques se manifeste à trois échelles différentes (figure 09) :

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

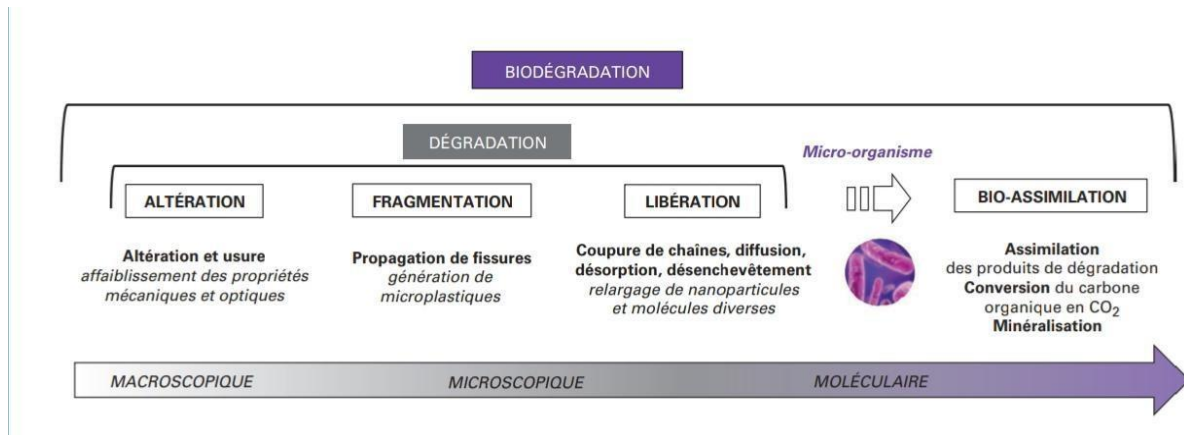


Figure09: Différentes échelles de la dégradation des plastiques dans l'environnement (Galgani et al,2021)

- **L'échelle macroscopique** : les propriétés d'un matériau peuvent être altérées, principalement au niveau mécanique et optique, sans que cela ne compromette son intégrité, les caractéristiques essentielles du matériau peuvent changer sans que sa structure globale ne soit endommagée.
- **L'échelle microscopique**: les matériaux peuvent se briser en de minuscules fragments connus sous le nom de microplastiques. Cette fragmentation est causée par la propagation de fissures à travers le matériau.
- **L'échelle moléculaire**: il se produit le relargage de nanoparticules ainsi que de différentes molécules de tailles et de natures variées telles que des macromolécules, des oligomères, des additifs, des charges, etc. Ce phénomène est lié aux processus moléculaires tels que la rupture de liaisons, la diffusion, le désenchevêtrement et la désorption.

Pour la dégradation d'un matériau, une étape supplémentaire est nécessaire : l'assimilation des produits de dégradation par des micro-organismes tels que des bactéries, des champignons ou des algues. Ces micro-organismes peuvent convertir les oligomères en gaz (comme le CO₂ et éventuellement le méthane en absence d'oxygène), en eau et en biomasse. C'est ce qu'on appelle la biodégradation du matériau. Quand ils ne sont pas assimilés par des micro-organismes, leur devenir en milieu aquatique dépend de leur solubilité et de leur nature chimique. Ils peuvent soit se disperser dans l'eau, soit former des nanoparticules en s'agglomérant. (Galgani et al, 2021)

la dégradation des matériaux en milieu aquatique peut être plus complexe que prévu (figure 10). Les processus de dégradation peuvent se produire simultanément à différentes échelles et leurs vitesses en milieu aquatique sont encore mal comprises (Andray, 2017). Dans l'environnement, l'eau, l'oxygène, les UV et les enzymes agissent comme agents de dégradation des matériaux (figure 11) .Ces agents peuvent provoquer des réactions d'hydrolyse, d'oxydation et de gonflement. Les processus de dégradation, qu'ils soient moléculaires, méso-échelle ou macroscopiques, ont différents effets sur les matériaux:

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

- **Dégradation du matériau** : la dégradation d'un matériau dépend de sa structure chimique, de la nature des atomes, de sa masse molaire, de son état physique et de la distribution de ses morphologies.
- **Des conditions environnementales** : la dégradation d'un matériau est affectée par les conditions environnementales comme la température, le pH, le taux d'oxygène, l'exposition à la lumière et les contraintes subies. Ces facteurs influencent les mécanismes de dégradation.

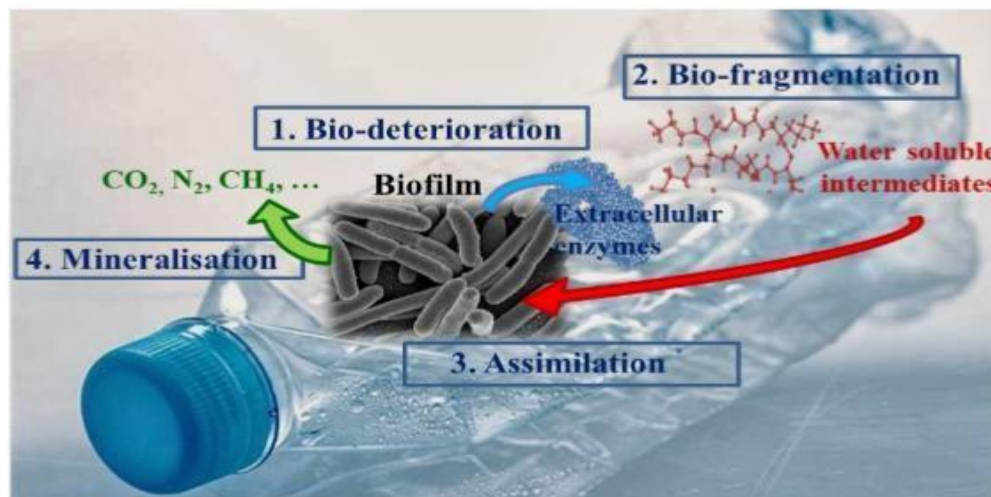


Figure10: Les différents étapes de la biodégradation du plastique par les bactéries (Dussus et Ghiglione, 2014)

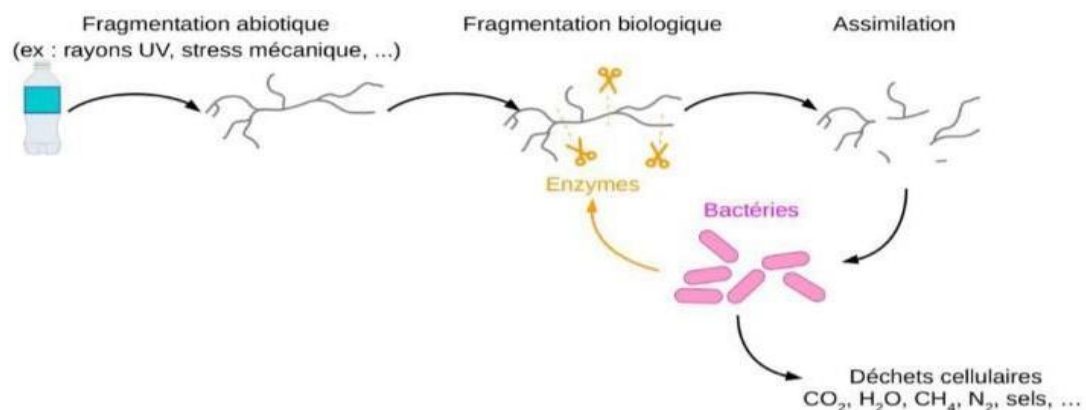


Figure11 : Dégradation du plastique en mer(version 2024)

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

Le plastique en Méditerranée et en Algérie:

En Méditerranée:

La mer Méditerranée est une mer quasiment fermée qui borde les côtes de 23 pays en Europe du Sud, en Afrique du Nord et en Asie. Elle s'étend depuis le détroit de Gibraltar à l'ouest, où elle s'ouvre sur l'océan Atlantique avec une largeur de 14 km, jusqu'aux entrées des Dardanelles à l'est (avec une ouverture de 1,2 à 6 km sur la mer Noire) et du canal de Suez au sud (avec une ouverture de 365 m sur la mer Rouge). La mer Méditerranée couvre une superficie de plus de 2,5 millions de kilomètres carrés. (Anonyme 12)

Le rapport "Mare Plasticum : The Mediterranean" a été réalisé en collaboration avec l'organisation Environmental Action. Il compile des données provenant de différentes études de terrain et utilise la méthodologie d'empreinte plastique marine de l'UICN. Ce rapport évalue les flux de déchets plastiques provenant de 33 pays du bassin méditerranéen.

Selon le rapport, la mer Méditerranée accumule déjà plus d'un million de tonnes de plastique. Les macro-plastiques provenant de déchets mal gérés représentent 94% de ces rejets. Ces déchets se transforment ensuite en microplastiques, qui se déposent principalement dans les sédiments. Les pays ayant les taux de rejet les plus élevés sont l'Égypte (74 000 tonnes/an), l'Italie (34 000 tonnes/an) et la Turquie (24 000 tonnes/an), en raison de la mauvaise gestion des déchets et de la densité des populations côtières. (Anonyme 13)

EnAlgérie:

En Algérie, lors de la campagne de surveillance et de suivi des déchets marins menée par l'Agence nationale des déchets (AND) au cours des deux dernières années, il a été constaté que le plastique représentait 87% des déchets collectés sur les plages. Selon le rapport 2020 de l'Agence sur la gestion des déchets en Algérie, cette campagne a permis de quantifier et de classer les déchets, avec le soutien des acteurs locaux tels que les directeurs de l'environnement de wilayas, les communes et les associations. Les déchets collectés se composaient principalement de plastique (87%), suivis du papier (7%), du métal (3%), du verre (2%) et du tissu (1%). (Anonyme 14).

Le cadre juridique et les conventions relatives à la protection du milieu marin contre la pollution :

L'Organisation Maritime International (OMI):

L'OMI a été créée en 1948 par une convention et est basée à Londres, au Royaume-Uni. Elle compte 171 membres et se concentre sur les questions maritimes telles que la navigation commerciale, la sécurité maritime et la prévention de la pollution des mers par les navires. En 2021, le Comité de la protection du milieu marin (MEPC) de l'OMI a adopté une stratégie pour réduire les déchets plastiques dans les océans. Cette stratégie vise à diminuer les déchets plastiques rejetés par les navires de pêche, à réduire la part des déchets plastiques causés par

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

le transport maritime et à améliorer les installations portuaires pour réduire la pollution plastique marine. (Betty *et al*, 2020).

Au sein des Nations unies:

L'ONU, créée en 1945, est une organisation internationale unique qui vise à rassembler tous les États du monde. Contrairement à d'autres organisations spécialisées, l'ONU a une compétence étendue dans de nombreux domaines. Elle compte actuellement 193 États membres liés par un traité international. (Betty *et al*, 2020)

La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer demande aux États de protéger et de préserver le milieu marin. Elle leur donne également le droit d'exploiter les ressources naturelles tout en respectant l'environnement. Les conventions régionales sur les mers reprennent ces principes, mais peuvent être plus spécifiques dans certains domaines de protection du milieu marin. (Anonyme 15)

La Convention de Barcelone de 1976 pour la Méditerranée comprend neuf protocoles qui abordent des questions relatives à la pollution, à la protection de la biodiversité et à la création d'aires marines protégées. Elle est accompagnée d'un Plan d'action pour la Méditerranée et de Centres d'activités régionaux, comme celui de Tunis pour les aires protégées (CAR/ASP). Plus récemment, la convention a ajouté un nouveau protocole sur la mise en œuvre de la Gestion intégrée des zones côtières (GIZC) en 2008.

En Algérie :

Avec ses 1622 kilomètres de côtes, ses 32 îles et 208 îlots, ainsi que ses 71 aires marines et côtières d'intérêt écologique à protéger, dont 26 aires marines abritant des espèces remarquables, 26 aires avec des trottoirs à vermet, 19 aires avec de la Posidonie, ainsi que 26 zones humides et 2 complexes de zones humides, l'Algérie possède un littoral incroyablement riche en biodiversité et en patrimoine naturel. Ce littoral offre également de nombreuses opportunités de développement socio-économique pour la région. (Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables)

Selon la loi 02-02 du 05-02-2002 qui concerne la protection et la valorisation du littoral, le terme "littoral" fait référence à l'ensemble des îles et îlots, du plateau continental, ainsi qu'à une bande de terre d'au moins huit cents mètres (800m) de largeur, qui longe la mer et incluant :

- les pentes des collines et des montagnes qui sont visibles depuis la mer et qui ne sont pas séparées du rivage par une plaine côtière.
- les plaines littorales d'une profondeur inférieure à trois kilomètres (3 km) à partir des plus hautes eaux maritimes.
- Toutes les zones humides, y compris leurs rivages, font partie du littoral, dont une partie se trouve à partir des plus hautes eaux maritimes.
- L'intégralité des massifs forestiers.
- Les terres à vocation agricole.

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

- Les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique.

La zone côtière est un espace spécifique qui bénéficie de mesures de protection et de mise en valeur, qui comprend :

- Les îles et les îlots
- Le rivage naturel
- Les olets le sous-solde lamer territoriale
- Les eaux intérieures maritimes

Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC):

La démarche de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est une approche innovante et un outil de gouvernance des territoires côtiers, visant à promouvoir un développement durable. Dans les pays méditerranéens, cette démarche est encadrée par le Protocole GIZC de la Convention de Barcelone, qui est entré en vigueur en janvier 2011. Ce protocole régional, qui a force de loi, impose différentes exigences, notamment l'obligation pour les pays de développer leur propre Stratégie Nationale de GIZC s'ils souhaitent s'engager dans cette voie.

En2012, l'Algériea pris l'initiative de développer sapropre Stratégie Nationale de GIZC pour son littoral divisé en 14 wilayas et la partie marine correspondant aux limites de sa mer territoriale. Cette démarche s'inscrit dans le cadre du Protocole GIZC, auquel l'Algérie est signataire. L'objectif est de favoriser un développement durable et une gestion intégrée des zones côtières de l'Algérie.

En 2015, l'Algérie a développé sa toute première Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC). Cette stratégie a été ensuite mise à jour en 2021. Son objectif principal est de gouverner, prévenir et contrôler les impacts humains sur l'écosystème marin côtier. Elle vise à protéger et préserver ces zones des effets néfastes de l'activité humaine. (Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables)

Commissariat National du Littoral (CNL):

Le CNL est un établissement public à caractère administratif sous tutelle du ministère chargé del'Environnement. Il a étécrééparl'article24 delaloi n°02-02 du 5 février2002 relativeà la protection et à la valorisation du littoral.

Cette loi précise les limites des espaces côtiers (bandes littorales), énumère les activités qui y sont autorisées, réglementées ou interdites et définit le CNL comme un instrument institutionnel de la mise en Suvre de ses dispositions, dans les limites de ses compétences etcoordinationaveclesautresinstitutionsetacteursopérantdanslazonecôtière.Lastructure administrative des CNL répond aux exigences d'un établissement administratif, avec un directeur général et quatorze (14) au niveau de la wilaya. Cette organisation est soutenue par un conseil consultatif et un conseil consultatif scientifique.

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

La mission première des CNL est de mettre en Suvre la stratégie nationale de protection, dépréservation et de valorisation. Les zones littorales et côtières, y compris:

Préserver et valoriser lel ittoral, les zones côtières et leurs les écosystèmes

Mettre en place des mesures de protection du littoral et des zones côtières

Fournir toute l'assistance aux communautés locales en ce qui concerne ses domaines d'intervention

Entretenir, restaurer et éhabiliter les espaces terrestres et marins remarquables, ainsi que ceux qui sont nécessaires pour la préservation des équilibres naturels (Mopoco, 2021).

Dispositif Tel Bahr :

Pour faire face aux risques potentiels des accidents pétroliers en mer et des déversements de substances polluantes, l'Algérie a mis en place un dispositif appelé "TEL BAHR". Ce dispositif vise à prendre des mesures de lutte contre les pollutions marines causées par les hydrocarbures. Il comprend également l'organisation des moyens de lutte, la sensibilisation du public, la coordination entre différents secteurs et l'établissement de plans d'intervention spécifiques nommés "Tel Bahr".(Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables)

Ce dispositif contribue à assurer :

- La préservation et la restauration des écosystèmes marins et côtiers.
- La lutte contre la pollution marine
- L'exploitant durable des ressources halieutiques (pêche, aquaculture) et la préservation du patrimoine marin et aquatique et sa biodiversité.

Cadre législatif :

Le fonctionnement de ce dispositif est encadré par le Décret Exécutif n° 14-264 du 22 septembre 2014. Ce décret établit les règles et les procédures concernant l'organisation de la lutte contre les pollutions marines et la mise en place des plans d'intervention. (Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables)

Le dispositif prévoit 4 outils de mise en œuvre :

- Un Comité National
- Trois Comités Régionaux
- 14 Comités wilaya
- Un secteur permanent institué au près du Ministère Chargé de l'Environnement

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

Impact et effet de la pollution plastique sur la vie marine :

La Méditerranée est gravement affectée par une grande quantité de déchets plastiques, ce qui représente une menace importante pour la vie marine. Ces déchets peuvent causer des blessures, l'étouffement et même la mort d'animaux marins, y compris des espèces protégées et en voie de disparition comme les tortues marines. (Figure 12).



Figure12:Ingestion d'un sec plastique par une tortue (Déchetsaquatique.,2019)

Le plastique représente plus de 90 % des déchets d'origine humaine qui nuisent à la faune marine. À l'échelle mondiale, environ 700 espèces marines sont en danger à cause du plastique, dont 17 % sont classées comme "menacées" ou "en danger critique" par l'UICN.

En Méditerranée, les oiseaux sont les plus touchés, représentant 35 % des victimes, suivis des poissons (27 %), des invertébrés (20 %), des mammifères marins (13 %) et des tortues marines.

Il existe de nombreuses études qui ont documenté les effets néfastes des déchets marins sur près de 700 espèces marines. Ces interactions ont été regroupées en trois catégories principales selon les recherches publiées.(Lavender, 2017).

- **L'enchevêtrement** : Plus de 270 espèces animales différentes, y compris des mammifères, des reptiles, des oiseaux et des poissons, ont été enregistrées comme étant affectées par ce phénomène. (Harding, 2016). Lorsqu'ils se retrouvent piégés dans des débris de plastique, les animaux sont souvent victimes de blessures graves et chroniques, voire de décès. On estime qu'au moins mille tortues marines meurent chaque année à cause de l'enchevêtrement dans des déchets plastiques, y compris des équipements de pêche abandonnés ou perdus. (Duncan *et al*, 2017)
- **L'ingestion** : la santé des animaux est gravement affectée par l'ingestion de plastique (figure13) . Des étudesont répertoriéplus de240 espèces animales différentesqui ont avalé du plastique. Malheureusement, cesanimauxne sont souvent pas en mesure de

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

digérer le plastique, ce qui entraîne des brûlures internes, des obstructions du système digestif et, finalement, la mort. (Harding, 2016).

De plus, les études ont également révélé que les toxines libérées par le plastique ingéré ont des effets néfastes sur la reproduction et le système immunitaire des animaux (Kühn *et al*, 2015). Cela est particulièrement préoccupant pour les espèces en danger qui ont de petites populations et qui sont exposées à plusieurs facteurs des stress en plus de l'ingestion de plastique. (Paul *et al*, 2016)

- **Les dommages à l'habitat :** Les déchets en plastique sont présents non seulement dans les océans, mais aussi dans les sols et les rivières, ce qui peut entraîner la dégradation ou la destruction des habitats des animaux. Des recherches ont montré que la pollution microplastique altère les conditions du sol (de Souza Machado *et al...*), ce qui peut avoir des conséquences sur la santé des animaux et augmenter les risques de libération de substances chimiques nocives dans le sol. Lorsqu'ils sont abandonnés, perdus ou jetés, les déchets plastiques peuvent étouffer les récifs fragiles, et les colonies microbiennes qui se forment sur ces déchets peuvent augmenter les taux de dégradation. De plus, les déchets plastiques accélèrent également la détérioration des coraux. (UNEP, 2016) .



Figure13: Un albatros retrouvé mort sur l'atoll de Midway(Pacifique nord)après avoir ingéré des déchets plastiques.(Jordan, 2019).

Impact sur le milieu naturel:

Sur le littoral :

Lorsque les déchets s'accumulent en grande quantité sur les plages, cela peut perturber l'écosystème côtier. De plus, le nettoyage mécanisé des plages peut également avoir un impact indirect important sur l'écosystème littoral à plusieurs niveaux. Par exemple (les déchets naturels), les "laisses de mer", qui sont des accumulations de débris naturels sur le littoral,

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

jouent un rôle écologique crucial. Elles abritent une chaîne alimentaire complète et servent d'habitat à de nombreux invertébrés, ainsi que de lieu de ponte et de nourriture pour les oiseaux. De plus, elles ont un rôle géomorphologique en agissant comme une barrière contre l'érosion et en libérant des matières organiques et des sels minéraux qui favorisent le développement de la flore, stabilisant ainsi les dunes en retenant le sable. (Henry, 2010).

Sur les fonds :

L'accumulation de déchets en profondeur dans les océans, jusqu'à 2000 mètres, peut avoir des conséquences néfastes sur les fonds marins. Les mouvements incessants des macrodéchets légers, causés par les vagues et les courants marins dans les eaux peu profondes, perturbent et détériorent les fonds marins. De plus, la présence importante de déchets plastiques et métalliques sur les fonds marins empêche les échanges naturels entre l'eau et les sédiments, entraînant une raréfaction de l'oxygène dans l'eau, ce qui peut empêcher toute vie animale ou végétale. (Henry, 2010).

Impacts sanitaires sur l'homme :

La présence de déchets tels que le verre, le métal ou les seringues sur les plages peut représenter un risque de blessure pour les personnes qui les fréquentent. De plus, les petits morceaux de plastique présents dans l'eau peuvent contenir des substances toxiques telles que les phtalates et les biphényles. Ces particules peuvent être ingérées par les animaux marins, et par conséquent, peuvent se retrouver dans la chaîne alimentaire, y compris chez l'homme. Cependant, les impacts directs sur la santé humaine liés à l'ingestion de micro et nano-plastiques sont encore inconnus. Il est important de noter que la consommation de crustacés, de moules et d'huîtres peut présenter un risque plus élevé d'ingestion de plastique. (Figure 14). Il existe de nombreuses autres sources de contamination liées aux microplastiques. Une étude récente sur l'eau embouteillée a révélé que 93% des bouteilles provenant de 11 marques différentes dans neuf pays étaient contaminées par des microplastiques (Sherri *et al.*, 2018). Cela signifie que les humains sont exposés à ces substances toxiques et aux microplastiques par inhalation, ingestion et contact direct avec la peau, tout au long du cycle de vie du plastique.

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

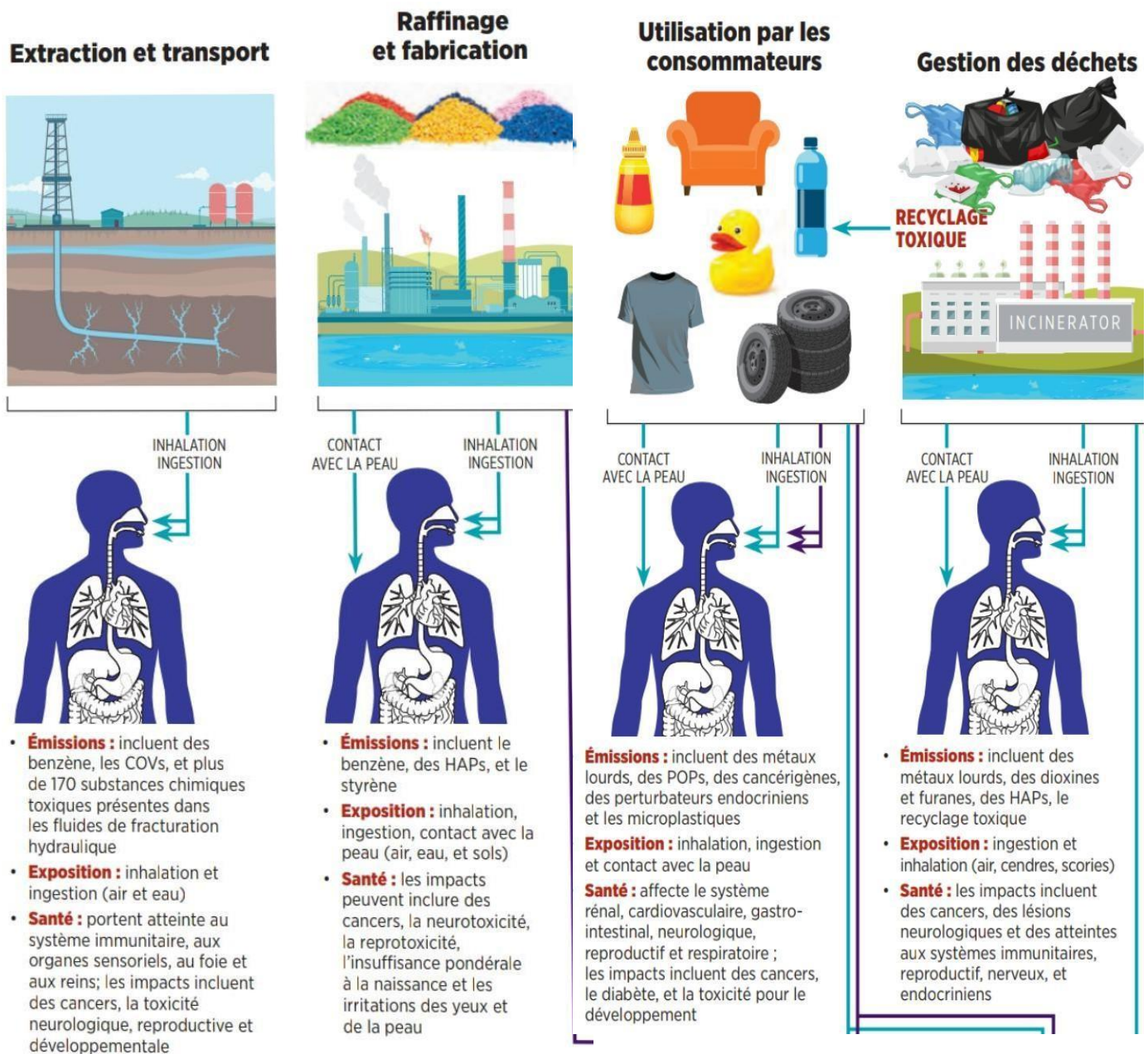


Figure14 : Plastique et santé : les coûts cachés d'une planète plastique

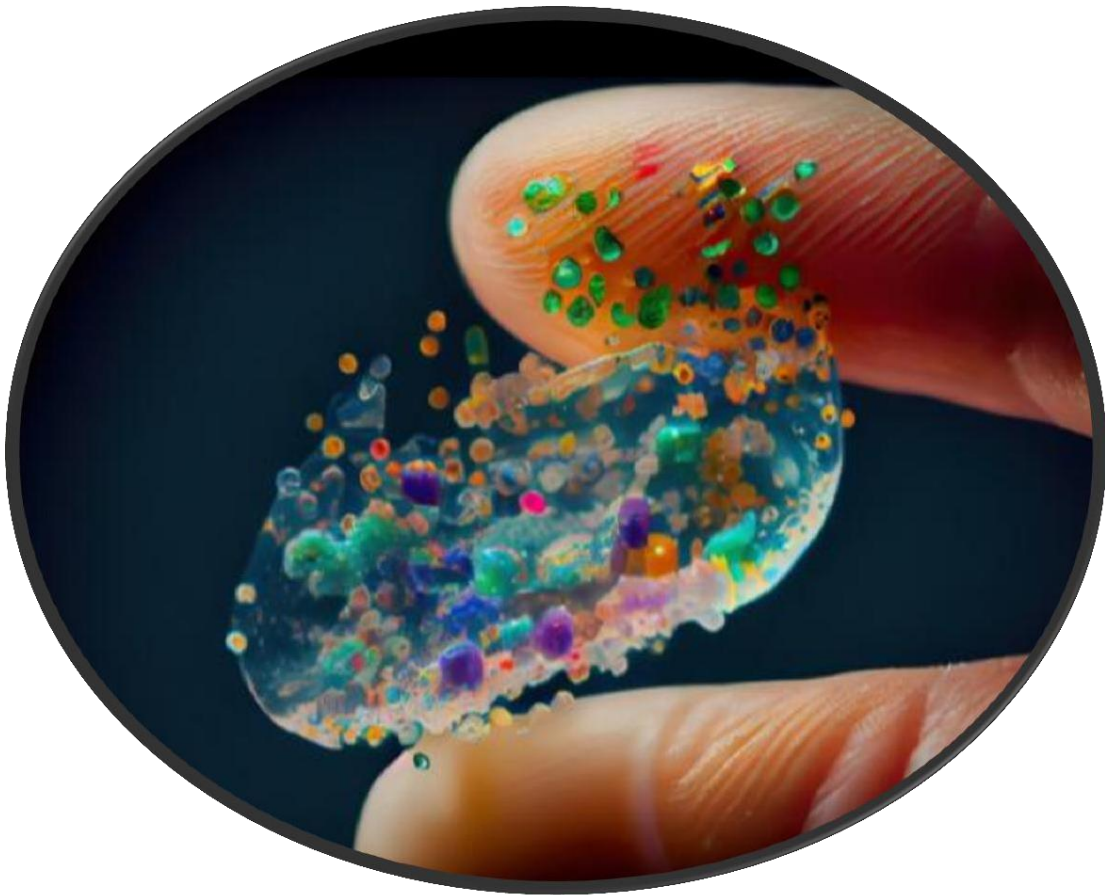
Impact socioéconomique :

La pollution plastique a des conséquences socio-économiques considérables sur les zones littorales, en particulier les plages et les estuaires. Cela affecte la valeur patrimoniale des sites et peut avoir un impact significatif sur le tourisme, pouvant même entraîner la fermeture de plages très fréquentées. Les coûts de nettoyage sont utilisés pour quantifier ces impacts esthétiques. Les activités aquacoles le long du littoral peuvent également contribuer à la pollution plastique, en raison de la perte involontaire ou non de matériel. Les interventions sous-marines dans les ports et le long du littoral, ainsi que les programmes de sensibilisation et d'éducation à l'environnement, font également partie des impacts socio-économiques de la pollution plastique.

Chapitre02:Généralitéssurle plastique

En mer, la présence de plastique a un impact économique sur la navigation, notamment pour la plaisance et les navires de pêche. Les accidents fréquents, tels que la rencontre d'obstacles ou la prise de filets dans les hélices ou les circuits de refroidissement, entraînent des coûts de nettoyage et de réparation. De plus, les captures involontaires de filets perdus ou abandonnés affectent les stocks de poissons, ce qui a également des conséquences économiques. (Galgani *et al*, 2021)

Chapitre03:Les microplastiques



Définition des microplastiques:

Les microplastiques sont de petits morceaux de plastique sous forme de particules ou de fibres (figure15). Il n'y a pas de norme universellement reconnue pour déterminer la taille maximale d'une particule, mais en général, on considère que leur diamètre ne doit pas dépasser 5 millimètres. Cette classification inclut également les nanoparticules, qui sont des fragments de moins de 100 nanomètres. Les microplastiques sont principalement classés en fonction de leurs caractéristiques morphologiques, telles que leur taille, leur forme et leur couleur. La taille est un facteur crucial dans l'étude des microplastiques, car elle détermine les organismes qui peuvent être potentiellement affectés par ces particules. (Anonyme 16)

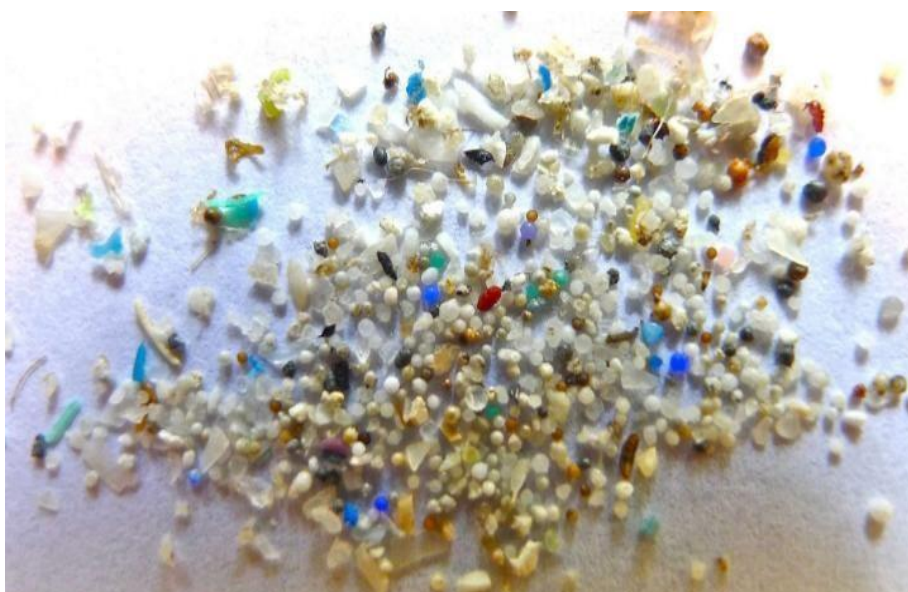


Figure15 :les microplastiques(Futura.,2020)

L'histoire de microplastiques:

L'histoire des microplastiques est étroitement liée à la croissance économique de la seconde moitié du XX^{ème} siècle. Cette période a été marquée par une production massive de plastique qui a explosé au cours des 70 dernières années. En 1950, environ 1,5 million de tonnes de plastique étaient produites, tandis qu'en 2016, ce chiffre atteignait 335 millions de tonnes. Il convient également de mentionner les 60 millions de tonnes de fibres synthétiques produites.

Aujourd'hui, les fleuves et les rivières rejettent entre 1.15 et 2.41 millions de tonnes de plastiques dans les océans. Les premières discussions sur ce problème ont pris du temps à émerger, mais c'est en 1970 que les premiers lanceurs d'alerte ont commencé à attirer l'attention sur ce sujet. (Gaïda *et al*, 2022).

En 1997, la découverte des gyres a vraiment ouvert les yeux de tout le monde. Au départ, le terme "gyres" désignait simplement des courants rotatoires dans les océans, mais aujourd'hui, il fait référence aux énormes amas de plastiques qui forment des îlots. Cette découverte a déclenché une prise de conscience collective et a conduit au lancement des premières

expéditions scientifiques. Depuis lors, les études scientifiques sur le sujet se sont intensifiées, se concentrant particulièrement sur les impacts sur la santé des organismes marins et des êtres humains, les principales sources de déchets plastiques, ainsi que le parcours des microplastiques, que ce soit dans l'air, les océans ou même les bouteilles d'eau. (Gaïda et al, 2022).

À partir de 2014, la sensibilisation sur le problème des microplastiques dans les océans a pris de l'ampleur avec la création de The OceanCleanUp. Cette organisation a lancé des expéditions maritimes pour nettoyer les océans et faire face à cette préoccupation environnementale croissante. En parallèle, Surfrider Foundation Europe a entrepris d'importantes recherches en 2015, en collectant des échantillons grâce à des bénévoles. Ces associations ont adopté une communication percutante et choquante pour attirer l'attention des gouvernements, des médias et des consommateurs sur ce problème urgent. Leur objectif est de susciter une prise de conscience collective et de promouvoir des actions visant à résoudre cette crise des microplastiques dans nos océans. (Bouchour et al, 2022).

Ce fort engagement associatif est accompagné de découvertes de recherche préoccupantes, ce qui justifie l'urgence de prendre des mesures auprès des décideurs. À l'heure actuelle, il y a une multiplication des expéditions, des recherches, des prélèvements, des actions gouvernementales, des initiatives industrielles, des opérations de nettoyage, et bien d'autres initiatives à travers le monde. Cette mobilisation globale témoigne de l'importance accordée à la résolution immédiate de ce problème des microplastiques dans les océans. (Aïssa et al, 2022).

L'origine primaire et secondaire de microplastiques:

L'origine primaire:

Les microplastiques primaires sont spécifiquement conçus pour être de petite taille, que ce soit sous forme de granulés ou de pellets utilisés dans la production, ou sous forme de flocons ou de sphérules destinés à être transformés en biens de consommation ou utilisés comme abrasifs industriels (figure 16). On les retrouve également sous forme de microbilles de moins d'1 mm présentes dans certains produits cosmétiques tels que les crèmes exfoliantes, les dentifrices, etc (Fendall et Sewell, 2009). Une fois libérés dans les eaux usées, ces microplastiques se retrouvent dans les écosystèmes aquatiques, mais leur devenir précis dans les stations d'épuration reste encore peu connu. (Leslie et al, 2013)

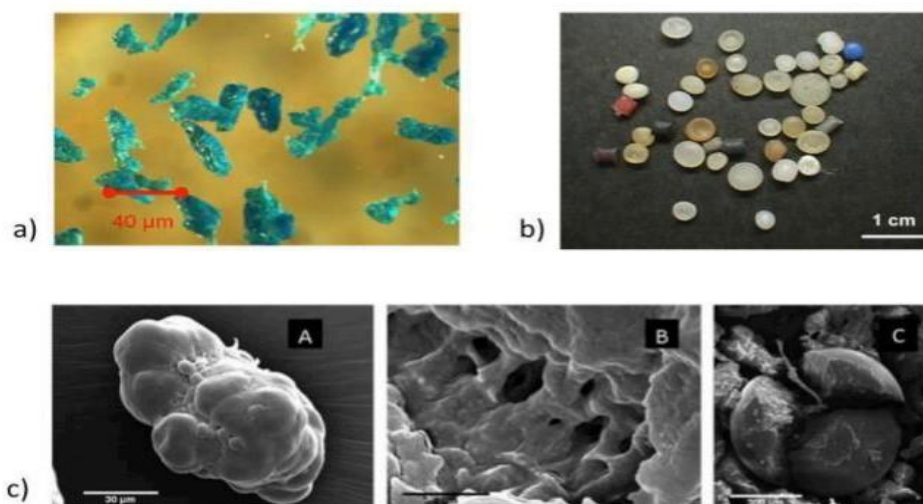


Figure 16 :Microplas dentifrice ; b) granulés de pré-production industriels (GPI) ; c) microplastiques issus d'un exfoliant analysés en microscopie électronique à balayage(UNEP, 2016).

L'origine secondaire:

Les microplastiques secondaires sont formés lorsque de gros déchets plastiques se fragmentent en particules de moins de 5mm(Ryan et al., 2009), soit par dégradation physique ou chimique. Ces microplastiques sont principalement générés par les touristes et les pêcheurs, ainsi que par l'industrie de démantèlement des navires et l'utilisation d'abrasifs industriels. De plus, plastiques qui se retrouvent dans les sites d'enfouissement peuvent également être lessivés et contribuer à la formation de microplastiques, les vêtements synthétiques constituent également une source importante de microplastiques. Lors d'un seul lavage, environ 1900 fibres peuvent être libérées dans l'eau, contribuant ainsi à la contamination par les microplastiques (Pruter, 1987 ; Andrady, 2011 ; Browne *et al.*, 2011). Une autre source majeure de microplastiques dans l'environnement marin est la dégradation des déchets plastiques abandonnés par les touristes ou provenant des engins de pêche. En fait, environ 18% des plastiques marins, tels que le polystyrène expansé, les bouées et les filets, proviennent de l'industrie de la pêche. (Derraik, 2002 ; Cole et al., 2011 ; Andrady, 2011).

La distribution des microplastiques:

Dans les océans:

Les microplastiques se trouvent dans tous les océans, même dans les régions polaires (Obbard et al., 2014). On a constaté que 88 % des échantillons d'eau de surface prélevés dans plusieurs océans contenaient des microplastiques, avec des concentrations qui varient considérablement sur une échelle de 4 ordres de grandeur (Cozar et al., 2014). Étant donné que la dégradation des plastiques dans les océans prend plus de 100 ans, des zones d'accumulation se forment, appelées gyres océaniques (Moore et al., 2001; Eriksen et al., 2013). Les microplastiques

s'accumulent principalement dans cinq grands gyres, le plus important étant celui de l'océan Pacifique Nord, également connu sous le nom de « 7ème continent » (TARAMed).

Dans les différents compartiments du milieu marin:

Les microplastiques sont partout, trouvés dans les plans d'eau, les sédiments, les plages et même les biotes du monde entier. Les petites particules de plastique moins denses ont tendance à flotter à la surface ou dans la colonne d'eau, tandis que les microplastiques plus denses, plus denses que l'eau de mer (1,02 g/cm³), coulent et s'accumulent dans les sédiments. Cependant, même les plastiques de faible densité peuvent atteindre le fond marin en raison des changements de densité provoqués par l'encrassement biologique. Des microplastiques similaires ont été trouvés dans la colonne d'eau et les sédiments (Thompson et al., 2004 ; Andrady, 2011 ; Zettler et al., 2013)

Dans la mer Méditerranée:

La mer Méditerranée est confrontée à une situation préoccupante en termes de pollution plastique. En effet, elle présente les densités de plastiques les plus élevées au monde, avec environ 250 milliards de microplastiques. La Méditerranée est considérée comme une mer semi-fermée, avec un taux de renouvellement des eaux assez lentes, se faisant principalement par le détroit de Gibraltar et les courants marins qui sont relativement faibles. Cette caractéristique rend la Méditerranée particulièrement vulnérable à la pollution plastique (Millot et Taupier-Letage, 2005). Selon une étude réalisée par Lebreton et al. en 2012, on estime une augmentation de 8% de cette pollution dans les 30 prochaines années, en raison du développement de la population et de l'industrie.

Origine des microplastiques:

Les microplastiques ont été initialement repérés en 1970 en Amérique du Nord. À cette époque, on les a découverts sous forme de petites sphérules dans des échantillons de plancton prélevés le long de la côte de la Nouvelle-Angleterre. Depuis lors, ces particules de plastique minuscules se sont répandues dans tous les types d'environnements aquatiques. Elles se retrouvent désormais dans les rivières, les eaux souterraines et même les sédiments des profondeurs marines, à des profondeurs allant de 1176 à 4843 mètres. (Panno et al, 2019)

Les microplastiques sont présents non seulement dans les océans (figure 17), mais aussi dans les cours d'eau et les lacs. Les poissons marins et d'eau douce sont malheureusement contaminés par ces particules. À l'échelle mondiale, la principale source de rejets de microplastiques est une mauvaise gestion des déchets plastiques, tels que les décharges à ciel ouvert, ainsi que la présence de microbilles dans les cosmétiques.

En 2014, il y avait plus de 5250 milliards de microfragments de plastique flottant dans les océans. Une fois ingérés par les animaux marins, ces microplastiques perturbent leur capacité de reproduction et peuvent provoquer des obstructions dans leurs systèmes digestifs et respiratoires. (Julia, 2021)

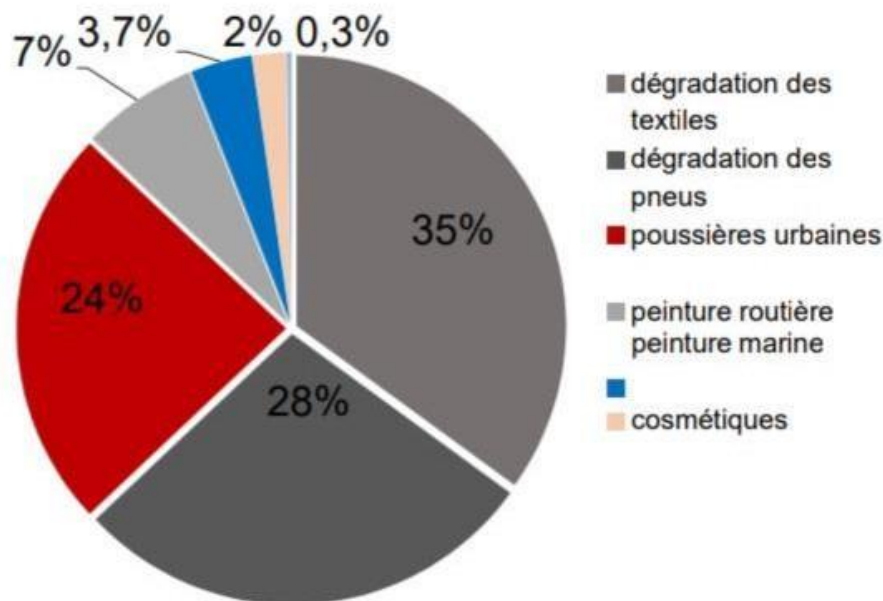


Figure17: Origine des microplastiques primaires retrouvés dans les océans du monde (SEKIMI, 2021).

Contamination chimique du biote via les microplastiques:

Le passage des substances contaminants des plastiques vers les organismes vivants est un processus complexe.

La manière dont le plastique est composé et la durée pendant laquelle il reste dans l'environnement sont des facteurs importants dans le processus de transfert des contaminants vers les organismes (figure 18). Les petits morceaux de résine plastique, qui sont ronds et lisses, sont plus facilement consommés par les organismes que les fragments de plastique qui ont été altérés par le temps. Chez la plupart des espèces, la principale voie par laquelle les contaminants se transfèrent à partir du plastique est par l'ingestion de microplastiques, (Mato *et al*, 2001). Dans une étude réalisée par Koelmans en 2014, on a étudié comment les produits chimiques associés aux plastiques, tels que les additifs, se libèrent et affectent les organismes marins comme les poissons et les vers. Les résultats de cette étude montrent que l'ingestion de microplastiques peut être une voie importante par laquelle les organismes sont exposés aux additifs. Il a été démontré que les contaminants qui sont adsorbés sur les microplastiques peuvent être libérés dans le système digestif, et cela est particulièrement vrai en présence d'agents tensioactifs. Ces contaminants peuvent ensuite être transférés vers les tissus des organismes. De plus, les acides gastriques peuvent faciliter la libération des métaux qui sont liés aux plastiques (Teuten *et al*, 2009).



Figure18 :Les microplastiques dans la faune marine(Copyright.,2024)

Impact des microplastiques sur la biodiversité marine:

Les estimations de mortalités d'organismes marins causées par les déchets doivent être prises avec précaution. Ces estimations sont basées principalement sur les animaux morts échoués sur les côtes avant leur décomposition, ce qui ne tient pas compte des animaux morts en mer. L'enchevêtrement dans les déchets, tels que les filets abandonnés, peut entraîner la mort de certaines espèces par étranglement ou immobilisation. De plus, les microplastiques sont ingérés par divers organismes marins, tant benthiques que pélagiques, et peuvent être présents dans leurs tissus et leurs excréments. (Galgani et al., 2010).

Les microplastiques, en raison de leur petite taille, sont confondus avec de la nourriture par le biote marin, comprenant des organismes tels que les coraux, les phytoplanctons, les zooplanctons, les oursins, les homards et les poissons. Cette ingestion peut entraîner des obstructions et des étouffements, qui peuvent être mortels pour la vie marine. Les écosystèmes côtiers, y compris les récifs coralliens, sont particulièrement vulnérables à cette pollution, car les microplastiques proviennent principalement de sources terrestres. Les coraux dépendent d'une association symbiotique avec des algues unicellulaires pour obtenir l'énergie par le biais de la photosynthèse, mais ils se nourrissent également de plancton pour obtenir des nutriments essentiels à leur croissance, leur développement et leur reproduction, les microplastiques sont ingérés par les coraux et sont retenus dans leurs tissus mésentériques, ce qui entraîne une diminution de leur capacité à se nourrir et une baisse de leurs réserves d'énergie. Ces effets nocifs sont dus à la rétention des fragments de plastique.

Selon une étude de l'Agence nationale australienne pour la recherche, environ 14,4 millions de tonnes de microplastiques provenant de la décomposition de déchets se retrouvent chaque année dans les océans. Cette étude, qui est la première évaluation mondiale des microplastiques présents dans les fonds marins, a utilisé un robot sous-marin pour prélever des échantillons jusqu'à 3000 mètres de profondeur dans différents sites au sud de l'Australie.

(figure 19). Les chercheurs ont découvert que la quantité réelle de ces particules est en réalité 25 fois supérieure à celle estimée dans les études précédentes. (ActuNautique Magazine,2020)



Figure19:Les fonds marins jonchés de microplastiques(ACTUNOTIQUE.,2020)



Figure20 :Les microplastiques dans le tube digestif d'un poisson

Les microplastiques dans la chaîne alimentaire humaine

Des microplastiques ont été détectés dans divers aliments de consommation humaine tels que la bière, le miel et le sel de table. Les produits de la mer, tels que les poissons, les crustacés et les coquillages, sont également une source fréquente de microplastiques dans l'alimentation humaine. Cependant, il est important de noter que les filets de poissons et les grands poissons ne sont pas une source significative de microplastiques, car les intestins où les microplastiques sont concentrés ne sont généralement pas consommés. Les espèces de poissons plus petites, les crustacés et les coquillages qui sont consommés sans éviscération

préalable sont donc les principales sources d'inquiétude en termes d'ingestion de microplastiques par le biais de la consommation de produits de la mer (Figure 21). (Anonyme 17).

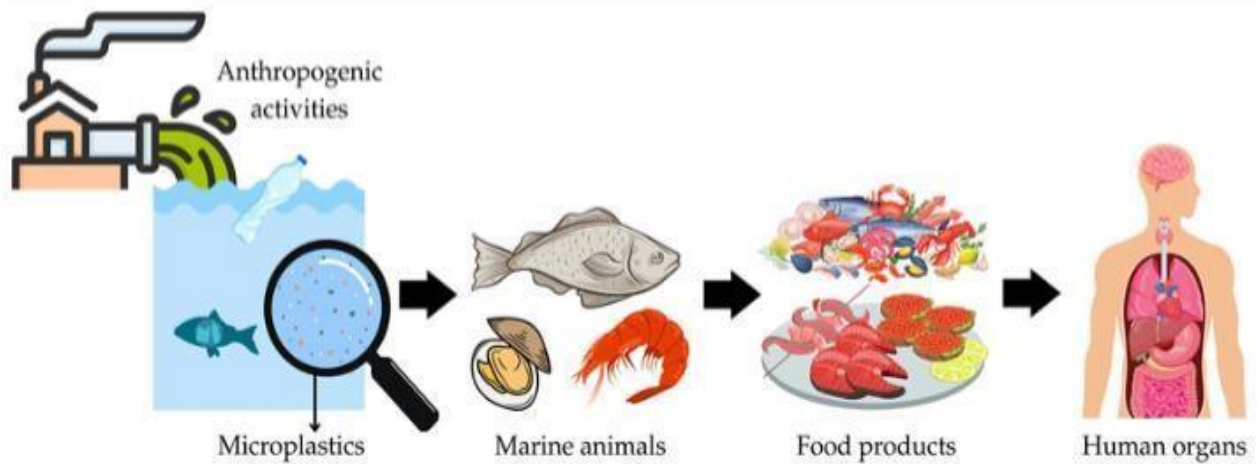
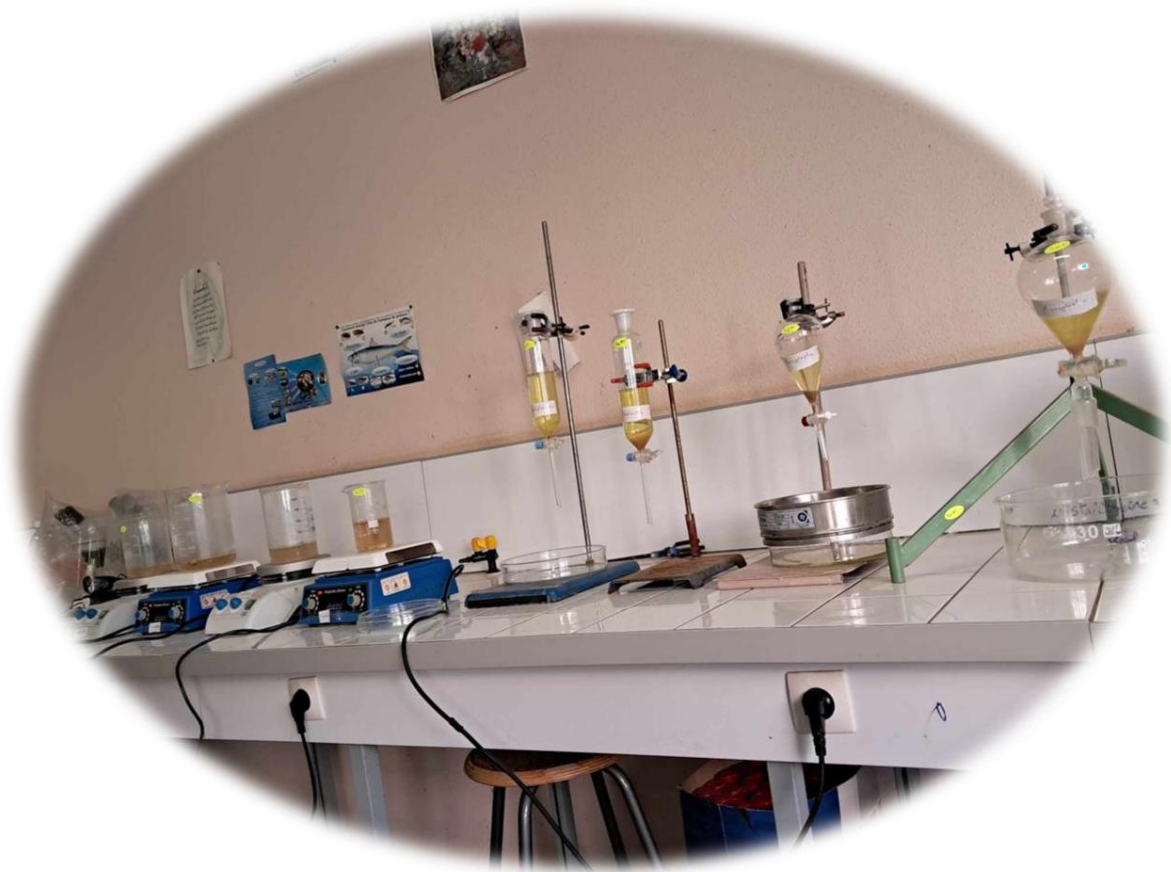


Figure21:Les microplastiques dans la chaîne alimentaire humaine

Chapitre04:Matériel et Méthodes



11. Position géographique:

Aïn Témouchent, est une Wilaya du nord-ouest de l'Algérie, Située à 520 km de la capitale Alger avec une superficie de 2376,89Km² et ayant une façade maritime s'étendant sur 80Km. (Anonyme 18,2021).

La Wilaya d'Aïn Témouchent est délimitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée ;
- A l'Ouest par la Wilaya de Tlemcen ;
- AL'Est par la Wilaya d'Oran ;
- Au Sud par la Wilaya de Sidi Bel Abbès.

Les coordonnées géographiques d'Aïn Témouchent sont 35°17'22" nord et 1°08'28" ouest.

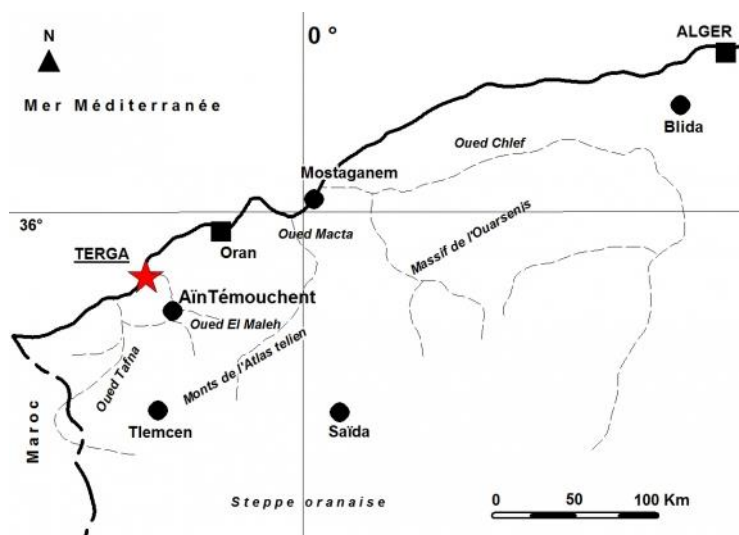


Figure22: position géographique de wilaya d'Aïn Témouchent(2020)

2.1 Climatologie:

La Wilaya de Aïn Témouchent possède un climat méditerranéen, caractérisé par un été chaud et un hiver tempéré. Le régime climatique se caractérise par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité (vents de direction Nord - Ouest, Sud - Est), lors de leur passage sur les reliefs Marocains et Espagnols. Par ailleurs, les reliefs méridionaux (SEBAA-CHIOUKH, TESSALA, MONTES DE TLEMCEN) ont une influence favorable en entravant l'arrivée des vents continentaux secs et chauds du Sud (SIROCCO). (Ministère...,2018)

Température moyenne à Aïn Témouchent:

La saison très chaude dure 2,8 mois, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 28 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Aïn Témouchent est août, avec une température moyenne maximale de 30 °C et minimale de 20 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le mois le plus froid de l'année à Aïn Temouchent est janvier, avec une température moyenne minimale de 6 °C et maximale de 15 °C. (Anonyme 19, 2022)

Le vent :

La période la plus venteuse de l'année dure 6,5 mois, de novembre à mai, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 15,1 kilomètres par heure.

La période la plus calme de l'année dure 5,5 mois, de mai à novembre. (Anonyme 20, 2021)

3. Précipitations:

La répartition moyenne des précipitations se présente comme suit :

- Le long du littoral une moyenne de 300 mm/an
- Les plaines sublittoral de 400 à 500 mm/an
- Les hauteurs de Tessala plus de 500 mm/an. (Minister..., 2018)

À Aïn Temouchent, les étés sont courts, très chauds, humides, arides et dégagés dans l'ensemble et les hivers sont longs, frais, venteux et partiellement nuageux. (Anonyme 19, 2022)

La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,1 mois, de septembre à mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 12%. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Aïn Temouchent est février, avec une moyenne de 6,0 jours. (Anonyme 19, 2022).

La saison la plus sèche dure 3,9 mois, de mai à septembre. Le mois ayant le moins de jours de précipitation à Aïn Temouchent est juillet, avec une moyenne de 0,5 jours

4. Température de l'eau :

La température moyenne de l'eau connaît une variation saisonnière extrême au cours de l'année. La période de l'année où l'eau est la plus chaude dure 2,6 mois, de juillet à septembre, avec une température moyenne supérieure à 23 °C. Le mois de l'année à Aïn Temouchent ayant l'eau la plus chaude est août, avec une température moyenne de 24 °C.

La période de l'année où l'eau est la plus froide dure 4,7 mois, de décembre à avril, avec une température moyenne inférieure à 17 °C. Le mois de l'année à Aïn Temouchent ayant l'eau la plus froide est février, avec une température moyenne de 15 °C. (Anonyme 19, 2022).

5. Contexte hydrographique :

Le réseau hydrographique est marqué par une indigence.

- Oued Sennane prend sa source dans les monts de Tessala au Sud, pour s'orienter vers le Nord. Son cours est parallèle à la RN2 au Sud-Est passant à la limite de l'agglomération d'Aïn-Temouchent. À la sortie de cette agglomération, il prend une direction Ouest vers Sidi Benadda pour revenir ensuite vers le Nord pour rejoindre l'Oued El Malah avant de se jeter à la mer au niveau de la plage de Terga. (Anonyme 21,).

- Oued Chaabat. Plusieurs autres Chaabat traversent la commune avant d'aller rejoindre l'Oued Sennane accentuant ainsi la topographie très accidentée de la commune.

- l'Oued Tafna est formé par les reliefs et des zones déprimées, qui s'alternent du Nord au Sud et dont le volume augmente considérablement dans le même sens. Le réseau hydrographique a un tracé général orthogonal même si la Tafna et ses principaux affluents décrivent sinuosités et méandres, sa densité et son abondance augmentent dans le même sens que le volume des reliefs, c'est à dire vers le Sud. (Anonyme 22,2003)

6. Ressources en eau :

La maîtrise de la ressource hydrique est la base de toute option de développement socio-économique. Dans ce cadre, la Wilaya d'Ain Témouchent connaît un déficit en matière de mobilisation, cela est dû à l'inexistence de barrages. Quant au taux de raccordement en AE Pest de 99 %. (Direction de la programmation et du suivi Budgétaire, 2018).

L'alimentation en eau potable de la population est assurée par :

- Le transfert régional de la basse Tafna à raison de 20%.
- Tandis que le reste soit 5% est pompé à partir des ressources souterraines à raison de 4.731 M3 par jour.
- 205.000 M3 représentent le volume exploité de la station de dessalement de Chatt El Hillal soit 75%.

Il est utile de noter que les besoins domestiques en eau potable pour toute la population de la Wilaya sont estimés à 108.881 M3/jour, et sa distribution varie d'une localité à une autre selon l'importance de la population, ce qui donne une dotation moyenne journalière de 230 (L/J/H). (Direction de la programmation et du suivi Budgétaire, 2018).

S'agissant de l'assainissement, la Wilaya est couverte par un réseau constitué de 1.091,785km avec 09 stations d'épuration. Le taux de raccordement en assainissement est de 98 %. (Direction de la programmation et du suivi Budgétaire, 2018).

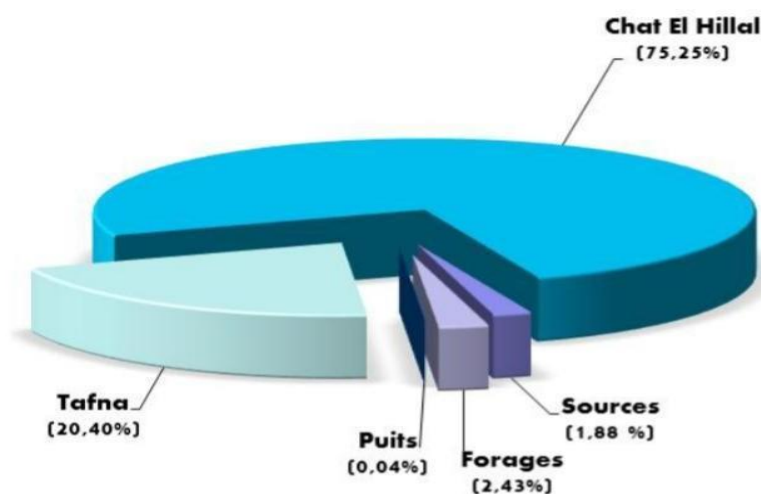


Figure23: Les ressources en eau pour l'alimentation en eau potable (A.E.P)2018

(Direction de la programmation et du suivi Budgétaire, 2018).

7. L'aquaculture:

Zone d'activité aquacole d'une superficie de huit(08) Hanon viabilisée.

Trois (03) fermes piscicoles réalisés dont :

- Aquacole à S'biaat avec une production de 1.600T/An.
- Aqua-Tafna à Rechgoune avec une production de 700T/An.
- RCKHF ishà Madagh avec une production de 400-560T/An.

Treize (13) projets aquacoles en cours de réalisation dont :

- Sept (07) projets en pisciculture marine.
- Trois (03) projets en conchyliculture.
- Deux (02) projets d'engraissement du thon rouge.
- Un projet en pisciculture d'eau douce. (Direction de la programmation et du suivi Budgétaire, 2018).

8. Pêche:

La pêche constitue un potentiel économique important pour le pays.

La Wilaya d'Aïn Témouchent avec ses deux ports de pêche (Béni Saf et Bouzedjar) renferme d'énormes potentialités dans le domaine de la pêche et une zone pêchable de 6 miles marins (1 mile marin = 1,8288 Km) et un stock pêchable de 22.138 Tonnes.

La production halieutique réalisée durant l'année 2018 est de 22.138,069 T dont 10.301,617 T au niveau du port de Béni Saf et 11.836,452 T au port de Bouzedjar. Elle est répartie comme suit :

-Poissons blancs : 02,58% - Poissons bleus : 95,77 % - Crustacés : 0,73% - Pièces : 0,92 %.

Le taux le plus élevé de la production touche en particulier le port de Bouzedjar avec 51% notamment en poissons bleus. (Direction de la programmation et du suivi Budgétaire, 2018).

9. Population:

La wilaya d'Aïn Témouchent comptait à la fin de l'année 2019 une population de 432.353 habitants avec une densité de 182 hab/Km². Une concentration de la population est enregistrée au niveau d'Aïn Témouchent et Béni-Saf avec respectivement 1.076 Hab/Km² et 803 Hab/Km² et à un degré moindre au niveau des communes situées sur l'important axe routier ORAN-TLEMCEM à savoir EL MALAH (308) - ELAMRIA (280) - HASSI ELGHELLA (230) - AINTOLBA (226). (Anonyme 18, 201)

10. Présentation de la région de Béni-Saf :

Béni Saf est une ville côtière qui est le chef-lieu, dans la wilaya d'Aïn Témouchent. La ville doit principalement son existence au minerai de fer que l'on trouve depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours.

Situation géographique de la ville de Béni-Saf:

La ville de Béni Saf est située au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya d'Aïn Témouchent : à environ 30 km à l'ouest d'Aïn Témouchent et 90 km au sud-ouest d'Oran. Elle se situe entre $35^{\circ}16'$ et $35^{\circ}18'$ latitude Nord et entre $1^{\circ}27'$ et $1^{\circ}28'$ longitude Ouest. Sa superficie est de 61.30 Km², avec un cordon littoral qui s'allonge sur une vingtaine de kilomètres (A.N.A.T, 1996) , elle fait partie des régions les plus exploitées du littoral ouest algérien. Elle est partagée entre la frontière avec la commune de Sidi Safi à l'Est et la commune d'Emir Abdel Kader au Sud et l'Oued Tafna à l'Ouest et la mer Méditerranéenne au Nord. (Merioua, 2014) (Fig.1).

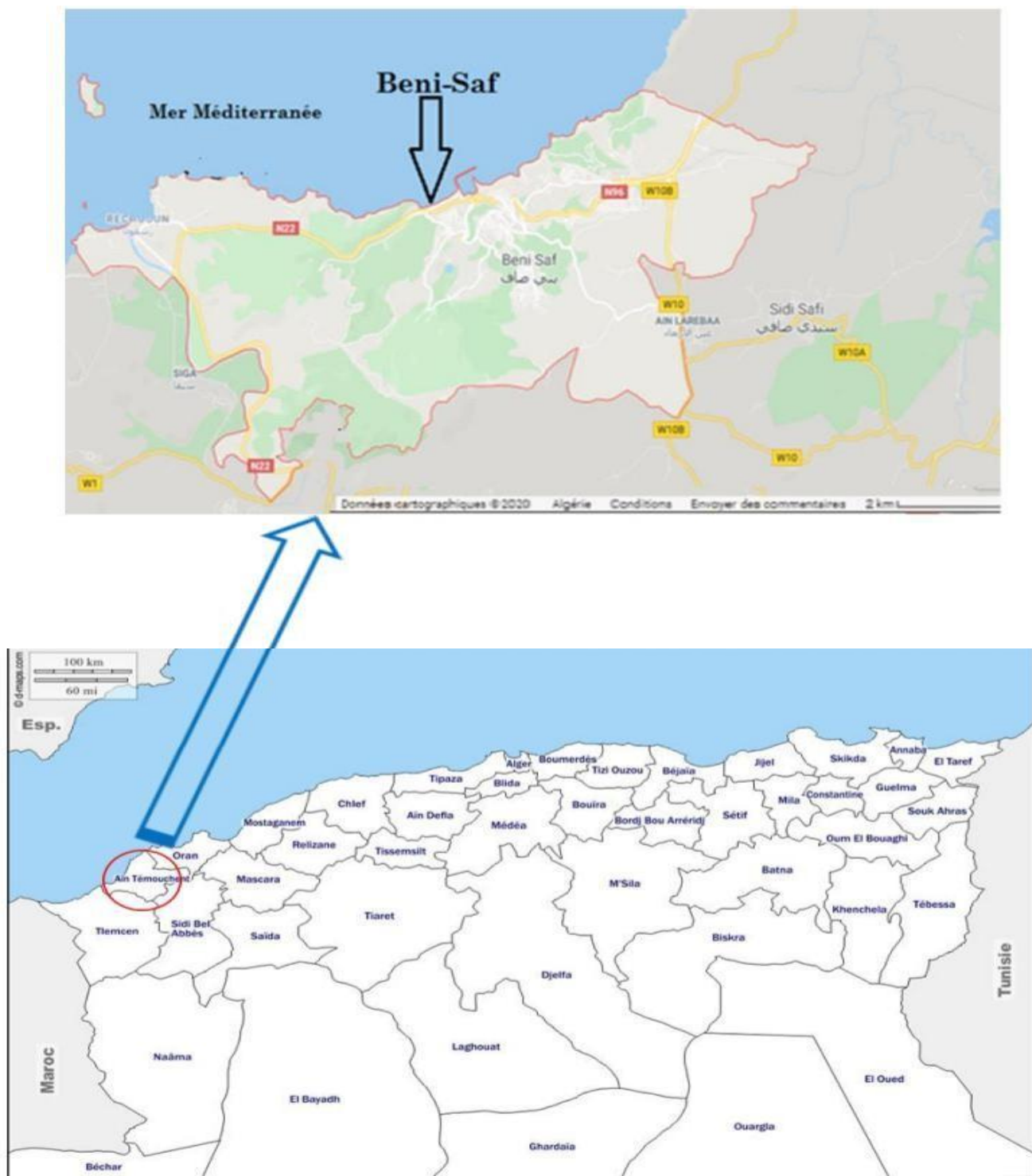


Figure24 : Localisation géographique de la région d'étude(Béni-Saf)(GoogleMaps, 2020)

11. Caractéristique de la région de Béni-Saf :

Au niveau du plateau de Béni-Saf viennent se bousculer : l'urbanisation, l'industrialisation, l'exploitation minière, les activités de pêche et l'agriculture représentée par des cultures irriguées dans la vallée de Tafna. (Bensaha, 2005).

Connue par sa riche industrie, Béni – Saf abrite la plus importante cimenterie en Algérie située au nord-ouest de la commune se caractérise également par la présence du gazo du csous-marin Medgaz, d'une longueur de 210 km et passant sous la Méditerranée à une profondeur de 2 000 m, qui s'étend jusqu'àAlmería en Espagne.

Le tourisme dans cette région est plus ou moins liées aux activités halieutiques et de construction navale par ses plages tels que Rechgoune et Madrid situées à l'ouest du port de pêche et qui font l'objet de nombreux campeurs en saison estivale sans oublier son immense aquarium qui fait l'objet d'attraction pour les visiteurs et qui a été rénové en 2011.Digne des plus belles aquarelles, Béni - Saf offre un paysage féérique où de belles falaises recouvertesde pins encadrent son port de pêche où les premiers colons, majoritairement des pêcheurs, s'y installèrent dès 1865.(Diboun,2020)

Les plages temouchentoises ont accueilli, lors de la saison estivale 2018, quelque 16 millions d'estivants.

Au cœur de sa baie, trônent les îles Habibas en dessous desquelles commence à s'étendre le fond marin jusqu'à la pointe Rachgoune à l'Ouest. Au détour d'un virage surplombant la Cité des jardins, cette ville nous fait découvrir un angle de son port de pêche, longtemps réputé pour ses eaux riches en poissons bleus et blancs.Ce port s'étend sur 14 Km environ et il est protégé naturellement contre les vents de l'Ouest, cependant, il reste exposé à la houle dunord et du Nord – Ouest.

Après les nombreuses caractéristiques qui valorisent la région de Béni-Saf, on remarque un cheminement entre ces caractères et la pollution présente dans cette zone, car la source primaire de la pollution est la cimenterie de Béni– Saf et le rejet des déchets plastiques parles habitants et les estivants.(Diboun,2020)

12. Les facteurs physiques :

12.1Les courants:

La circulation de l'eau en mer Méditerranée est liée à la configuration de cette mer quasiment fermée. Les apports en eau douce par les fleuves, les précipitations et le ruissellement sont faibles et ne compensent pas une évaporation importante (environ 3500 km³ d'eau par an).

Le courant de surface longe les côtes africaines. Ce courant va se diviser en deux branches principales à la hauteur de l'Algérie orientale.Une branche remonte directement vers le Nord

et longe les côtes occidentales de la Sardaigne et de la Corse. L'autre branche se scinde en deux peu avant le détroit de Sicile. Une veine de courant se dirige vers la côte occidentale de l'Italie et rejoint le premier courant et forme le courant Ligure (déplacement vers l'Ouest le long des côtes françaises et espagnoles). Le dernier courant pénètre dans le bassin méditerranéen oriental, longe toutes les côtes et circule dans la mer Adriatique puis repart vers le Sud (côtes libyennes).

Après un parcours complexe, les eaux ressortent en profondeur par le détroit de Gibraltar et se jettent dans l'océan Atlantique. Dans le bassin algérien, l'eau atlantique modifiée pénétrerait sous forme d'une veine de courant étroite qui donne naissance à des méandres et tourbillons côtiers associés à des Upwellings, ces derniers favoriseraient une forte productivité biologique et par conséquent l'augmentation des capacités trophiques du milieu. (Millot, 1987 ; Millot, 1993 et Benzohra, 1993)

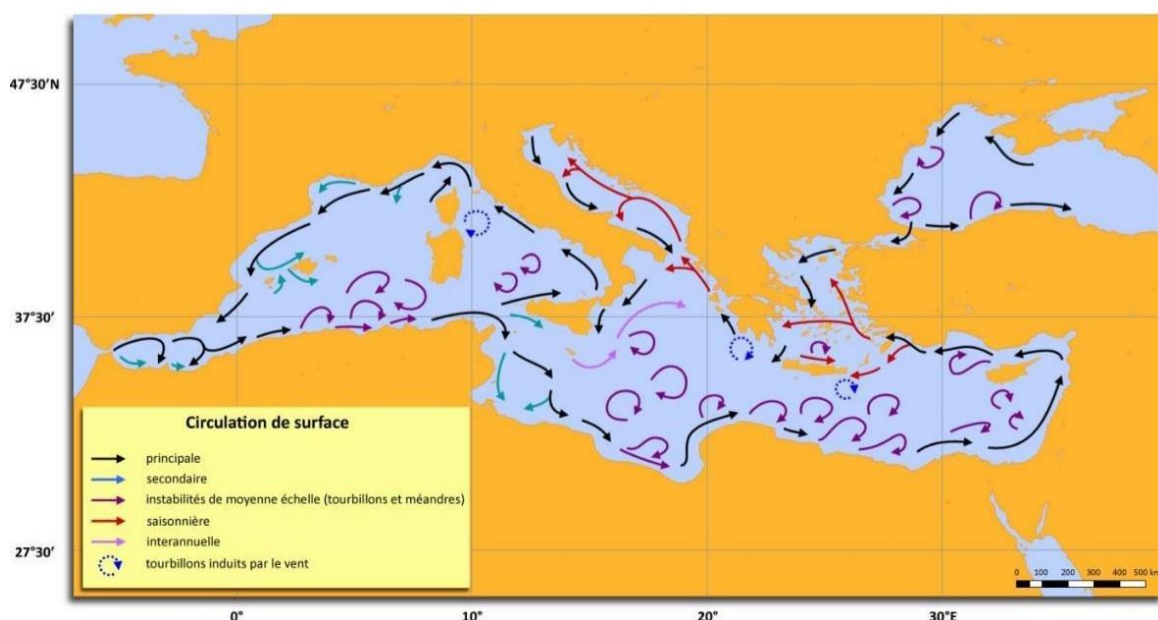


Figure25: Circulation générale du courant de la mer Méditerranée(d'après Millotet Taupier-Letage, 2005).

13.2Le vent :

La région de Béni-Saf est située à proximité de l'embouchure de l'Oued Tafna; elle se trouve à une altitude de 68 mètres en pleine exposition maritime axée sur le couloir de la vallée de la basse Tafna orientée globalement du Nord au Sud (Aimé, 1991), cette région se caractérise par des vents plus au moins moyens et faibles.

La répartition annuelle de la vitesse moyennes des vents calculés au niveau de la station de Béni-Saf montre que dans cette région les vitesses des vents sont entre 10 m/s et 30 m/s toute l'année, la moyenne annuelle des vitesses des vents est presque constante, avec un minimum de 13 m/s et un maximum de 20 m/s (TabetHelal et Ghellai, 2003).

Aperçu bioclimatique de la région de Béni-Saf :

Le climat général de cette région est de type méditerranéen, caractérisé par des saisons estivales chaudes et sèches et des saisons froides et pluvieuses (Dajoz, 1996).

Pour étudier plus en détails le climat de la zone d'étude et son changement à travers le temps, deux facteurs climatiques sont nécessaires : la Température et les Précipitations.

La Température :

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les formations végétales. Généralement la température joue un rôle écologique et physiologique très important, elle est considérée comme le deuxième facteur constitutif du climat qui influe directement sur le développement, la biologie et la croissance des êtres vivants.(Diboun,2020)

On remarque que les précipitations de la station de Béni Saf sont caractérisés par :

- Une saison sèche et aride qui correspond aux quatre mois (juin, juillet, août, septembre), ayant un minimum moyen pluviométrique qui peut atteindre 1.15mm et un max moyen de pluviométrie de cette saison remontant seulement à 7,6mm.
- Une saison pluvieuse qui regroupe les huit mois restant de l'année (janvier, février, mars, avril, mai, octobre, novembre, décembre), ayant un maximum moyen pluviométrique de 82,68 mm en Janvier et un minimum moyen de pluviométrie de cette saison qui est lui aussi important et atteignant 58,08 mm.

Méthode d'échantillonnage :

Le Filet Manta :

Le filet microplastique « Manta » a été conçu pour les eaux ouvertes mais calmes, les rivières et les lacs. La spécialité du design Manta est qu'il a des « ailes » montées sur les côtés qui soulèvent le cadre et veillent à la stabilité. Pour le transport ou le stockage, ceux-ci peuvent être facilement dévissés. L'ouverture du filet est de 15 x 30 cm et a une particularité. Il y a une petite broche à l'intérieur sur laquelle un débitmètre mécanique peut être monté. La vitesse maximale est de 3 nœuds. (Anonyme 23,2024)



Figure26 : filet Manta(copyright,2024)

Sites d'échantillonnages :

1.1.Plagedu Puits(Béni-Saf):

La plage du puits au niveau de la ville de Béni-Saf, est une plage a eau claire est relié à La frange littorale située aux pieds de la butte de Boukourdon. C'est une baie assez ouverte qui prend naissance à partir du port de Béni-Saf à l'Est et qui arrive jusqu'à la plage Béni-Saf 2 à l'Ouest. Elle correspond à la plage de Béni-Saf appelée également plage du puits, elle mesure plus de 800 mètres de long et entre 25 et 120 mètres de large, c'est une plage autorisée à la baignade.(Diboun,2020)

Ce site a une topographie plane, les sols en place correspondent à des dépôts de sables pulvérulents, Il s'agit d'un sable marin assez grossier avec une importante présence de débris plastiques. Les sondages réalisés dans la zone montrent que l'épaisseur de ces sables dépasse 8m (Bendaoud, 2017) et ces caractéristiques se plient à la totalité du périmètre de la plage du puits.On peut remarquer aussi la présence de bloc de roches aux frontières qui sépare la plage du port de Béni-Saf



Figure27 :la plage du puits(partieEst), (Diboun,2020)

L'île Rachgoun :

L'île Rachgoun, plus connue sous le nom de«Layalla »,est la plus grande île la plus à l'ouest des côtes algériennes [longitude 1°28', 1°29W/35°19', 35°20N latitude]. Elle est à 8 km au Nord-Est du port de Béni-Saf et se trouve sur le plateau continental du golfe de Ghazaouet, en face du Cap Acra et à l'Est du Cap Brochus et s'étend sur une superficie de 28,5 ha. L'île de Rachgoun est doté d'un magnifique phare datant de 1870, placé à près de 19 m du sol et culminant à 85 m du niveau de la mer; ce phare a une portée lumineuse de 20 miles nautiques. L'île est également dotée d'un petit débarcadère ainsi que d'une vigie en état de ruine.

L'île de Rachgoun est sous l'influence directe du courant algérien qui circule en surface d'Ouest en Est entrant par le détroit de Gibraltar à moins de cinq kilomètres le long du littoral avec une vitesse moyenne de 0.25 m/s (Milot, 1987). La fertilité des eaux autour de l'île de Rachgoun se traduit par une importante production primaire (Raimbaultetal.,1993; Prieur& Sournia, 1994 ; Boudjellal, 2004).



Figure28 : île de Rechgoun sur la carte d'Algérie.

Protocole d'échantillonnage en mer :

L'échantillonnage a été réalisé par Mr. Bammoune .R doctorant au département d'écologie et environnement durant le moi de mars 2024.

Déployer le filet Manta du côté de la cuve hors de la zone de sillage (environ 3-4 m de distance du bateau) afin d'empêcher la collecte d'eau affectée par les turbulences dans la zone de sillage, notez les coordonnées GPS initiales et le temps initial de la feuille de données. (Oudina,2018)



Figure29 : Déploiement du filet Manta(Oudina,2018)

Commencer à se déplacer dans une direction rectiligne avec une vitesse d'environ 2-3 nœuds pendant 30 min et à commencer la mesure du temps, après 30 min arrêter le bateau et noter les

coordonnées finales GPS, la longueur de la route (la façon la plus correcte consiste à calculer la longueur de coordonnées GPS) et la vitesse du bateau en moyenne dans la feuille de données fournies et soulever le filet Manta sur l'eau.

Rincer le filet Manta bien de l'extérieur du filet d'eau de mer dans la direction de la bouche Manta à la fin de la morue afin de concentrer toutes les particules a adhéré au filet dans la fin de la morue. (Oudina,2018) (figure 30)

Note : Ne jamais rincer l'échantillon à travers l'ouverture du filet afin d'éviter la contamination.



Figure30 : Rincage du filet Manta (Oudina,2018)

Retirer en toute sécurité la fin de la morue et tamiser l'échantillon dans un tamis à maille de 300 μm ou moins ; puis rincer la fin de la morue à fond de l'extérieur et versez le reste de l'échantillon à traversle tamis. Répétez cette étapejusqu'à ce qu'il n'yait plus de particules à l'intérieur de l'extrémité de la morue. (Agrane,2018) (figure 31)



Figure31 : Enlèvement de la morue et tamisage du contenu(Agrane,2018)



Figure32: Conservation de l'échantillon dans un bocal en verre(Agrane,2018)

Fermez la bouteille, l'essuyer avec des serviettes en papier et l'étiqueter à l'extérieur du pot avec le nom et la date de l'échantillon avec un marqueur (vous devez également mettre une seconde étiquette écrite avec un crayon sur papier vélin dans un bocal pour éviter la perte possible du nom en raison de l'étiquette effacée sur le pot de l'échantillon). (Agrane,2018) (figure 32)

Note de conditions générales d'échantillonnage :

La vitesse du vent ne doit pas être plus de 2 Beaufort, puisque les vagues sont trop élevées et le filet n'est pas stable sur la surface de la mer.

La moitié de l'ouverture du filet Manta doit être immergé pendant l'échantillonnage.

Durée de l'échantillonnage devrait être de 20 à 30 min.

Éviter d'utiliser les outils et des contenants en plastique.

Soyez très prudent de ne pas endommager le filet Manta ou la coque du bateau tout en déployant et en capturant le filet. (Agrane,2018)

Traitement d'échantillons au laboratoire :

Tamisage humide :

- Nous avons versé l'échantillon à travers 2 tamis de 5mm et 0,3 mm (Figure33).
- Nous rinçons l'échantillon à l'eau distillée pour transférer tous les solides résiduels vers les tamis. Cela élimine également les sels de l'échantillon brut
- Jetez ou archivez le matériel retenu sur un tamis de 5mm, le cas échéant, en fonction des objectifs d'étude individuels
 - Les grosses particules sont éliminées



Figure33 : Tamisage humide (photooriginale,2024)

Préparation de la solution :

- Nous mettons l'échantillon que l'on a tamisé dans un b cher en verre (figure 34)



Figure34 : léchantillon tamisé dans le b cher en verre(photo originale,2024)

- Nous ajoutons du Fe^{2+} . (figure 35)



Figure35: l'ajout de Fe^{2+} (photo originale, 2024)

- Ensuite nous ajoutons du peroxyde d'hydrogène 30% (H_2O_2) (figure 36)



Figure36: l'ajout de H_2O_2 (photo originale, 2024)

- Nous laissons reposer la solution pendant cinq minutes a fin de réagir en la recouvrant d'un verre de montre



Figure37: décantation de la solution(photooriginale,2024)

- Après cinq minutes de repos, nous placons l'échantillon sur la plaque chauffante à une température de 75° C jusqu'à ce que de petites bulles apparaissent dans la solution. (figure 38)

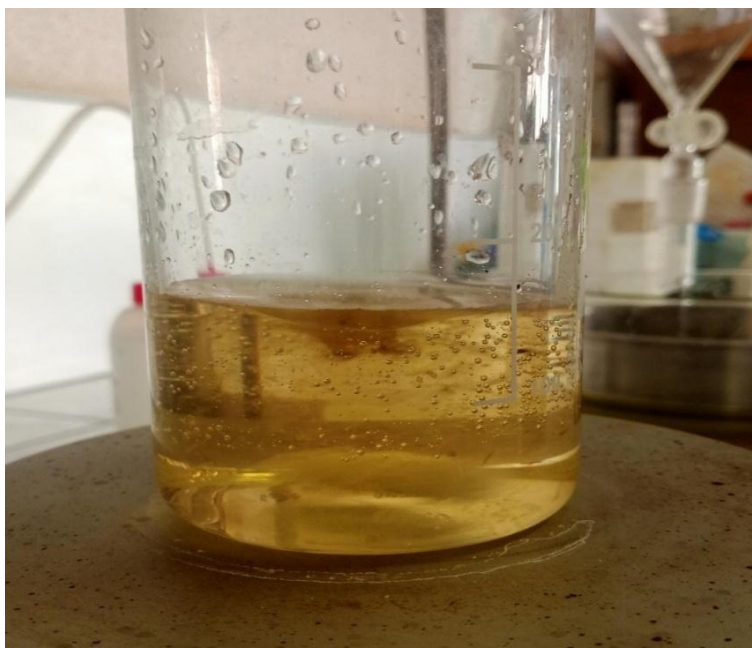


Figure38: l'observation des bulles de gaz dans la solution(photo originale,2024)

- Pour ralentir la réaction chimique pendant le chauffage, nous ajoutons de l'eau distillée jusqu'à ébullition.
- Après un temps de repos, nous remettons la solution sur la plaque chauffante à 75°C pendant 30min avec agitation.



Figure39:placer la solution sur la plaque chauffante (photooriginale,2024)

- Après 30 minutes, nous la retirons de la plaque chauffante et ajoutons à nouveau du peroxyde d'hydrogène 30%. Ensuite, nous la remettons sur la plaque chauffante à 75°C avec l'agitation pendant une demi-heure et nous répétons ce processus jusqu'à ce que nous remarquions que la matière organique ait complètement disparu
- Plus la quantité de matière organique est importante, plus la quantité de peroxyde d'hydrogène ajoutée à la solution est importante.

- Après avoir terminé l'étape précédente, nous du NaCl de manière progressive sur la plaque chauffante à la même température de 75 degrés Celsius avec agitation dissolution
- Après avoir terminé cette étape, nous retirons le bécher de la plaque chauffante, et transférons la solution à l'aide d'un entonnoir en verre dans l'ampoule à décanter



Figure40:Solution dans l'ampoule à décanter (photooriginale,2024)

- Ensuite,nous le recouvrons de papier d'aluminium et le laissons toute la nuit pour la décantation

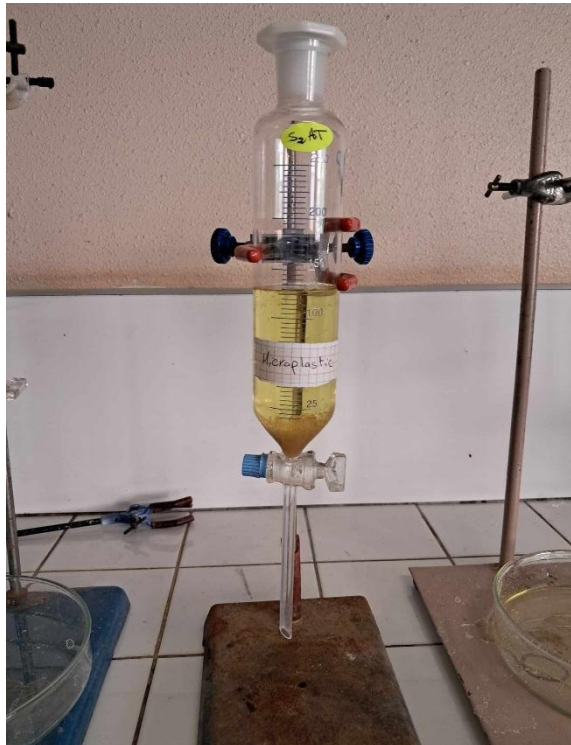


Figure41:couverture de les ampoules à décanter avec le papier aluminium(photo originale,2024)

- Après cette étape, les microplastiques flottent à la surface de la solution.



Figure42 :la décantation de la matière organique(photooriginale,2024)

- La solution est récupérée dans un cristallisateur, avec rinçage du séparateur pour récupération totale de la solution.



Figure 43:récupération de la solution (photo originale,2024)

- La solution est conservée dans des flacons en verre pour comptages sous loupe binoculaire à l'aide de pinces fines.(figure 44)

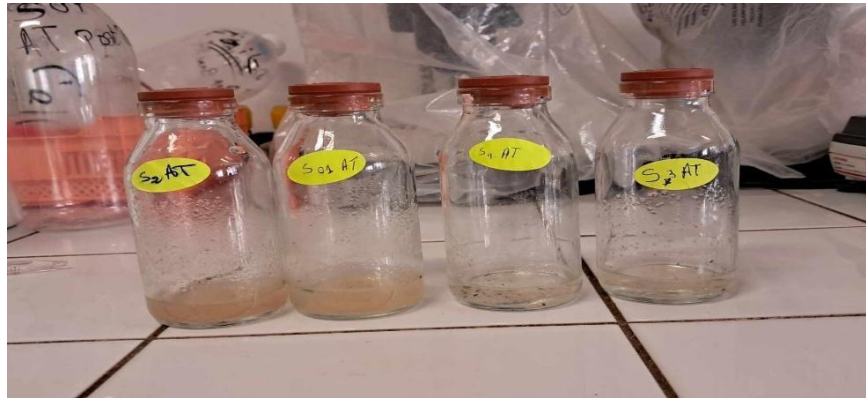


Figure.44:les microplastiques dans des flacons en verre(photo originale,2024)

- Nous mettons le contenu des flacons de chaque station dans Boite de pétriet nous commençons le comptage (figure 45)



Figure45 :le comptage des microplastiques (photooriginale,2024)

Résultatset discussion

Résultats:

Station 01:

Tableau03:quantification des types des microplastiques dans la station01

Type	Nombre
Fragment	0
Granulés/ pellet	0
Microbilles	3
Filde pêche	0
Fibre	70
Film fin transparent	89
Mousse	40

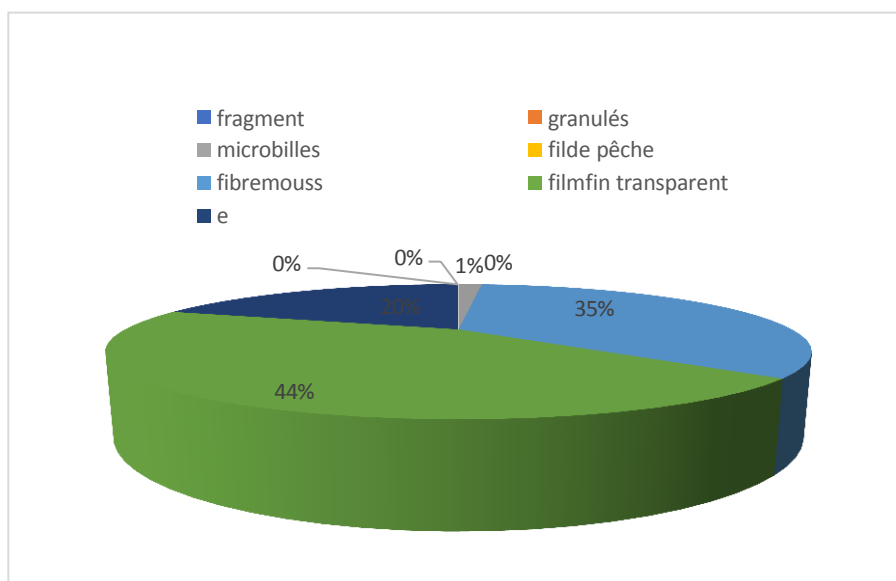


Figure 46:Circuit relatifs de la station01

D'après le comptage que nous avons fait, il nous est apparu clairement à la première station qu'il n'y avait ni fragment, ni granulés, ni même fil de pêche. Alors que nous remarquons un nombre élevé de film fin transparent 44% et les fibres 35% après la mousse et les microbilles 1%.

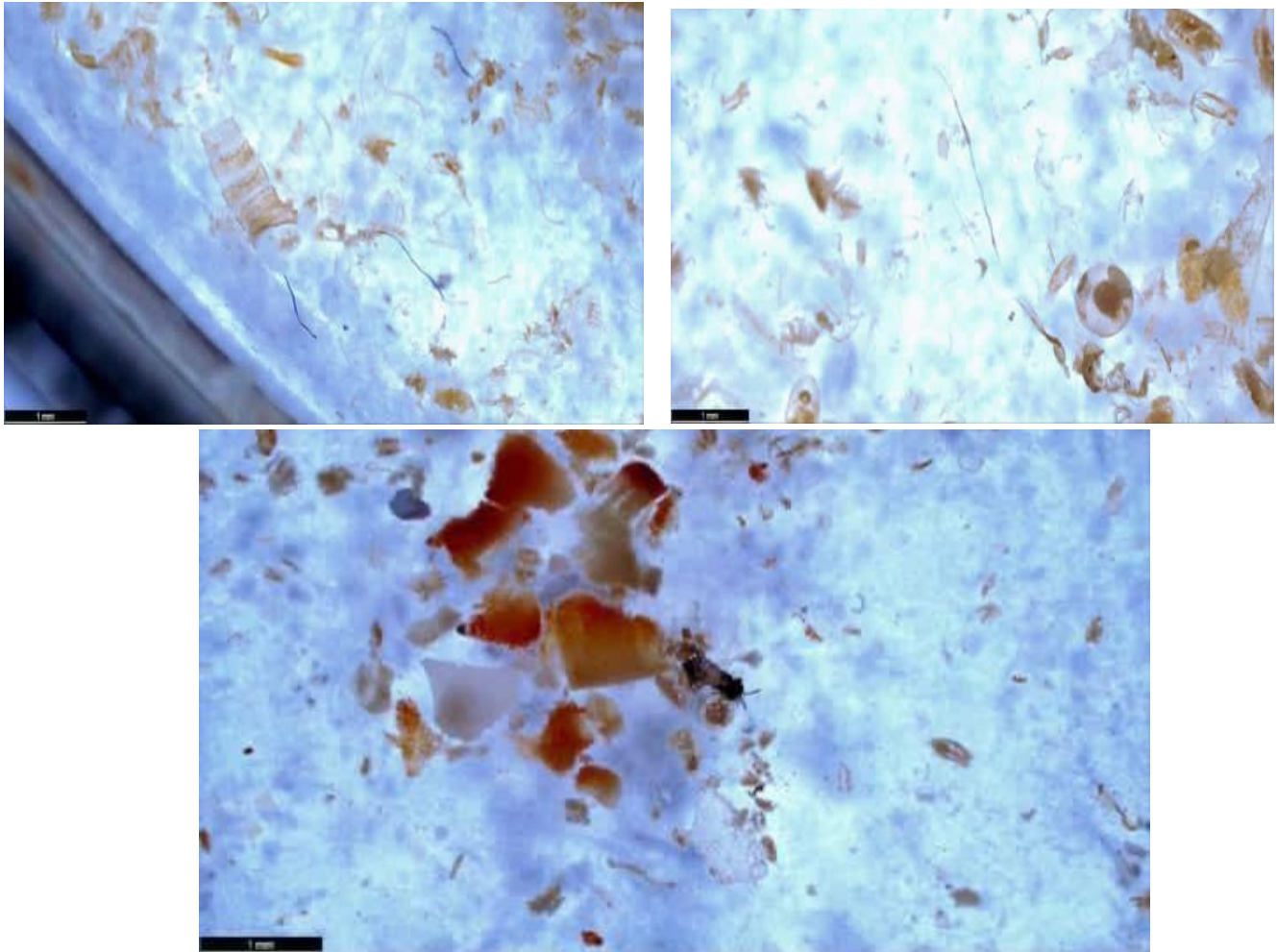


Figure47 :photos prises par stereomicroscope(×40)

Station02:

Tableau04: quantification des types des microplastiques trouver dans la station02

Type	Nombre
Fragment	3
Granulés/ pellet	0
Microbilles	4
Filde pêche	15
Fibre	60
Film fin transparent	20
Mousse	53

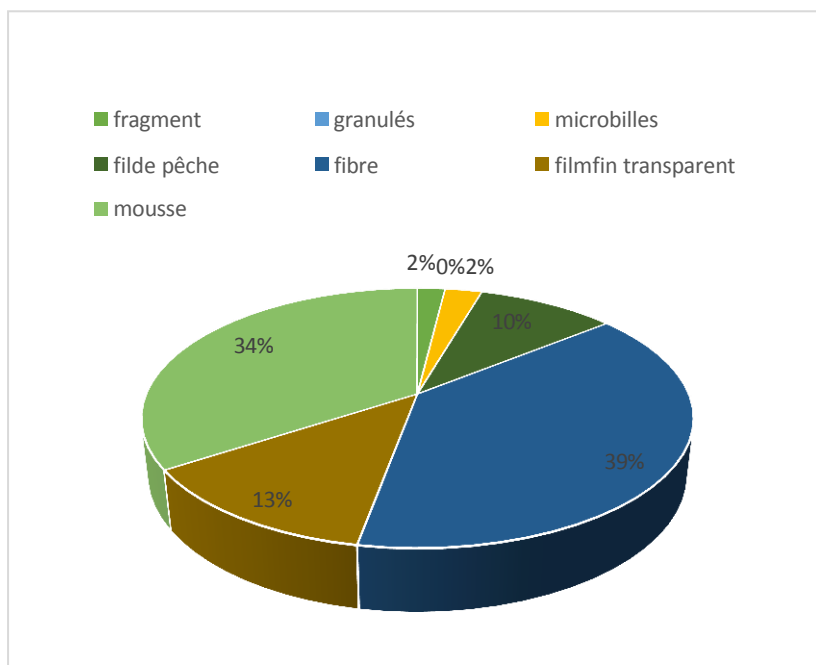


Figure48: circuit relatif de station02

Ensuite nous trouvons dans la deuxième station un grand nombre des fibres 39% suivant la mousse 34% et film fin transparent 13% après fil de pêche 10% à la fin les fragments et les microbilles 2% , mais nous remarquons l'absence du granulés.

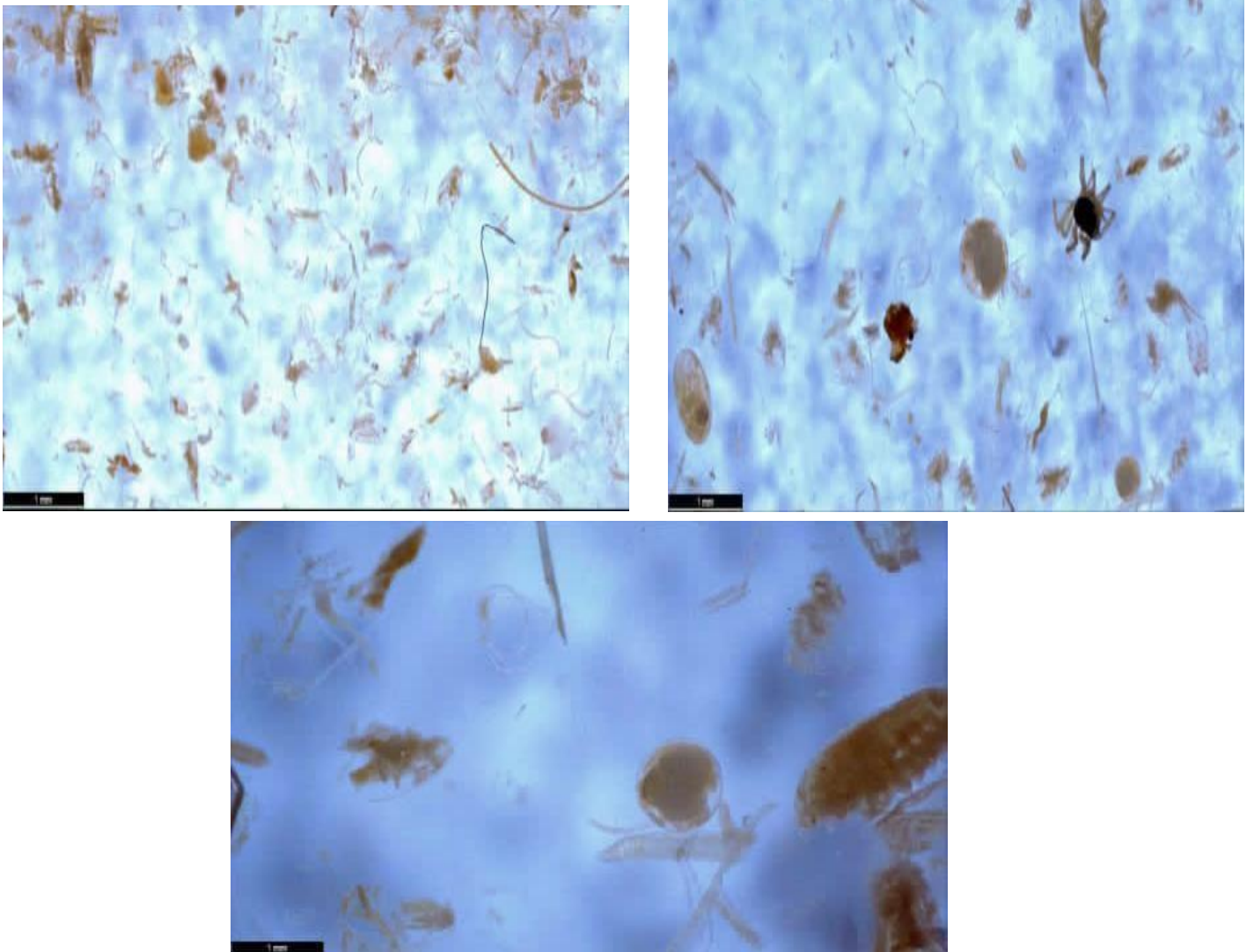


Figure49:photos prises par stereomicroscope($\times 40$)

Station03:

Tableau05: quantification des types des microplastiques trouver dans la station 03

Type	Nombre
Fragment	0
Granulés/ pellet	0
Microbilles	0
Filde pêche	0
Fibre	22
Film fin transparent	8
Mousse	3

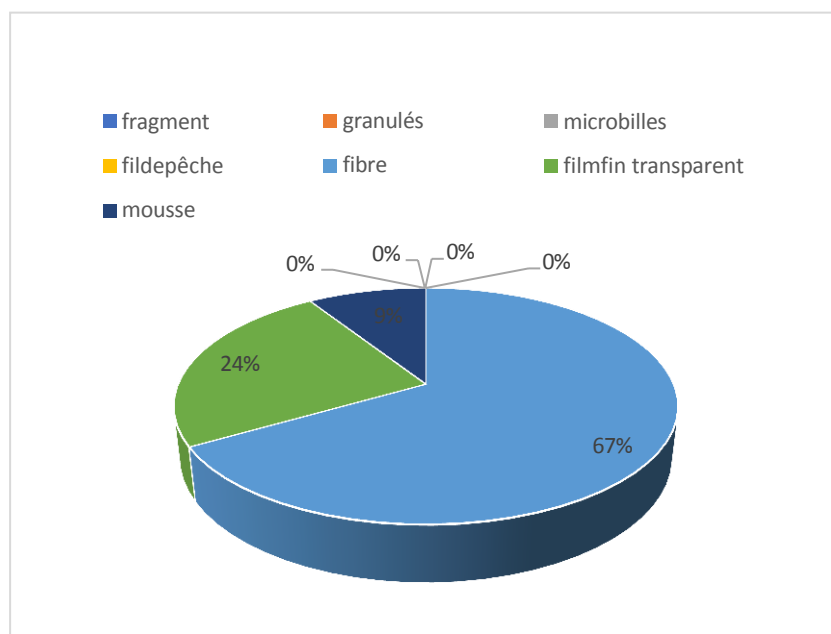


Figure50: circuit relatif de la station03

Contrairement nous remarquons dans la troisième station juste la présence des fibres 67% suivant les films fin transparent 24% et dernièrement la mousse et l'absence permanente des autres types de microplastiques.

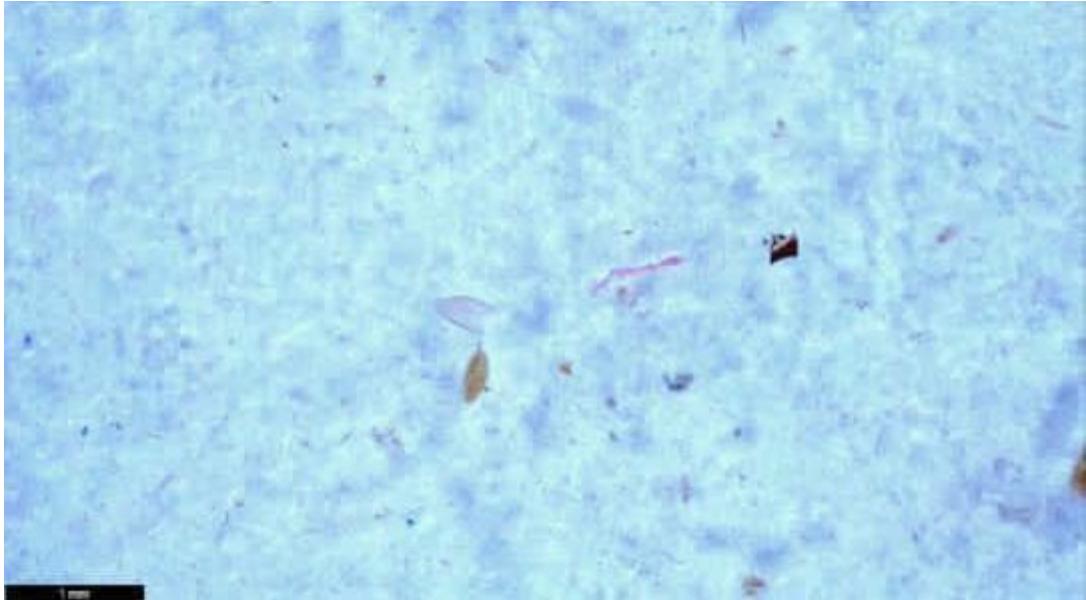


Figure51:photo prise par stereomicroscope(×40)

Station04:

Tableau06: quantification des types des microplastiques trouver dans la station04

Type	Nombre
Fragment	0
Granulés/ pellet	0
Microbilles	1
Filde pêche	0
Fibre	40
Film fin transparent	10
Mousse	5

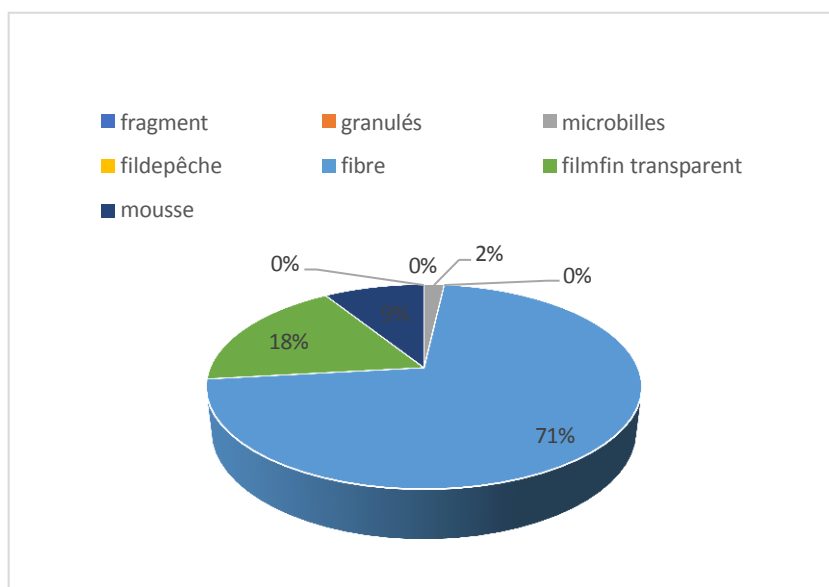


Figure52: circuit relatif de la station04

Dans cette station nous trouvons beaucoup plus les fibres 71% ensuite les films fin transparent 18% après la mousse et Une seule microbille.

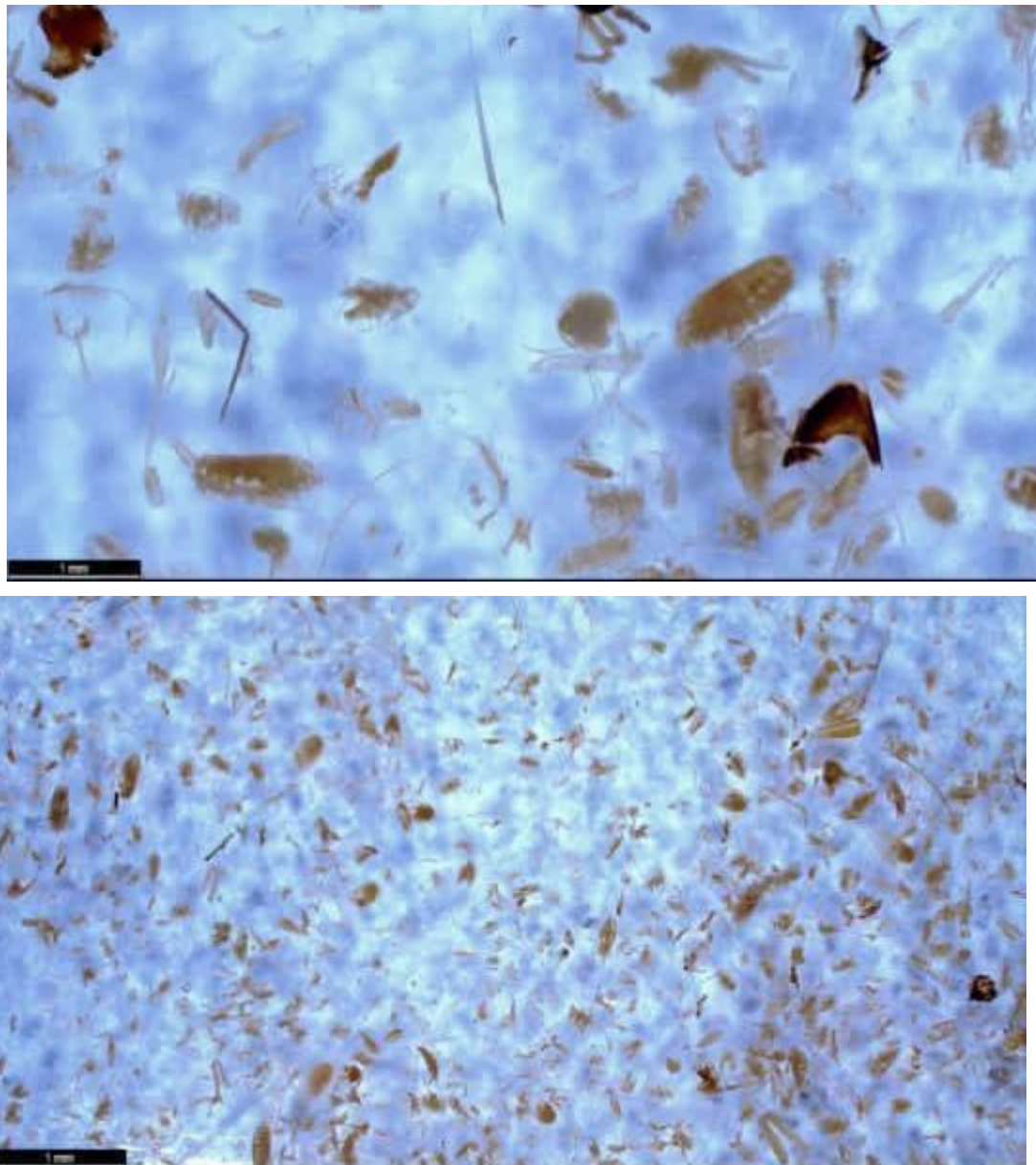


Figure53 :photos prises par stereo microscope (×40)

Station05:

Tableau07: quantification des types des microplastiques trouver dans la station05

Type	Nombre
Fragment	5
Granulés/ pellet	0
Microbilles	0
Filde pêche	43
Fibre	90
Film fin transparent	5
Mousse	2

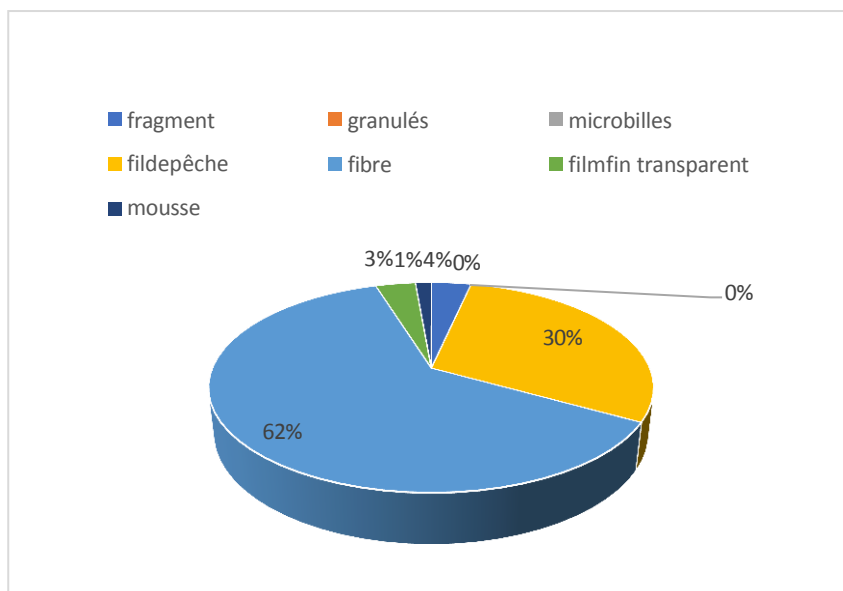


Figure54 : circuit relatif de la station05

Nous trouvons dans la cinquième station une grande quantité des fibres 62%, suivant fil de pêche 30% et avec des petits nombres nous remarquons les fragments 4%, les films fin transparent 3% et la mousse 1%.

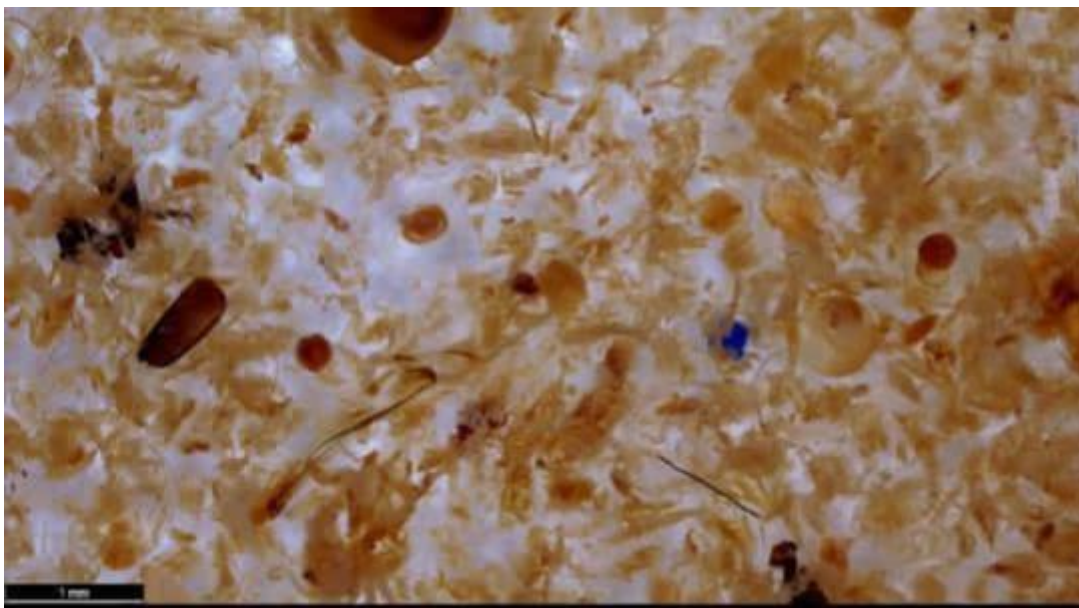
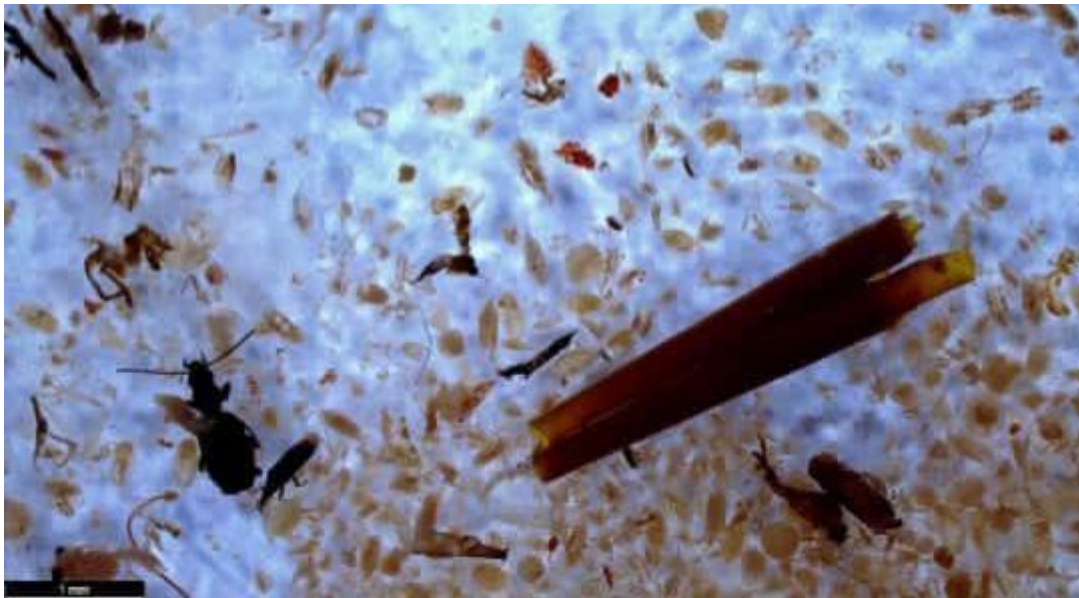


Figure55:photos prises par stereomicroscope($\times 40$)

Station06:

Tableau08: quantification des types des microplastiques trouver dans la station06

Type	Nombre
Fragment	8
Granulés/ pellet	0
Microbilles	0
Filde pêche	10
Fibre	20
Film fin transparent	3
Mousse	60
Autres	1

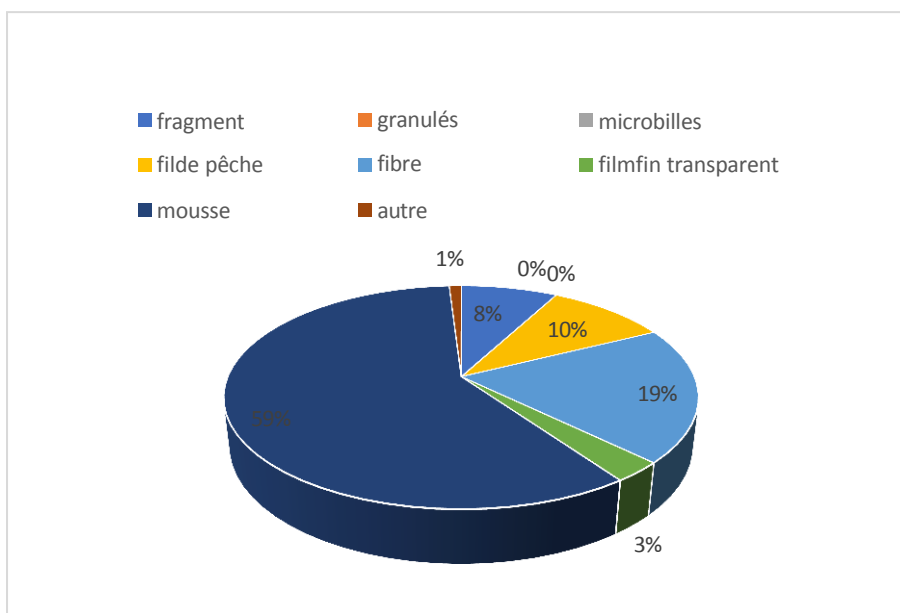


Figure56: circuit relatif de la station06

La sixième station contient beaucoup plus que les autres la mousse avec un pourcentage de 59%,après les fibres19%,fil de pêche10%suivant fragment8%et film fin transparent3%.

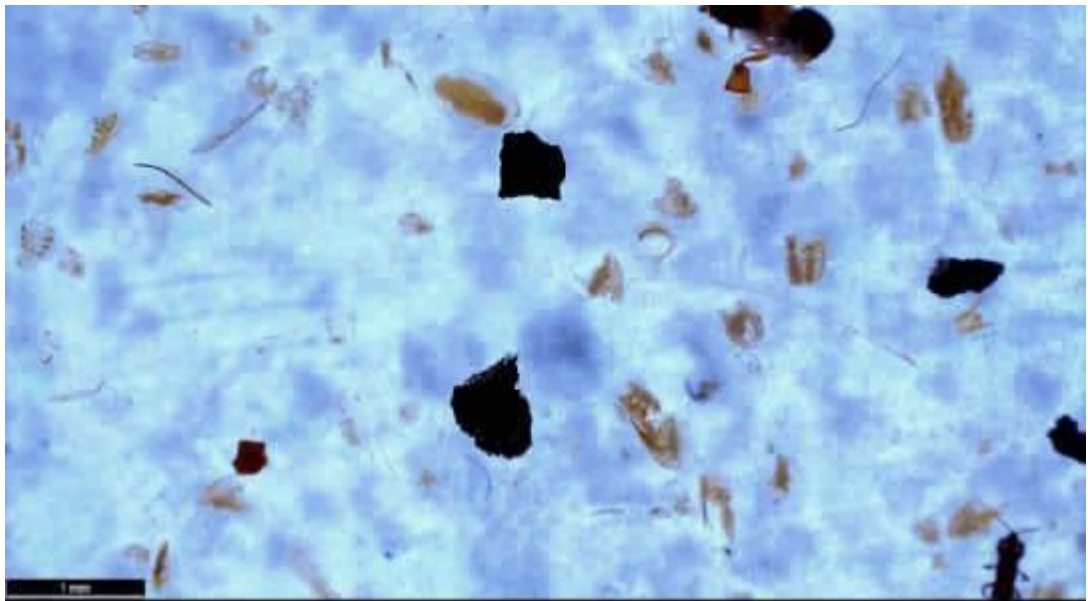


Figure57:photo prise par stereomicroscope($\times 40$)

Station07:

Tableau09: quantification des types des microplastiques trouver dans la station 09

Type	Nombre
Fragment	12
Granulés/ pellet	0
Microbilles	0
Filde pêche	2
Fibre	35
Film fin transparent	25
Mousse	10

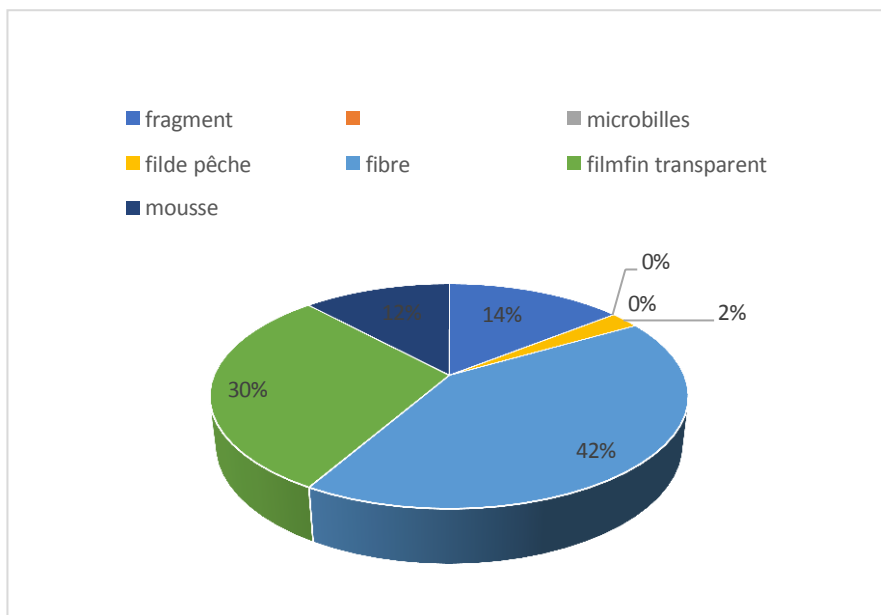


Figure58 : circuit relatif de la station07

Dans cette station nous trouvons un grand nombre de fibres 42% après film fin transparent 30% puis fragment 14% et la mousse 12% en fin les fils de pêche 2%.

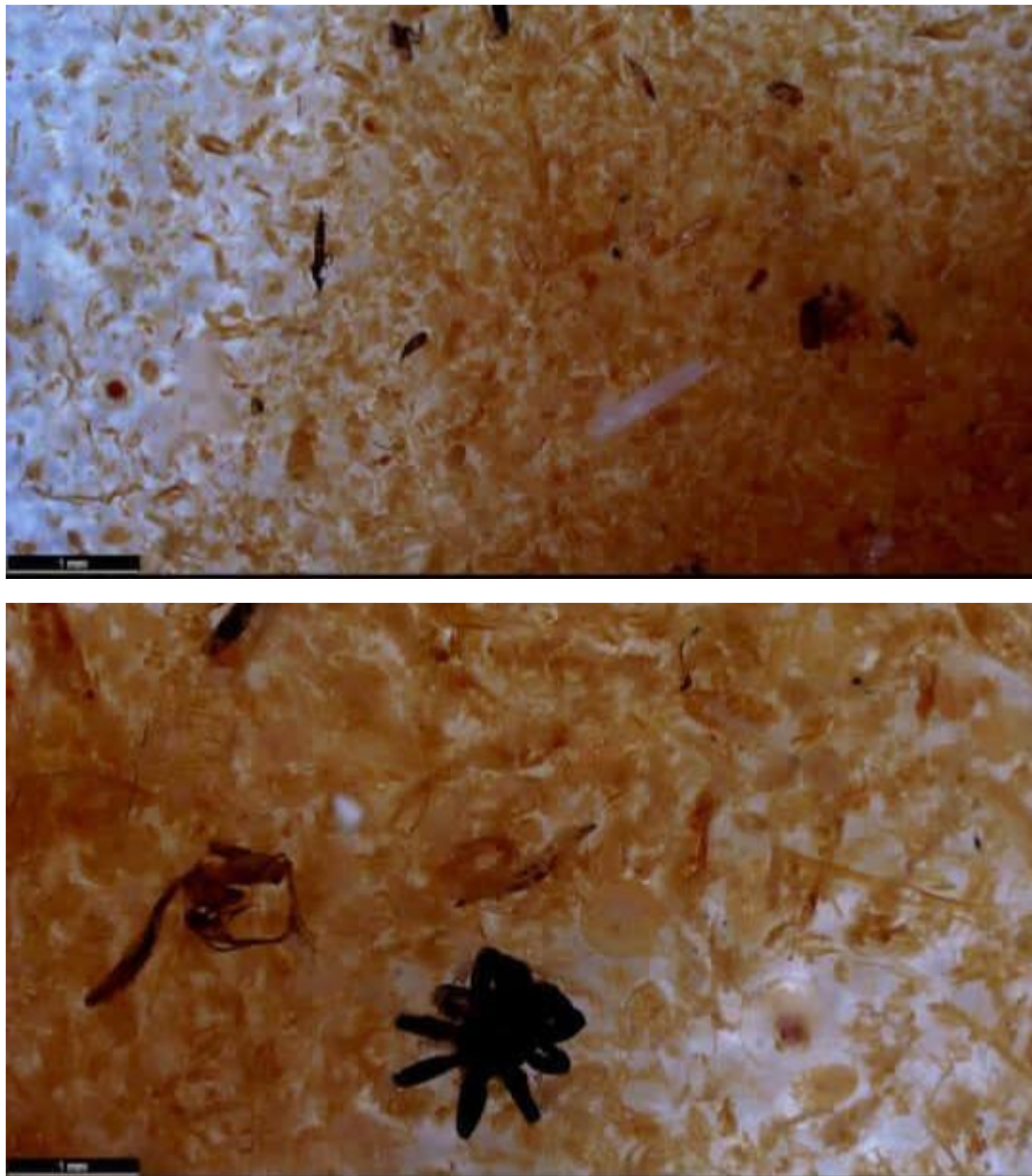


Figure59:photos prises par stereomicroscope($\times 40$)

Station08:

Tableau10: quantification des types des microplastiques trouver dans la station 08

Type	Nombre
Fragment	6
Granulés/ pellet	0
Microbilles	0
Filde pêche	0
Fibre	45
Film fin transparent	30
Mousse	12

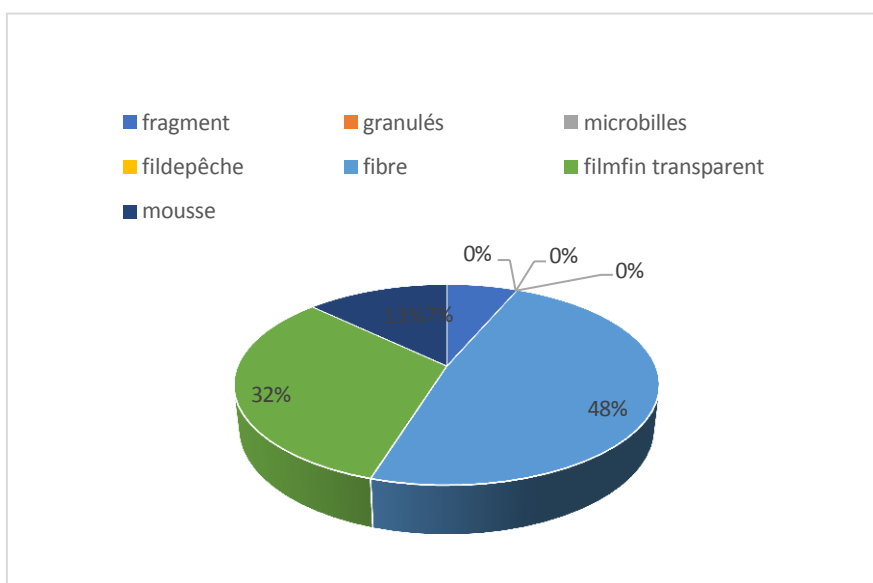


Figure60 : circuit relatif de la station08

Nous remarquons dans la dernière station la présence des fibres48% et les films fin transparent32%, puis la mousse13% aussi fragment7% et l'absence des autres types des microplastiques.

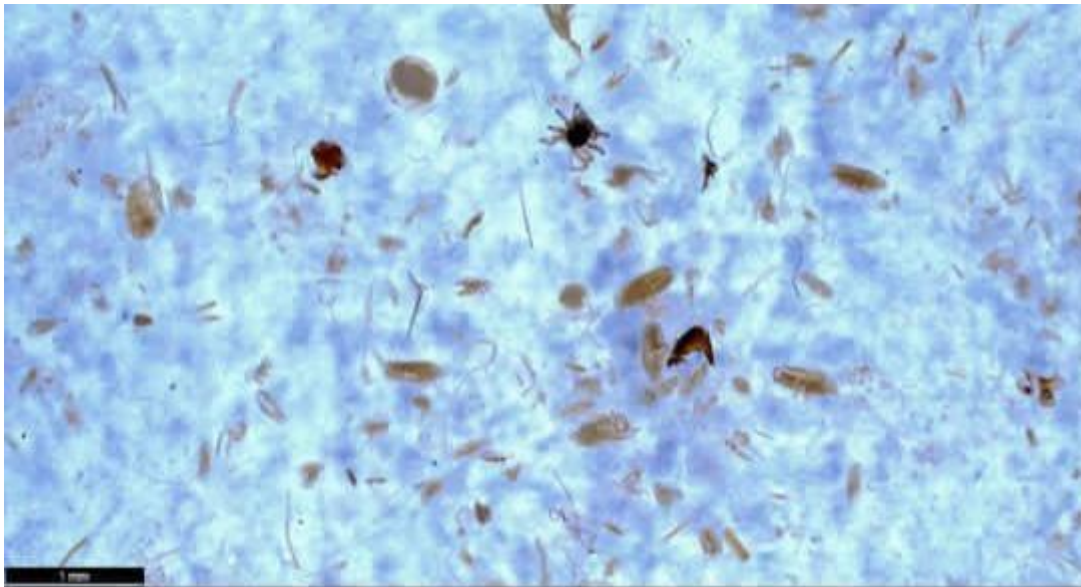
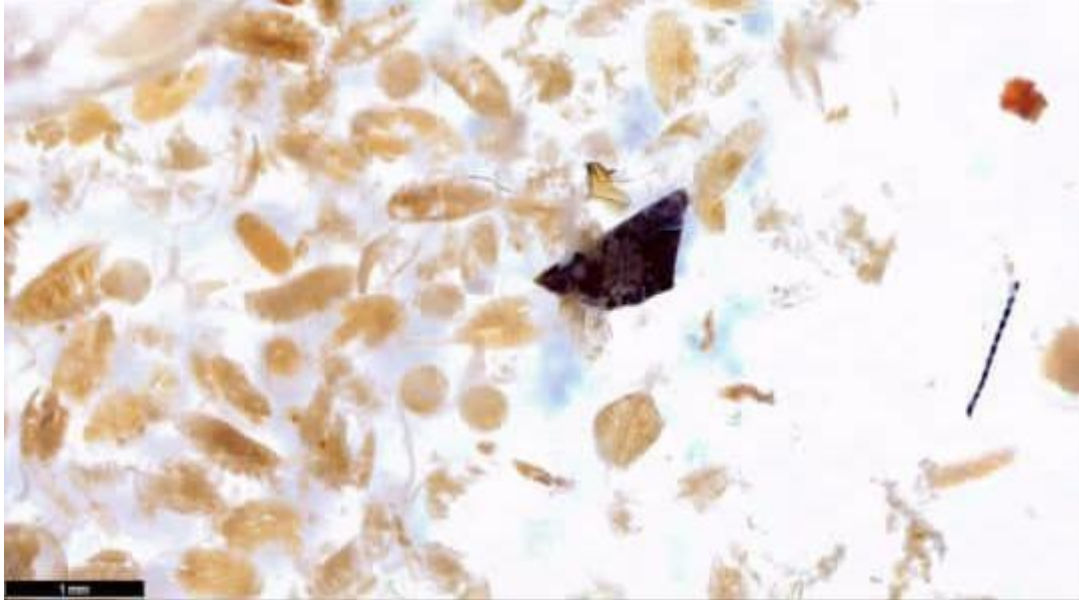


Figure61 :photos prises par stereomicroscope(×40)

Tableau11: Les nombres des microplastiques des stations d'échantillonnage de la région d'Ain Temouchent

station type	1	2	3	4	5	6	7	8
Fragment	0	3	0	0	5	8	12	6
Granulé/Pellets	0	0	0	0	0	0	0	0
Microbille	3	4	0	1	0	0	0	0
Fil	0	15	0	0	43	10	0	0
Fibre	70	60	22	40	90	20	2	45
FilmeFin Transparent	83	20	8	10	5	3	25	30
Mousse	40	53	3	3	2	60	10	12
Autre	0	0	0	0	0	1	0	0

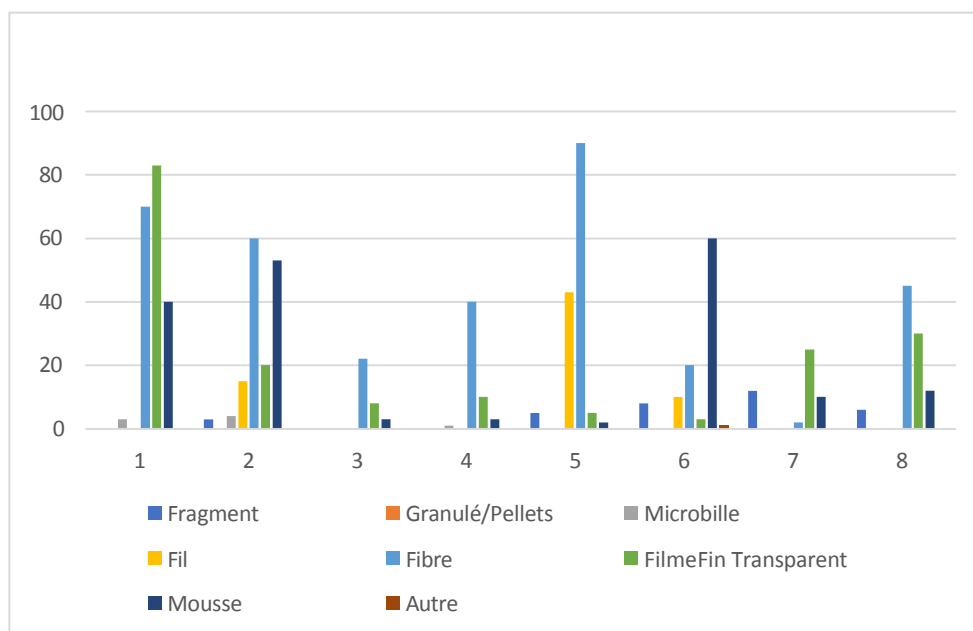


Figure62: histogramme de nombres des microplastiques des stations d'échantillonnage de la région d'Ain Temouchent

Le tableau présente une analyse des types de microplastiques collectés dans différentes stations de prélèvement, mettant en évidence les variations de présence et d'abondance des particules dans la région d'Ain Temouchent. Les données fournies permettent de mieux comprendre la composition et la distribution des microplastiques dans la région étudiée.

Analyse des Types de Microplastiques

Fragments :

Les fragments sont présents en quantités relativement faibles ,avec des valeurs allant de 0à 12. La station 7 enregistre le nombre le plus élevé (12), tandis queles autres stations montrent des concentrations faibles, ce qui pourrait indiquer une pollution moins intense par des déchets plastiques dégradés.

Granulés/Pellets:

Il est notable qu'aucune particule de granulés ou pellets n'a été détectée dans aucune des stations. Cela pourrait suggérer une absence de rejets industriels ou de pertes lors de la manipulation de matières plastiques dans la région.

Microbilles:

Les microbilles sont peu fréquentes ,avec un maximumde4àlastation2. Leur présence, bien que limitée, peut être liée à l'utilisation de produits cosmétiques et de soins personnels, ce qui souligne l'importance de surveiller leur impact environnemental.

Fils:

Les fils montrent une variation significative, atteignant un maximum de43 à la station 5. 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.

Fibres:

Les fibres représentent l'un des types de microplastiques les plus abondants, avec des concentrations variant de 2 à 90. La station 5 enregistre la valeur la plus élevée (90), ce qui peut indiquer une forte contribution des textiles à la pollution par les microplastiques.

Film Fin Transparent:

Les films fins transparents sont également présents en quantités notables, avec un maximum de 83 à la station 1. Leur présence est souvent associée à des emballages plastiques, ce qui souligne la nécessité de réduire les déchets plastiques dans l'environnement.

Mousse:

La mousse est présente dans toutes les stations, avec des valeurs variant de 2 à 60. La station 6 montre la concentration la plus élevée (60), ce qui pourrait être lié à des produits d'emballage ou à des matériaux de construction.

Autres:

La catégorie «Autre» est presque négligeable, avec seulement une valeur de 1 à la station 6. Cela indique que la majorité des microplastiques identifiés sont bien classés dans les catégories mentionnées.

Discussion:

Notre étude a été menée pour évaluer les caractérisations des microplastiques de la plage de Béni-Saf (plage du puits).

La distribution des déchets s'est révélée hétérogène et variée sur les transects élaborés. Nous avons observé la présence de certaines catégories des microplastiques sur un site et leur absence au même moment sur le site parallèle, alors on a pu noter à travers ces analyses et ces traitements qu'il y a des différences significatives au sein d'une même plage, ce qu'on peut appeler une comparaison intra-site.

Les principales sources de pollution microplastiques de la côte de Béni-Saf peuvent être résumées aux activités touristiques, au port et aux déchets ménagers et industriels. Il est estimé que la mauvaise gestion des déchets ménagers ou municipaux était responsable en 2010 de 5 à 13 millions de tonnes de pollution plastique dans les Océans (Jambeck et al. 2015). Ainsi avec la façade maritime de la wilaya d'Ain Témouchent d'une longueur de 80 km, traversant neuf communes (ANIREF, 2020) ; dont la commune de Béni-Saf qui renferme 42 284 habitants (Anonyme, 2020) et un patrimoine culturel très riche par conséquent la concentration de la population pourrait également expliquer l'importance de l'accumulation des déchets sur les plages de cette région (Gregory, 1991), vu que cette plage se localise dans une zone agglomérée avec une démographie importante.

Les différences de répartition pourraient résulter soit à des activités des estivants se concentrant le plus souvent dans la partie supérieure des plages (origine terrestre des déchets) (Bravo et al. 2009), soit par un transport vertical des débris rejetés par les eaux de mer, par la houle ou le vent (Henry, 2010). Le transport de ces derniers est donc conditionné par l'intensité des vents et de la houle (Henry, 2010). Selon (Benarous, 2019), il n'existe pas seulement un seul facteur responsable du transport des microplastiques mais peut-être une combinaison de plusieurs facteurs, tel que le vent, les cours d'eau, les vagues et les courants marins. Les débris trouvés dans les sites d'étude ne viennent pas seulement par voie indirecte (facteurs déjà évoqués), mais également par voie directe liée aux usages de la plage.

On a pu constater dans le premier site d'étude (île Rechgoun) que la proportion des films fin transparent dans la première station est plus élevée par rapport à la deuxième station ($S_1=89, S_2=20$), la même chose pour les fibres ($S_1=70, S_2=60$), mais il existe en même temps une relation inverse pour les fils de pêche ($S_1=0, S_2=15$), la mousse ($S_1=40, S_2=53$), microbilles ($S_1=3, S_2=4$), et fragment ($S_1=0, S_2=3$). Cependant il n'y avait pas de différence significative de concentration des microplastiques entre les nombres pour les deux stations.

Dans le deuxième site d'études (Marmite Rechgoun), il y a une grande présence des fibres dans les trois stations (S_3, S_4, S_5), avec une légère différence en nombres menée par la cinquième station ($S_5=90$), la même chose pour les fils de pêche ($S_5=43, S_4=0, S_3=0$), et fragment ($S_5=5, S_4=0, S_3=0$), pour la mousse il existe une petite quantité ($S_3=3, S_4=5, S_5=2$), en ce qui concerne les granules et microbilles il y a un manque total de leurs présences dans les 3 stations.

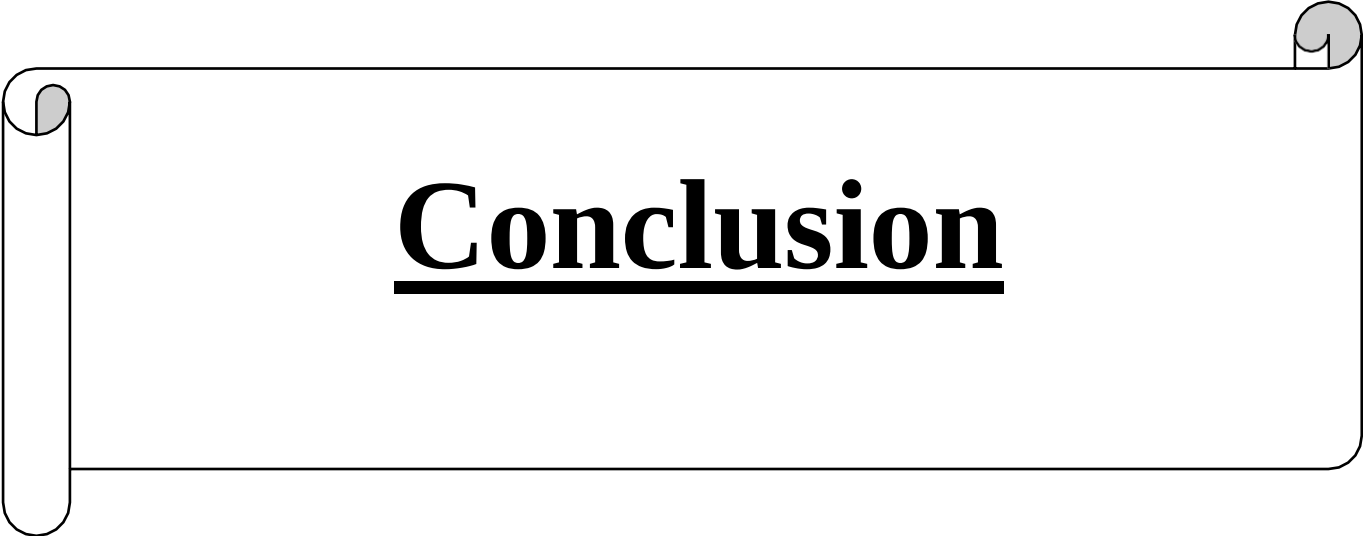
Dans les stations de port Béni Saf (S_6, S_7, S_8) il y a une petite quantité de tous types des microplastiques par rapport aux stations des autres sites d'études, malgré que ce site fût le plus

visé par la pollution microplastiques en raison des activités de pêche maritime. Alors dans ce site il existe un manque total des granulés et microbilles dans les trois stations mais il y a un grand nombre de mousse ($S_6=60$, $S_7=10$, $S_8=12$), puis nous avons les fibres ($S_6=20$, $S_7=35$, $S_8=45$), suivant la petite présence des films fin transparent ($S_6=3$, $S_7=25$, $S_8=30$)

Quand on a comparé notre résultat d'études avec l'étude de la wilaya de Guelma qui a été fait par BENCHEIKH et CHIHEB en 2021, nous comparons qu'il y a un pourcentage très faible des fibres et des fils fin transparent par rapport 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.

Au niveau régional, avec une comparaison entre l'est et le west Ain témouchent et Annaba. Nous trouvons que les pourcentages des fibres, fils et mousses., sont les plus élevées dans les deux regions même pour les autres types qui présentent les concentrations les plus faible dans les deux régions. A partir de ces études, résultats et comparaisons, nous concluons que la côte algérienne qui Qui surplombe la mer Méditerranée présent les mêmes types des microplastiques.

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 élevée au coures des années 2021, 2020 et 2022 dans les ecosystems italien mais par rapport nos résultats ce types à un pourcentage moyen et faible dans l'Algérie wilaya d'Ain Temouchent. Les MPs transparents ont un pourcentage moyen en Italie par rapport à la faible concentration que nous avons trouvé à Ain Témouchent.



Conclusion

Conclusion et perspective

Les résultats de cette recherche démontrent que la présence de microplastiques pollue nos plages, avec des variations notables dans les quantités et les répartitions à l'intérieur et entre les divers sites et compartiments. Notre étude se concentrait sur la pollution provoquée par les déchets plastiques le long de la côte de Béni-Saf. L'objectif était d'évaluer et de déterminer la répartition de ces déchets, les zones les plus affectées, leurs types et les facteurs qui influent sur ce phénomène de pollution.

Les résultats obtenus confirment des disparités dans la répartition des déchets plastiques et leur concentration sur le site. Des variations spatiales internes ont été remarquées, avec une accumulation des déchets plus marquée dans les zones supérieures de la plage. Cela souligne une origine de pollution principalement terrestre, attribuée aux activités des usagers de la plage concentrées en haut, aux résidents proches et à l'activité portuaire.

Il est clair que les microplastiques commencent à envahir la côte d'Ain T'émouchent. Bien que nos résultats soient relativement modestes par rapport à d'autres études menées en Méditerranée occidentale, l'augmentation de la population et l'afflux massif de touristes sur notre magnifique côte, avec leurs déchets plastiques, représentent un réel danger pour nos plages et leur précieuse biodiversité.

En plus de mesurer les quantités, les menaces posées par les microplastiques sur l'écosystème et la santé humaine incitent à envisager des recherches pluridisciplinaires impliquant divers domaines comme la microbiologie, la biologie et la chimie.

Les résultats de notre étude sur la pollution par les microplastiques à Béni-Saf constituent une base solide pour de futures recherches. Voici quelques perspectives intéressantes pour approfondir cette thématique :

1. Caractérisation plus approfondie des microplastiques

- **Composition chimique:** Déterminer la composition chimique des microplastiques pour identifier les sources potentielles (plastiques industriels, agricoles, etc.).
- **Taille et forme :** Effectuer une analyse granulométrique plus fine pour étudier l'évolution des microplastiques dans l'environnement et leur impact sur la faune.
- **Additifs :** Rechercher la présence d'additifs (colorants, plastifiants) dans les microplastiques pour mieux comprendre leurs propriétés et leur toxicité.

2. Impact sur les écosystèmes et la biodiversité

- **Bioaccumulation:** Évaluer la bioaccumulation des microplastiques dans les organismes marins (plancton, poissons, oiseaux) et les conséquences sur les chaînes alimentaires.
- **Toxicité:** Étudier les effets toxiques des microplastiques et de leurs additifs sur les organismes marins, en particulier sur leur croissance, leur reproduction et leur comportement.
- **Impact sur les habitats:** Analyser l'impact des microplastiques sur les habitats côtiers (herbiers, récifs coralliens) et leur rôle dans les cycles biogéochimiques.

3. Sources et vecteurs de pollution

Conclusion et perspective

- **Flux de déchets:** Quantifier les flux de déchets plastiques générés par les activités humaines à terre et en mer pour identifier les principales sources de pollution.
- **Transport et dispersion:** Étudier les mécanismes de transport et de dispersion des microplastiques dans l'environnement marin, en tenant compte des courants, des vents et des marées.
- **Interactions avec d'autres polluants:** Évaluer les interactions entre les microplastiques et d'autres polluants (métaux lourds, produits chimiques) et leurs effets combinés sur les écosystèmes.

4. Modélisation et prédiction

- **Modèles de dispersion:** Développer des modèles numériques pour simuler la dispersion des microplastiques dans l'environnement marin et prévoir leur évolution à long terme.
- **Scénarios futurs:** Évaluer l'évolution de la pollution par les microplastiques à Béni-Saf en fonction de différents scénarios socio-économiques et climatiques.

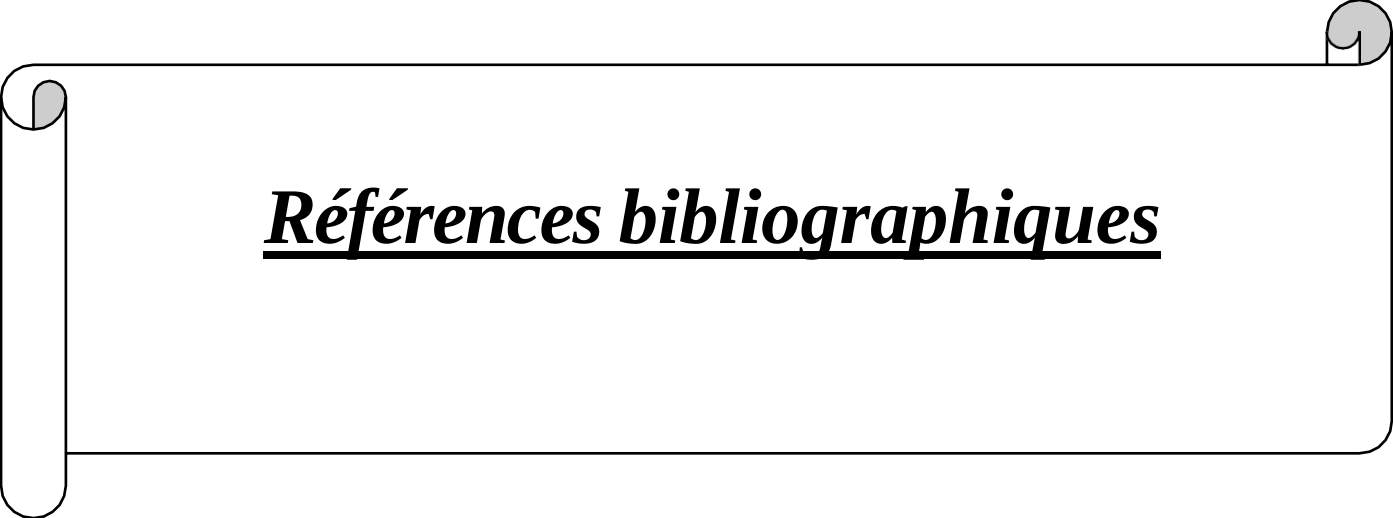
5. Solutions et atténuation

- **Technologies de nettoyage:** Évaluer l'efficacité de différentes technologies de nettoyage des plages et des milieux marins contaminés par les microplastiques.
- **Gestion des déchets:** Proposer des stratégies de gestion des déchets plastiques plus efficaces, en mettant l'accent sur la réduction à la source, le recyclage et la valorisation énergétique.
- **Politiques publiques:** Évaluer l'impact des politiques publiques en matière de gestion des déchets plastiques et proposer des améliorations.

6. Sensibilisation et communication

- **Communication scientifique:** Diffuser les résultats de la recherche auprès du grand public, des décideurs politiques et des acteurs économiques pour sensibiliser à la problématique de la pollution par les microplastiques.
- **Éducation à l'environnement:** Développer des programmes éducatifs pour sensibiliser les jeunes générations aux enjeux environnementaux liés aux plastiques.

Enfin, cette recherche nous a permis d'identifier les éléments qui influencent la dispersion des diverses catégories de microplastiques, tels que le vent, l'eau de pluie, les courants marins et les vagues, ou une combinaison de ces facteurs. Bien que cette étude soit préliminaire et limitée, il est recommandé d'entreprendre une recherche approfondie et étendue le long de toute la côte algérienne, sur une période plus longue et avec des ressources plus importantes.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rounded ends and a slight shadow effect.

Références bibliographiques

1. . Addou, Ahmed. 2009. Traitement des déchets: valorisation, élimination. Paris : Ellipses.
2. .Alava,2018.Ocean pollutionand warmingoceans: pp.54
3. .AIME S., 1991 – Etudeécologiquedelatransition entrelesbioclimats sub-humides, semi-arides et arides dans l'étage thermo- méditerranéen du tell Oranais (AlgérieNord Occidentale). Thèse. Doct. Es-Sci. Univ. Aix-Marseille III. 185p + annexes. Biological Scinces, Vol. 364.
4. . Aissa, A., Bouchour, C., Gaïda, M., Sageaux, N., Bonet Faus, J., Gadenne, A., Goetz, R., Shi, S. 2022., Comment quantifier l'impact de la pollution marine due aux microplastiques afin d'établir un partage de responsabilités et une stratégie d'action ? Les controverses des mines paris. P : (1-2)
5. . Aloueimine, Sidi Ould. 2006. « Méthodologie de caractérisation des déchets Ménagers à Nouakchott (Mauritanie): contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision », 195.
6. .Andrady,A.L.(2017).Theplasticinmicroplastics:Areview.
7. . ANDRADY (A.). – The plastic in Microplastics.Mar. Pollut. Bull., 119(1), p. 12-22 (2017).
 - Balet.J.M.(2014).Opcit.P10.
 - Balet, Jean-Michel. 2008. Gestion des déchets. Paris : Dunod: L'Usine nouvelle.<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk &AN=304111>
8. .BENAROUS,a.(12-09-2019).Pollutiondesplagesdemoustaganemparles dechehts
9. Plastiques(bouteillesetbouchons).Mostaganem,algérie:universitéAbdelhamidIbn
10. Badismostaganem.
 - BENSABAHA, N.2005-contribution à l'étude d la gestion des déchets hospitaliers de beni-saf «wilaya de Ain tmouchent ». Mémoired'ingénieur d'état, université de tlemcen p58
 - Bouziane N., 2022. Eau et pollution marine, Élaboration d'un guide de diagnosticaxésurobjectifsdedéveloppementdurable.MémoiredeMaster. Tlemcen : pp.2
11. .Dajoz,R.1996-précisd'écologie.EdDunod,paris:p 178-341
12. . Derraik J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris : a review. Marine Pollution Bulletin. 44, 842-852.
13. .DirectiondelaprogrammationetdusuiviBudgétaire, 2018.
14. . Djemaci, B. (2012). La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité. France : Doctoral dissertation, Université de Rouen).
15. . Diboun M, 2020. Etude de la pollution de la côte de la région de Béni-Saf par les déchets plastiques, Mémoire de fin d'études. Tlemcen., pp : 15_17
 - Fendall, L.S., Sewell, M.A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face :
16. .Gaetano L.,2014.Évaluationdesdéchetsmarinsenméditerranées.P:45.
17. . Galgani F., 2010. Marine Strategy Framework Directive Task Team 10 Report Marine Litter.

18. . Galgani F., Barnes DK, Thompson R.C., et Barlaz M., 2000. Accumulation and Fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 364(1526)
19. .Galgani F., Leaute J.P., Moguedet P., Souplet A., Verin Y., Carpentier A., Goraguer H., Latrouite D., Andral B., Cadiou Y., Mahe J. C., Poulard J. C. and Nerisson P., 2000. Litter on the Sea Floor Along European Coasts. *Marine Pollution Bulletin* 40(6):516-527. (Doi :10.1016/S0025-326X (99)00234-9)
20. . GORDON, D. (2006). Eliminating Land-based Discharges of Marine Debris in: "California : A Plan of Action from The Plastic Debris Project". Californie : California State Water Resources Control Board
 - Hélène Bromblet. 2015. « LE TECHNIQUE DE COMPOSTAGE DES DÉCHETS »
21. D'ORIGINE NATURELLE EN AFRIQUE ET DANS LES CARAÏBES», plateforme
22. re-sources. [https://www.plateforme-re-sources.org/wp-content/uploads/2015/05/FS-](https://www.plateforme-re-sources.org/wp-content/uploads/2015/05/FS-Compostage.pdf)
23. Compostage.pdf
 - HENRY Maryvonne Mai 2010., Direction Prospective et Stratégie Scientifique, -
24. RST.DOP/LER-PAC/10-09 Pollution du milieu marin par les déchets solides: Etat des
25. Connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer.
 - Joel, F.R., 1995, *Polymer Science & Technology : Introduction to polymer science*, Eds. 3, Pub : Prentice Hall PTR Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458 ; p : 439.
 - Julia.P. le blog de l'ompe (octobre 2020). Organisation Mondiale pour la Protection de l'Environnement. <https://www.ompe.org/des-microplastiques-dans-notre-alimentation/>. vu le 9/02/2021.
 - Koelmans A.A., Besseling E., Foekema E.M., 2014. Leaching of plastic additives to marine organisms. *Environmental Pollution*. 187, 49-54.
 - Labadla C., Souaidia S., 2021. Évaluation de la pollution marine du littoral Est algérienne par le plastique méso et macro-plastiques. *Mémoire de Master*. Guelma : pp. 6
 - Lebreton L.C.M., Greer S.D., Borrero J.C., 2012. Numerical modelling of floating debris in the world's oceans. *Marine Pollution Bulletin*. 64, 653-661.
 - LITHNER, D. L. (2011). Environmental and health hazard ranking and assessment of
26. Plastic polymers based on chemical composition. *Science of the total environment* (Vol. 409).
27. . Malti M., 2021. « Étude de pollution de la côte de Rechgoun par les déchets plastiques (Ain Témouchent) ». *Mémoire de Master*. Tlemcen : pp.1
28. . Mato Y., Isobe T., Takada H., Kanehiro H., Ohtake C., Kaminuma T., 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science and Technology*. 35, 318-324

29. . MERIOUA, S.2014-phyto-écologie et éléments de cartographie de la couverture végétale cas : littoral d'Ain temouchent. Thèse de doctorat d'état université de la Méditerranée : p5
30. . MILLOT C. et TANPIER-LETAGE I., 2005. Circulation in the Mediterranean Sea. The Handbook of Environmental Chemistry, 29 - 66
31. . Moore C.J., Moore S.L., Leecaster M.K., Weisberg., S.B., 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. Marine Pollution Bulletin. 42, 1297-1300
32. . MOORE, C. (2008). MOORE, CHARLES. 2008. Synthetic polymers in the marine environment : a rapidly increasing, long-term threat. s.l. : environmental research, Vol. 108. (Vol. 108). s.l. : environmental research, Vol. 108
33. . MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA POPULATION ET DE LA RÉFORME HOSPITALIÈRE Direction générale de la prévention
- Ngnikam Emmanuel 2000. « Evaluation environnementale et économique de
34. Systèmes de gestion des déchets solides municipaux: Analyse du cas de Yaoundé au Cameroun ». Thèse de doctorat en Sciences et techniques, Lyon, INSA : École Doctorale de Chimie (Lyon).
- NOWPAP. (2007). Twelfth Intergovernmental Meeting of the Northwest Pacific Action plan.
 - Obbard R.W., Sadri S., Wong Y.Q., Khitun A.A., Baker I., Thompson R.C., 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. Earth's Future. 2, 315-320.
 - OUDINA M., AGRANE H., 2018, contribution à l'évaluation de la pollution par les microplastiques dans la côte jijelienne., pp : 26-28.
 - Panno et al. 2019. microplastique. <http://lapagaiesauvage.org/les-microplastiques/>. vu le 9/02/2021.
 - Pichat P., 1995. La gestion des déchets. Évreux, Dominos Flammarion. 124p
 - Pruter A.T., 1987. Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin. 18, 305-310.
 - RAYAN P.G ; MOORE C.J; VAN FRANKER J.A. et MOLONEY C.L ; 2009-
35. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364, 1999-2012.
36. Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364, 1999-2012.
- Ryan P.G., Moore C.J., van Franeker J.A., C.L. Moloney, 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences. 364, 1999-2012.
 - Teuten E.L., Saquing J.M., Knappe D.R.U., Barlaz M.A., Jonson S., Bjorn A., Rowland S.J., Thompson R.C., Galloway T.S., Yamashita R., Ochi D., Watanuki Y., Moore C., Pham H.V., Tana T.S., Prudente M., Boonyatumanond R., Zakaria M.P., Akkhavong K., Ogata Y., Hirai H., Iwasa S., Mizukawa K., Hagino Y., Imamura A., Saha M., Takada H., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences. 364, 2027-2045.

Références bibliographiques:

- Thompson, C. J. Moore, F. S. vom Saal and S. H. Swan. 27 July 2009. 'Plastics, the environment and human health' compiled by R. C. Volume 364 Issue 1526
- Thompson R.C., Olsen Y., Mitchell R.P., Davis A., Rowland S.J., John, A.W., McGonigle D., Russell A.E., 2009. Lost at sea : Where is all the plastic ? Science 304, 838–838.

Références bibliographiques:

webographiques:

1. Anonyme01:<http://www.atlas.d-waste.com>
2. Anonyme02:<https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/216/dechet>
3. Anonyme 03 : <https://www.cancer-environnement.fr/fiches/expositions-environnementales/dechets/>
4. Anonyme04:<https://www.seaplastics.org/la-pollution-plastique>
5. Anonyme 05: <https://idverde.fr/actualites/comment-la-pollution-plastique-detruit-nos-oceans/>
6. Anonyme 06 : <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-polystyrene-10176/>
7. Anonyme 07 : https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/polypropylene_pp_hp4
8. Anonyme08:<https://new.societechimiquedefrance.fr/produits/polychlorure-de-vinyle/>
9. Anonyme09:<https://new.societechimiquedefrance.fr/produits/polyethylene/>
10. Anonyme 10 : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/matieres-thermoplastiques-monographies-42147210/polyethylene-haute-densite-pe-hd-am3315/>
11. Anonyme 11: <https://arapack.fr/polyethylene-basse-densite-quest-ce-que-le-plastique-ldpe/>
12. Anonyme 12 : <https://www.beyondplasticmed.org/le-plastique/focus-sur-la-mer-mediterranee/>
13. Anonyme 13 : <https://www.iucn.org/fr/news/marine-and-polar/202010/plus-de-200-000-tonnes-de-plastique-sont-deversees-chaque-annee-en-mediterranee-rapport-de-luicn>
14. Anonyme14:<https://www.aps.dz/sante-science-technologie/124415-environnement-le-plastique-represente-87-des-dechets-marins-en-algerie>
15. Anonyme 15 : <https://www.erudit.org/fr/revues/vertigo/2010-n8-vertigo3983/045533ar/>
16. Anonyme16:<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca3540ar>
17. Anonyme17:<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca3540ar>
18. Anonyme 18 : https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=603&wilaya=46
19. Anonyme 19 : <https://fr.weatherspark.com/y/40188/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-A%C3%AFn-Temouchent-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e>
20. Anonyme 20 : <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/ain-temouchent/ain-temouchent-45189/>
21. Anonyme 21 : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/a%C3%AFn-temouchent_alg%C3%A9rie_2507901
22. Anonyme 22 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916402010548>
23. Anonyme23:<https://bionef.fr/produit/filet-pour-microplastique-de-surface/>

Références bibliographiques:

24. <https://www.letelegramme.fr/morbihan/vannes-56000/un-traitement-des-dechets-toujours-plus-cher-en-pays-de-vannes-6377692.php>
25. <https://www.wyatt.com/de/german-blog/eigenschaften-von-polymeren-genaue-analyse-ermoglicht-gezielte-modifikation.html>
26. <https://www.ikhabarzaade.shop/polystyr%E3%A8ne-c-58132/polystyrene-p-7680161>
27. <https://www.quimidroga.com/fr/2023/03/15/le-polypropylene-composite-qui-repond-le-mieux-a-vos-besoins/>
28. <https://fr.quora.com/Quest-ce-que-le-poly-chlorure-de-vinyle>
29. <https://www.hirschfeld-emballages.fr/avantages-des-emballages-plastique-polyethylene/>
30. <https://sfecologie.org/regard/r63-plastiques-en-mer-dussud-et-ghiglione/>
31. <https://souslemicroscope.com/2020/02/peut-on-trouver-dans-la-nature-des-bacteries-qui-degradent-le-plastique/>
32. <https://fr.oceancampus.eu/cours/GHa/la-pollution-plastique-et-locean>
33. <https://www.nouvelobs.com/planete/20180522.OBS7023/pourquoi-il-est-urgent-de-faire-sortir-le-plastique-de-votre-vie.html>
34. <https://www.ciel.org/plasticandhealth/?amp=1>
35. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/ocean-microplastique-15886/>
36. <https://www.phytocontrol.com/>
37. <https://www.actunautique.com/2020/10/les-fonds-marins-jonches-de-microplastiques-d-apres-une-nouvelle-etude.html>
38. <https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Alberghini/publication/366794293/figure/fig1/AS:114312811106228340.2@1672662593708/A-model-showing-how-anthropogenic-activity-cause-microplastics-to-enter-the-food-web.ppm>