

جمهورية
الجزائر الديمقراطية
الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم
العلمي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد -

تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire Laboratoire de recherche

« Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'Environnement et application en santé publique »



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Hydrobiologie Marine et continentale

Option : Sciences de la mer

Par : MAHOUR BACHA Kadauia

Thème :

Evaluation statistique des données sur les déchets microplastiques sur les littoraux de Ain-Temouchent et Annaba

Soutenu publiquement, le 28 /09/2024, devant le jury composé de :

Mme KASSEMI Naima	M.C.B	Univ. Tlemcen	Présidente
Mme BENGUEDDA Wacila	M.C.A	Univ. Tlemcen	Encadrant
M Mahi Abdelhakim	M.C.A	Univ. Tlemcen	Examineur

Année universitaire

2023/2024

Dédicace

Tout d'abord, je dédie ce travail à moi-même, pour ma propre satisfaction et pour mes propres réalisations.

Ensuite, je tiens à exprimer ma gratitude envers les personnes qui ont été présentes dans ma vie et qui m'ont inspiré :

A ma chère mère Chiraz, pour son amour infini et pour l'éducation qu'elle m'a donnée.

A mon cher père Abdazize, qui m'a donné tout ce qu'une femme rêve dans sa vie.

A la mémoire de celles et ceux qui nous ont quittés avec un cœur triste.

Je veux également remercier :

Ma sœur jumelle Mokhtaria, mon trésor, qui a vraiment aidé à réaliser ce travail, un cadeau que la vie m'a offert.

Ma sœur Siham, qui m'a apporté du bonheur dans les moments difficiles, c'est un vrai bonheur de vous avoir dans ma vie.

Mon petit frère Lckeman, qui est toujours actif et plein d'énergie.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu durant le travail de mon mémoire.

Je voudrais également exprimer mes sentiments les plus sincères de gratitude envers moi-même. Car il est vrai que nous pouvons nous confier sans jamais nous juger, passer du temps ensemble sans jamais nous ennuyer. Les paroles sont inutiles entre nous, notre complicité étant. Je vous témoigne ma reconnaissance pour votre soutien permanent, votre patience et votre

compréhension. Je vous remercie d'avoir toujours su être là et d'avoir été d'un très grand appui moral et affectif. Un immense merci pour le bonheur que votre amitié me procure

Remerciements

Je tiens à exprimer ma gratitude envers les nombreuses personnes qui ont contribué à la réussite de cette recherche. Je veux souligner que l'expression de mon remerciement ne reflète pas de l'ingratitude ou de l'oubli envers ceux qui ne sont pas nommément cités.

Je tiens à remercier spécialement :

Mme Wacila BENGUEDDA, votre guidance et vos conseils ont été inestimables dans la réalisation de ce mémoire. Je vous remercie pour votre disponibilité, vos encouragements et votre gentillesse. Je vous adresse l'expression de mon profond respect.

Je souhaite également exprimer mes remerciements les plus sincères aux membres du jury, notamment **Mme Naima KASSEMI**, M.C.B. de l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de présider le jury, et **M. Abdelhakim MAHI**, M.C.A. de l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner mon mémoire.

Je tiens également à remercier :

M. Riadh BAMMOUN, inscrit au département d'écologie et environnement,

M. Elyes KELAIE, doctorant - Ingénieur des équipements scientifiques et techniques de protection.

Je veux également exprimer mes remerciements les plus sincères aux personnels et enseignants du faculté des sciences de la vie et de la terre de l'Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen.

Et enfin, je veux rendre un hommage sans limites à toutes les personnes que j'ai rencontrées au cours de mes recherches dans les laboratoires de recherche scientifique. Notamment

Mesdames **Salima DAHAOUI** , **Khadija DALI YUCEF** et Monsieur **Benali BENMOUSSAT**

Table des matières	
Dédicace	II
Remerciement	III
Table des matières	IV
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VII
Introduction	1
Chapitre I : Généralité.	2
I. Définitions :	4
I.1 Déchet :	4
I.2 Plastique :	4
I.3 Microplastiques:.....	5
II. Caractérisation microplastique	7
II.1 Caractérisation visuelle	7
II.2 Caractérisation di-électrophorétique.....	8
III. Dégradation des plastique en milieu marin :	8
III.1 Voie de dégradation abiotique.....	9
III.2 Voie de dégradation biotique.....	10
IV. Mécanisme de transport des plastiques	10
IV.1. Les cours d'eau	11
IV.2. Les courants marins.....	11
IV.3. Le vent	11
IV.4. Les roches sédimentaires	11
V Devenir des microplastiques dans l'environnement.....	12
Chapitre II : Pollution des Microplastiques	5
I .Distribution des microplastiques	13
I.1. Dans les océans.....	13
I.2- Dans les différents compartiments du milieu marin	13
II. Impact des microplastiques sur la biodiversité marine	14
Chapitre III: Cadre juridique	16
III .1. La convention MARPOL et l'Algérie	16
III.2 Convention Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée	16
Chapitre IV: Matériels et méthodes:	17
IV.1- Matériel d'échantillonnage	18

IV.1.1 Montage du filet Manta.....	18
IV.2. Méthode d'échantillonnage	18
IV.2.1 Protocole d'échantillonnage en mer	18
IV.3 Material et Méthodes de tri au laboratoire	19
IV.3.1 Material au laboratoire :	19
IV.3.2 protocole au laboratoire :	20
IV.4 L'ANOVA	24
Chapitre V :Résultats et Discussion	26
V.1Différence entre les deux régions :	25
V.2Types de microplastiques et différences par région	25
V.3 Interaction entre le type de microplastique et la région :.....	28
V.4 Conclusion	28
Conclusion et perspective	30
Références bibliographiques	30

Liste des figures

Figure 1: Microplastiques primaires : a) microplastiques extraits d'un dentifrice ; b) granulés de pré-production industriels (GPI) ; c) microplastiques issus d'un exfoliant analysés en microscopie électronique à balayage (UNEP, 2016b).....	6
Figure 2: Microplastiques flottants collectés en rade de Brest(Frère,2017)	7
Figure 3 :. Sort et effets environnementaux des particules de plastique après leur déversement dans le milieu aquatique (Leslie,2014)	12
Figure 4: pollution marine par le plastique (Nakagawa, (2021)	15
Figure 5: Les 22 signataires de la convention pour la Protection du Milieu Marin et du Littoral de la Méditerranée (Milieu Marin France,2020)modifier.....	17
Figure 6: Photographie montrant un chalut Manta (Setiti et al ,2022).....	18
Figure 7: le solutions laissé reposer	21
Figure 8: le mélange à une température chaude.....	21
Figure 9: Nous pesons le sel selon la solution	22
Figure 10: les solides pendant la nuit.....	22
Figure 11: filtration de solution.....	23
Figure 12: microplastiques filtrés	23
Figure 13: le contage des microplastiques	24

Liste des tableaux

Tableau 1: Effets entre les sujets(ANOVA).....	25
Tableau 2: Types de microplastiques à Annaba et à Ain Temouchent	26

Introduction

Introduction

Les océans sont la plus grande partie de la grande lithosphère qui entoure le globe. Ces eaux occupent environ 71% de la surface de la Terre soit 510 millions de km² . (Viel, 2013)

La pollution des océans est considérée comme l'une des plus grandes problématiques persistantes dans tous les océans et mers du monde, affectant ainsi la biodiversité marine (qualité de l'eau, vie marine et richesses animales et végétales marines). Il est important de noter que la pollution des océans prend de nombreuses formes et variétés, résultant principalement des activités humaines de toutes sortes, telles que la pollution chimique, la pollution par les eaux usées, la pollution par le pétrole, la pollution par les déchets agricoles, la pollution par le plastiqueetc.

La pollution plastique marine a des impacts profonds et étendus sur les écosystèmes océaniques, la santé humaine et l'économie mondiale... etc. Les animaux marins engloutissent le plastique, car ils le confondent avec la nourriture, entraînant des dommages, un blocage du tube digestif et même la mort. Les substances toxiques absorbées par les plastiques s'accumulent dans la chaîne alimentaire marine, menaçant la santé humaine en consommant des fruits de mer contaminés. En outre, les industries liées à la pêche, au tourisme et au transport maritime ont subi des pertes économiques importantes en raison de la dégradation des écosystèmes marins.

Les déchets plastiques sont un problème environnemental majeur à travers le monde. Ils proviennent de nombreuses sources, allant des emballages individuels aux déchets industriels et domestiques. La caractérisation des déchets plastiques est un processus décisif pour comprendre leurs compositions, leurs sources et leurs impacts sur l'environnement. Cela permet de mieux comprendre les problèmes liés à la gestion des déchets plastiques et de proposer des solutions durables pour leur traitement et leur réduction.

Chaque année, 8 millions de tonnes de déchets plastiques se retrouvent dans les océans du monde entier. Ils ne se décomposent pas, mais se fragmentent pour former des microplastiques (MPs), qui adsorbent des produits chimiques organiques nocifs dissous dans l'eau de mer. Ces composants chimiques sont absorbés par les organismes qui mangent les MP. Les MP eux-mêmes sont rejetés, mais les composants chimiques adsorbés sont absorbés et accumulés dans le corps. Les composants chimiques sont encore plus concentrés et accumulés dans les poissons et les crustacés tout au long de la chaîne alimentaire. On s'inquiète du fait que les composants

chimiques nocifs puissent avoir un impact négatif non seulement sur les organismes composant l'écosystème marin, mais aussi sur la santé humaine en tant que prédateur supérieur de la pyramide écologique. (Barreau, 2021)

Le plastique est fondamental pour de nombreuses applications, de l'emballage au matériel de pêche, en passant par les vêtements, les revêtements de haute technologie, les matériaux de construction ou les ingrédients des produits de soins personnels (Kershaw, & Rochman,, 2015).. Au niveau mondial, 359 millions de tonnes (2018) de plastiques sont produites chaque année, dont 17 % proviennent d'Europe (Leal Filho et al , 2019). L'utilisation extensive et la mauvaise gestion du plastique entraînent une pollution environnementale dans l'air, le sol et l'eau et menacent les organismes, la santé et le fonctionnement des écosystèmes (Uehara et al, 2023). Une grande partie des débris plastiques sont présents dans l'environnement sous forme de microplastiques (MP), de petites particules ≤ 5 mm (Hartmann et al., 2019), qui peuvent pénétrer dans l'environnement directement ou se former par dégradation de plastiques de plus grande taille. Selon la production mondiale de plastique, qui devrait poursuivre sa croissance (Lebreton & Andrady, 2019), les types de polymères contaminants les plus fréquents dans les milieux aquatiques sont, par ordre décroissant de contamination, le polyéthylène (PE) ~ le polypropylène (PP) > le polystyrène (PS) > le chlorure de polyvinyle (PVC) > le polyéthylène téréphtalate (PET) (Koelmans et al., 2019).

Concernant la caractérisation des déchets plastiques est de fournir une compréhension globale, en examinant, évaluant et analysant les aspects scientifiques, environnementaux et socio-économiques liés à ces déchets. Cette approche vise à identifier les problèmes liés à la production, la consommation, la gestion et l'impact des déchets plastiques sur l'environnement et la santé humaine, afin de proposer des solutions améliorées et de promouvoir un développement durable(Uehara et al, 2023)

L' objectif essentiel de l'étude est :

Identifier et classer les types de déchets microplastiques

Formuler des recommandations : À partir des résultats de l'étude, proposer des recommandations pour améliorer la gestion des déchets plastiques, réduire leur impact environnemental et promouvoir une gestion durable des ressources plastiques.

En résumé, l'objectif de l'étude sur la caractérisation des déchets plastiques est de fournir une base solide pour la compréhension des problèmes associés à ces déchets, d'évaluer les solutions existantes et potentielles, et de proposer des actions pour une gestion responsable et durable des déchets plastiques.

Chapitre I :

Généralité

I.Définitions :

I.1 Déchet :

Selon le Code de l'Environnement (art. L541-1), un déchet est « *tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon* ». Autrement dit, tout élément qui est abandonné est un déchet. Ce n'est pas pour autant que cet élément est inutilisable, en l'état ou après modification. Seuls ceux qui sont qualifiés de déchets ultimes sont réellement inutilisables et doivent être stockés pour éviter des pollutions de l'environnement (Halima, 2018).

Selon la définition du Dictionnaire de l'Académie française, un déchet est défini comme «une diminution, une perte qu'une chose éprouve dans sa substance, dans sa valeur ou dans l'une de ses qualités». Cependant, le Petit Robert définit un déchet comme «un résidu inutilisable, en général sale et encombrant».» (René,2009). .)

La loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 concerne la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets . Conformément à cette loi La substance, les matériaux, les produits ou, plus généralement, tout objet détenu et dont le propriétaire se défait, a l'intention de se défaire ou a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. Trois éléments clés sont mis en évidence dans cette définition pour une bonne compréhension de la gestion des déchets, à savoir l'origine et la qualité des déchets, ainsi que la responsabilité vis-à-vis du flux de déchets. (www.joradp.dz)

I.2 Plastique :

Le matériau plastique est principalement composé d'un polymère synthétique, défini comme une macromolécule formée par la succession covalente de molécules. (IUPAC, 2006), appelées aussi monomères (Aucher et al , 2009). Les polymères plastiques sont divisés en trois catégories principales : les thermodurcissables, les thermoplastiques et les élastomères. La différence entre ces catégories de polymères est essentiellement due à la façon dont le polymère est fabriqué à partir du monomère. (Aucher et al, 2009). Les thermodurcissables sont des plastiques caractérisés par des liaisons chimiques covalentes, très fortes et tridimensionnelles. Ils sont transformés en forme sous l'effet de la chaleur et cette transformation est définitivement irréversible.(Chatain, 1998b).

Contrairement aux thermodurcissables, les thermoplastiques ont une structure linéaire et peuvent être modelés de manière réversible. En effet, à haute température, ces polymères deviennent malléables et, lorsqu'il y a une baisse de température, ils redeviennent solides.(Chatain, 1998a). La fabrication des élastomères confère à ces plastiques la propriété d'être élastiques, c'est-à-dire qu'ils peuvent être étirés et se retrouver dans leur état initial après la relâchement. Les polymères thermoplastiques sont les plus courants, car ils représentent environ 90% des applications des polymères plastiques.(PlasticsEurope, 2015)

I.3 Microplastiques:

Les microplastiques (MP) sont définis comme des particules ayant des tailles comprises entre 0,1 et 5 000 micromètres (μm) dans leur plus grande dimension, conformément à la définition établie par la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).(Lusher et al., 2017a).

Les microplastiques (MP) sont caractérisés non seulement par leurs tailles, mais également par leurs formes et leurs couleurs. Les formes attribuées aux MP lors de leur identification sont souvent les cinq classes suivantes : fragments, fibres, sphères, GPF (ou Granules de Plastic Fragments) et mousses. (Lusher et al., 2017b).Néanmoins, il est à noter que ces caractérisations peuvent varier en fonction des études. Outre les tailles et les formes, les microplastiques (MP) peuvent également être classés en fonction de leurs sources dans l'environnement : primaires, qui proviennent directement de la production de plastiques, et secondaires, qui sont dérivés de la dégradation de plastiques déjà existants.

I.3.1 Les microplastiques primaires

Les microplastiques primaires trouvés dans les milieux aquatiques proviennent des usages domestiques et industriels (Figure 1). Dans le milieu domestique, les particules de plastiques (PE, PP ; Figure 1, a, c) sont utilisées comme agents exfoliants et ont remplacé les produits naturels présents dans les cosmétiques et les dentifrices (noyaux d'abricots, pierre ponce, diatomite). (Fendall et Sewell, 2009; Gregory, 1996).

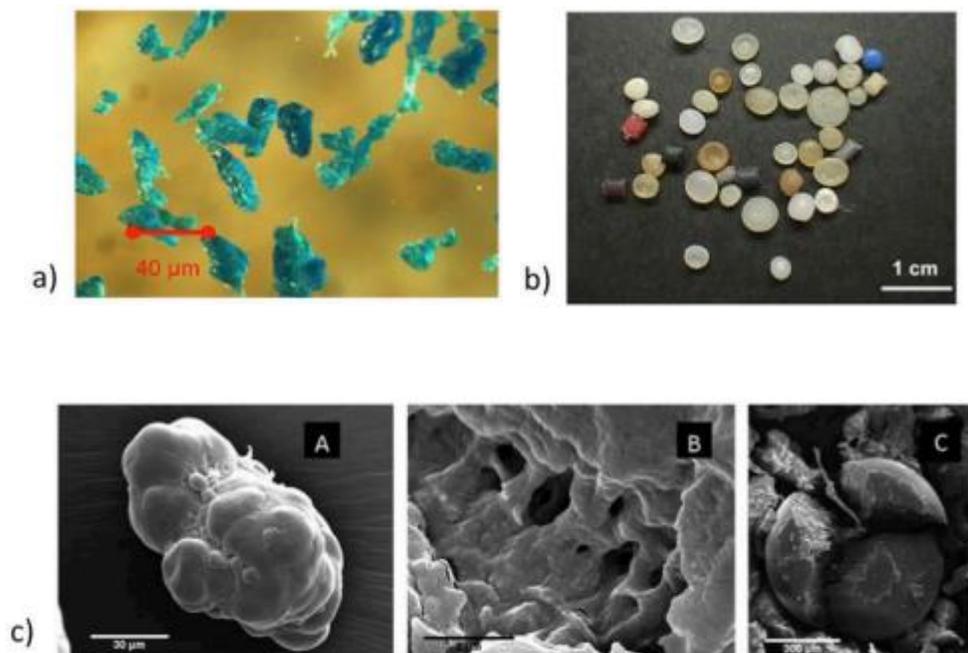


Figure 1: Microplastiques primaires : a) microplastiques extraits d'un dentifrice ; b) granulés de pré-production industriels (GPI) ; c) microplastiques issus d'un exfoliant analysés en microscopie électronique à balayage (UNEP, 2016b).

I.3.2 Les microplastiques secondaires

Les microplastiques secondaires retrouvés dans les milieux aquatiques sont issus de la fragmentation et de la dégradation des macro-plastiques déjà présents comme déchets dans l'environnement. La dégradation des polymères se traduit par l'altération de leurs propriétés ou de leur structure moléculaire, ce qui peut entraîner une fragmentation. À contrario, la minéralisation est une dégradation complète des polymères due à la destruction des chaînes carbonées, entraînant leur conversion en petites molécules de dioxyde de carbone ou de méthane. Il est important de noter que très peu de plastiques peuvent être minéralisés dans l'environnement aquatique, les principaux exemples étant certains biopolymères et les polyesters aliphatiques.(GESAMP, 2015). La fragmentation des polymères intervient suite à une fragilisation de leur intégrité structurale, ce qui génère des particules de taille plus petite, notamment des microplastiques (Figure 2).(Browne *et al.*, 2007; Weinstein *et al.*, 2016). La fragmentation est dépendante de la nature des particules et de leur degré de cristallinité. Ce dernier est responsable du nombre et de la surface des pores dans les

polymères, ce qui affecte leur stabilité en modifiant leurs propriétés physiques et leur perméabilité à l'eau.(Lambert et Wagner, 2016)



Figure 2: Microplastiques flottants collectés en rade de Brest(Frère,2017)

II. Caractérisation microplastique

II.1 Caractérisation visuelle

La caractérisation visuelle est une méthode peu coûteuse pour analyser les particules de plastique dans des échantillons environnementaux. Cette méthode permet de déterminer les propriétés physiques des particules, notamment leur taille et leur forme. Les particules de microplastique (μPs) sont généralement divisées en six gammes de tailles, allant d'un diamètre inférieur à $50\ \mu\text{m}$ à plus grand que $1000\ \mu\text{m}$. Les μPs avec un diamètre supérieur à $500\ \mu\text{m}$ peuvent être analysées à l'aide de la microscopie optique ou à l'œil nu, en raison de leurs formes distinctes, de leurs couleurs différentes et de la différence de transmission de la lumière entre les particules de plastique et non plastiques.(Song et al., 2015).Le nombre de particules de microplastique (μP) peut être calculé en utilisant la microscopie à lumière polarisée en superposant des images à différentes hauteurs. Cependant, la microscopie conventionnelle a une limitation de diffraction d'environ $200\ \text{nm}$, ce qui signifie qu'elle ne peut pas identifier les particules plus petites que cela.(Betzig et al., 2006; Sierra et al., 2020). La microscopie électronique à balayage (MEB) est un outil d'investigation visuelle pour évaluer les échantillons contenant du microplastique (μP). Elle fournit des images à haute résolution des μP , permettant de distinguer les particules de plastique de la matière organique. De plus, la MEB peut être couplée avec la spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie pour déterminer la composition en éléments des μPs . Cependant, la MEB a des limitations telles que son

coût élevé, la préparation compliquée et chronophage des échantillons.(Shim et al., 2017; Silva et al., 2018).

La microscopie à fluorescence est une autre méthode d'analyse visuelle pour détecter les particules de microplastique (μP). Elle utilise des colorants fluorescents qui se lient à la surface des μP , leur conférant des propriétés de fluorescence. Les images obtenues peuvent être utilisées pour identifier et quantifier les particules de μP (ou de diamètre plus petit) dans des échantillons goudronnés. (Qiu et al., 2015)

Les particules de microplastique (μP) peuvent être différenciées d'autres particules en utilisant une combinaison de techniques. La coloration fluorescente permet de lier des colorants fluorescents à la surface des μP . Ensuite, une technique de séparation basée sur la densité peut être utilisée pour obtenir des fractions de particules de différentes tailles. Enfin, la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) peut être utilisée pour analyser les compositions chimiques des particules séparées, ce qui permet de les identifier et de les caractériser précisément. (Erni-Cassola et al., 2017; Nguyen et al., 2019).

II.2Caractérisation di-électrophorétique

La di-électrophorèse est une méthode qui permet d'étudier la composition chimique des microplastiques (μPs) en fonction de leur signature électronique unique. Les μPs ont des propriétés distinctes en termes de polarisabilité, qui permettent de les séparer et de les caractériser. La diélectrophorèse à courant alternatif (CA) utilise un champ électrique oscillant pour créer des forces sur les particules en fonction de leur polarisabilité. La fréquence du champ électrique est réglée pour séparer les particules en fonction de leurs propriétés diélectriques. Cette méthode permet de caractériser précisément les μPs et de les différencier les uns des autres en fonction de leurs propriétés uniques..(Zhao et al., 2022)..

III.Dégradation des plastique en milieu marin :

Les microplastiques (μPs) et les nanoplastiques sont des déchets plastiques fragmentés qui peuvent être dégradés par des processus environnementaux et des facteurs variés. Ces processus peuvent être divisés en deux voies distinctes : les voies abiotiques et biotiques. Les voies abiotiques impliquent la dégradation du μPs à travers des processus physico-chimiques, tels que la photodégradation, l'oxydation, la hydrolyse, etc., qui sont influencés par des facteurs tels que la lumière, la température et la présence d'oxygène. Les voies biotiques impliquent la dégradation du μPs par

des organismes vivants, tels que les bactéries, les champignons, les vers de terre, etc., qui peuvent utiliser le μ Ps comme source de nourriture ou de carbone, entraînant une dégradation plus rapide du μ Ps.(Priya et al., 2022).

III.1 Voie de dégradation abiotique

Les mécanismes de dégradation abiotique comprennent

- (i) forces mécaniques responsables de la dégradation physique des déchets plastiques,
- (ii) effet de la température (c'est-à-dire dégradation thermique),
- (iii) dégradation chimique
- (iv) procédure de dégradation du rayonnement infrarouge léger (entraînant une photodégradation)..(Pourebrahimi. et al.,2022)

1.1. Dégradation mécanique

Le terme "dégradation mécanique" décrit la dégradation des plastics due à l'impact de stimuli externes tels que le vent, les vagues ou la physique usure normale (Zhang et al., 2021)..

1.2. Dégradation thermique

La décomposition thermo-oxydante des déchets plastiques est causée par l'exposition à des températures élevées. Lorsque les déchets plastiques absorbent de la chaleur, la chaîne polymère se dégrade, générant des radicaux réactifs. Ces radicaux réagissent avec l'oxygène pour former de l'hydroperoxyde, qui se décompose en radicaux libres, tels que des radicaux hydroxyle et des radicaux alcoxy. Ces radicaux libres participent à des réactions chimiques, entraînant une dégradation plus rapide du plastique..(Zhang et al., 2021).

1.3. Dégradation chimique

Les environnements atmosphériques et marins contiennent des composés chimiques et des impuretés qui peuvent influencer la dégradation des déchets plastiques. Selon des études (Lin et al., 2022), Les facteurs météorologiques et environnementaux, tels que l'ozone (O₃), le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde de nickel-trogène (NO₂) et les composés organiques volatils (COV), peuvent décomposer les plastiques ou favoriser la formation de radicaux par des réactions photochimiques. L'interaction entre les rayons UV et les contaminants environnementaux peut

stimuler la formation d'O₃, qui peut rompre les liaisons C=C dans les polymères plastiques, contribuant ainsi à la décomposition du plastique. De plus, l'acidité ou la basicité de l'eau dans les eaux maritimes peut également favoriser la dégradation de polymères tels que les polyamides.(Wang *et al.*, 2021).

1.4. Photo dégradation

Les rayonnements ultraviolets (UV) du soleil, composés de UVB et UVA, provoquent la photo-dégradation des plastiques. Ce processus est similaire à la dégradation thermique, impliquant la formation de radicaux libres et l'oxydation des polymères plastiques, ce qui entraîne la décomposition des plastiques. La chimie des microparticules (μPs) joue un rôle important dans l'apparition et l'efficacité de la photo-dégradation des plastiques. (*Pourebrahimi.S et al,2023*)

III.2 Voie de dégradation biotique

Les déchets plastiques se décomposent dans l'écosystème marin grâce à la décomposition microbienne. Cependant, les macroplastiques (c'est-à-dire les plastiques plus gros) ne sont pas faciles à dégrader car les enzymes produites par les microorganismes sont insuffisantes pour les dégrader, ou car ils ne sont pas facilement accessibles pour les cellules microbiennes. (Jadaun *et al.*,2022).Les plastiques à base de polymères doivent être décomposés en morceaux plus petits (par exemple, des monomères) avant que les agents biologiques (comme les bactéries, les champignons et les algues) ne puissent les dégrader et les minéraliser..(*Pourebrahimi.S et al,2022*) Les plastiques, étant des polymères, ont des molécules trop grandes pour être capturées par les cellules microbiennes. Pour être biodégradés, ils doivent d'abord être dépolymérisés en morceaux plus petits. Les déchets plastiques décomposés par des processus abiotiques deviennent alors de taille appropriée pour être dégradés par les micro-organismes (bactéries, champignons et algues) présents dans l'environnement maritime. (Debroy *et al.*, 2022)

IV.Mécanisme de transport des plastiques

Le principal moyen de transport des déchets marins est la circulation, les déchets marins sont transportés par trois principaux éléments : les cours d'eau, les sédiments, le vent et les courants marins.(Galgani, 2010).

IV.1. Les cours d'eau

Ils sont le principal moyen de transport des déchets de l'intérieur des terres vers la côte. Ils recueillent à la fois des déchets naturels et des déchets issus des agglomérations amont ou des décharges sauvages proches des berges. Les embouchures sont influencées par l'intensité du courant, ce qui entraîne un transport très au large. Dans les fleuves à fort débit, les courants hyperpycniaux (denses) ou de turbidité peuvent entraîner des cascades et des transports en profondeur. Il est également important de prendre en compte la pluviosité en raison des crues qui engendrent des débris et parfois des débordements de certains réseaux d'assainissement. (Oudina et al.,2018)

IV.2. Les courants marins

Les courants de surface des océans sont principalement contrôlés par les forçages hydrodynamiques, ce qui entraîne un transport de surface. La turbulence de la couche de surface (vent, houle, hydrodynamique, tempêtes) est un des processus physiques environnementaux qui ont un impact sur la distribution verticale des microplastiques. Il est possible que cela entraîne un mélange de la couche d'eau, ce qui entraîne une répartition verticale des microplastiques de surface dans les premiers mètres de la colonne d'eau à court terme.(Enders et al., 2015).

IV.3. Le vent

Dans la nature, le vent transporte des déchets légers provenant de décharges sauvages, de poubelles éventrées, d'activités industrielles et agricoles, vers les rivières et la mer. Il est plus complexe d'établir le rôle du vent dans la circulation des déchets en mer. Effectivement, tous les déchets sont différents en termes de vulnérabilité à ce facteur. On constate, par exemple, que le polystyrène est plus sensible à cela qu'un ensemble de cordes. Par ailleurs, la question de l'évaluation du résultat de l'interaction entre le vent et le courant. Cependant, selon des recherches, la direction du vent permet de mieux prédire la dérive des objets flottants que l'analyse des courants.(Oudina et al.,2018)

IV.4. Les roches sédimentaires

La principale voie de transport des microplastiques vers les sédiments d'eau profonde est l'agrégation des microplastiques avec la matière organique. Les roches sédimentaires Ils seraient donc un important réservoir pour les microplastiques (Law et al., 2010 ; Moret-Ferguson et al., 2010 ; Van Cauwenberghe et al., 2013).

V Devenir des microplastiques dans l'environnement

La figure 03, indique le devenir et les effets environnementaux des particules de plastique (microplastiques et macroplastiques) après leur déversement dans le milieu aquatique

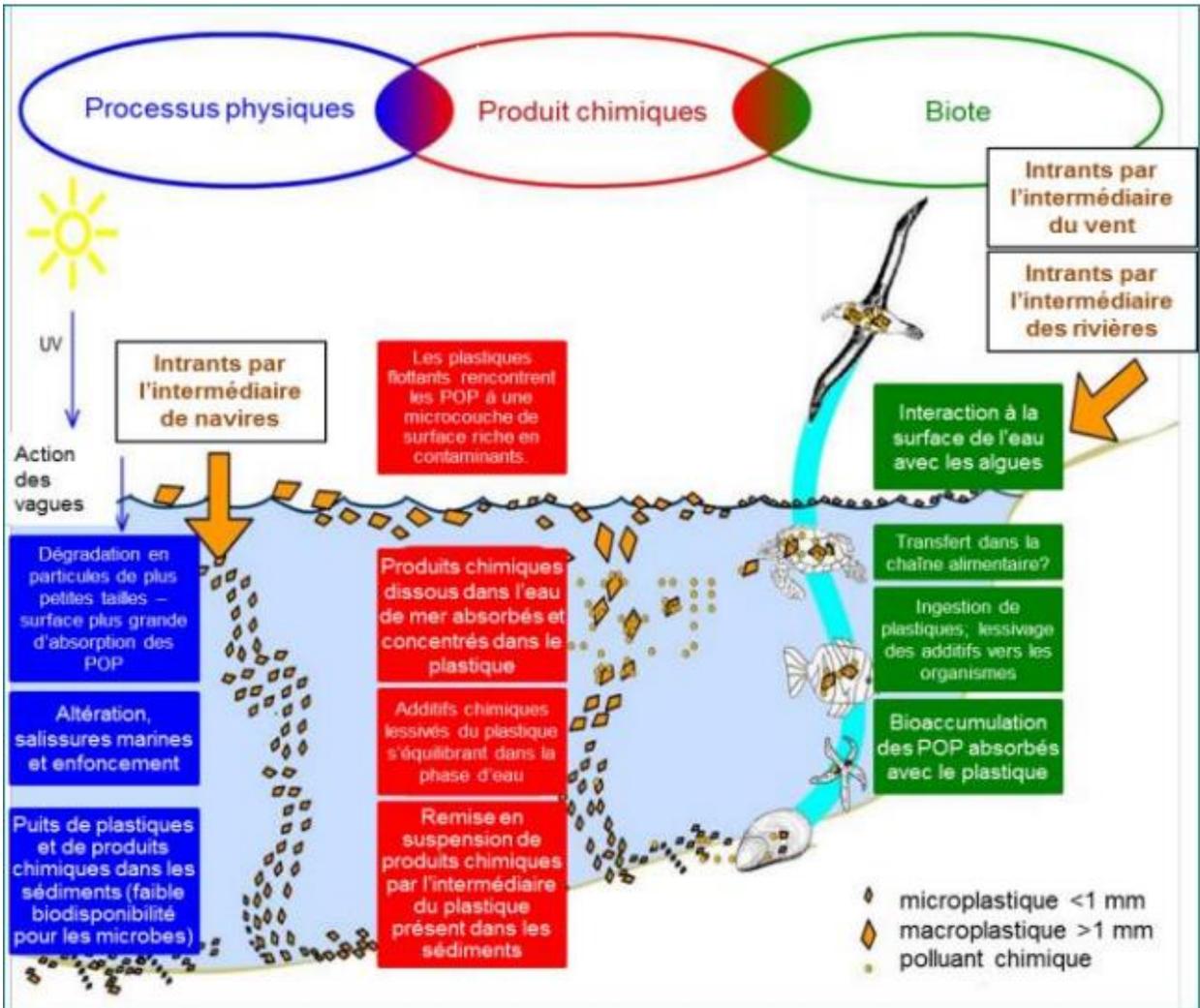


Figure 3 : Sort et effets environnementaux des particules de plastique après leur déversement dans le milieu aquatique (Leslie, 2014)

Chapitre II :Pollution des Microplastiques

I. Distribution des microplastiques

I.1. Dans les océans

La présence des microplastiques est observée dans tous les océans, même les zones polaires (Obbard et al., 2014). Sur les 141 échantillons d'eau marine prélevés en surface dans plusieurs océans, 88 % contiennent des microplastiques, avec des concentrations variant largement à 4 ordres de grandeur, (Chua et al., 2014). Le temps de dégradation de la plupart des plastiques dans les océans étant de plus de 100 ans, des zones d'accumulation se créent, appelées gyres océaniques (Moore et al., 2001 ; Eriksen et al., 2013). Les microplastiques sont principalement accumulés dans cinq grands gyres, dont le plus important est celui de l'océan Pacifique Nord, également appelé « 7ème continent » (Eriksen et al., 2013).

I.2-Dans les différents compartiments du milieu marin

On peut observer des microplastiques dans différents environnements tels que la colonne d'eau, les sédiments, les plages du monde entier et le biote. Il est courant que les particules plastiques de faible densité flottent à la surface de la mer ou dans la colonne d'eau, tandis que les microplastiques ayant une densité supérieure à 1,02 g/cm³ vont s'écraser et s'accumuler dans les sédiments. Toutefois, en raison de l'altération de la densité causée par le biofouling, même les plastiques de faible densité peuvent pénétrer dans les eaux marines. , des microplastiques de types similaires ont été observés dans la colonne d'eau et dans les sédiments ((Thompson et al., 2004 ; Andrady, 2011 ; Zettler et al., 2013)

I.2.1. Dans la mer méditerranée

En moyenne, la mer Méditerranée présente les densités de plastiques les plus élevées au monde. En raison de sa situation semi-fermée et de son taux de renouvellement des eaux de 90 ans seulement par le détroit de Gibraltar et les courants marins (très faibles), la mer Méditerranée est particulièrement vulnérable à ce type de pollution (Millot et Taupier Letage, 2005). le développement de la population et de l'industrie entraînera une augmentation de 8% dans les 30 prochaines années (Lebreton et al., 2012)

II. Impact des microplastiques sur la biodiversité marine

Les prévisions de mortalité des organismes marins ne sont pas exactes et doivent être prises avec prudence, car l'évaluation des mortalités directes liées aux déchets est difficile à étudier. Effectivement, ces recherches portent principalement sur les animaux décédés échoués à la côte et détectés avant leur décomposition. Les animaux morts en mer ne sont pas pris en compte. L'enchevêtrement peut être un facteur de mortalité important pour certaines espèces telles que les mammifères marins, les tortues, certains invertébrés (poules, méduses) et les oiseaux. Les filets "pêche fantômes" perdus ou abandonnés peuvent également être une source d'étranglement(Galgani et al., 2010).

Les microplastiques sont ingérés par des animaux marins benthiques et pélagiques, avec des stratégies d'alimentation différentes et des niveaux trophiques variés.

les microplastiques sont présents dans les tissus des organismes ainsi que dans les fèces. Ils peuvent être conservés dans les tissus et excrétés par les organismes.(Van Cauwenberghe et al. (2015),



Figure 4:pollution marine par le plastique (Nakagawa, (2021))

Chapitre III:

Cadre juridique

III.1.La convention MARPOL et l'Algérie

L'instrument essentiel pour la préservation de l'environnement marin est la Convention MARPOL (Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires). L'Algérie, quant à elle, a signé le Protocole de coopération pour la prévention de la pollution par les navires et la lutte contre la pollution de la mer Méditerranée. Le gouvernement algérien a toujours été engagé dans la mise en œuvre de la Convention de Barcelone et de ses protocoles, en adoptant des plans nationaux d'urgence et en ratifiant les Annexes I, II, III, IV et V de la Convention MARPOL.

En outre, l'Algérie participe au plan d'urgence sous-régional entre l'Algérie, le Maroc et la Tunisie visant à se préparer à la lutte contre la pollution marine accidentelle dans la région du Sud-Ouest de la Méditerranée. Le rôle essentiel de l'Algérie dans la prévention et la lutte contre la pollution marine par les navires est mis en évidence à travers cette participation, tant au niveau sous-régional, régional qu'international. (Milieu Marin France,2020)

En bref, l'Algérie a mis en place des actions concrètes en ratifiant des protocoles et en participant à des initiatives régionales visant à combattre la pollution marine, témoignant ainsi de son engagement envers la préservation de l'environnement marin en accord avec les dispositions de la Convention MARPOL. (Milieu Marin France,2020)

III.2 Convention Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée

La Convention de Barcelone est un outil essentiel pour protéger la biodiversité côtière et marine en Méditerranée, en application de la Convention sur la Diversité Biologique de 1992. La Convention pour la Protection du Milieu Marin et du Littoral de la Méditerranée, entrée en vigueur en France en 2004, est une version modifiée de la Convention de Barcelone initialement adoptée en 1976. Elle compte 22 parties contractantes: Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Chypre, Croatie, Égypte, Espagne, France, Grèce, Palestine, Italie, Liban, Libye, Malte, Maroc, Monaco, Monténégro, Slovénie, Syrie, Tunisie, Turquie (Milieu Marin France,2020)

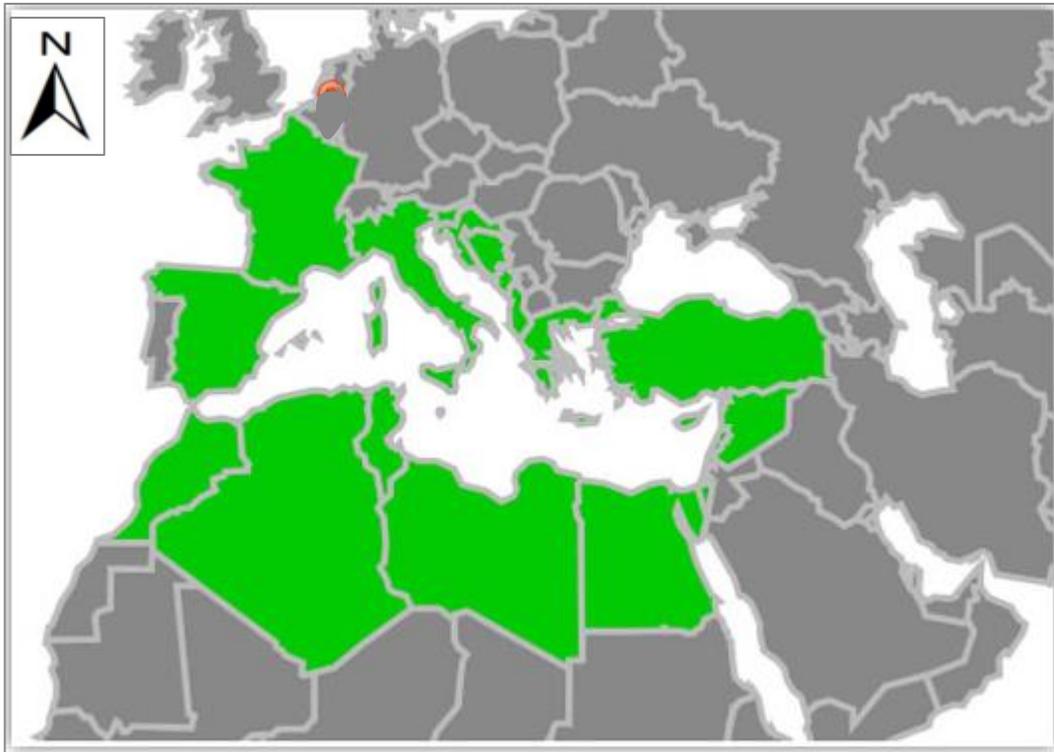


Figure 5: Les 22 signataires de la convention pour la Protection du Milieu Marin et du Littoral de la Méditerranée (Milieu Marin France,2020)modifier

À partir de 1976, le mandat et l'objet de la convention ont peu à peu évolué. La convention et ses protocoles supplémentaires, initialement axés sur la lutte contre la pollution, intègrent désormais la planification et la gestion intégrée des zones côtières. Elle s'applique aussi à la promotion du développement durable et à la préservation et à l'amélioration de l'environnement marin.

La convention concerne les eaux maritimes et les golfes de la Méditerranée, avec pour limite occidentale le méridien par le phare du cap Spartel (entrée du détroit de Gibraltar) et pour limite orientale le détroit des Dardanelles. La France est confrontée à la difficulté de concilier les obligations découlant de cette convention avec les directives européennes comme la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). (Milieu Marin France,2020)

Chapitre IV:

Matériel et méthodes

IV.1-Matériel d'échantillonnage

Actuellement, il n'existe pas de protocole commun uniforme pour l'échantillonnage et le mesurage des échantillons, ce qui nous permet de relier les données à différentes sources, ce qui nous permet de mesurer la quantité totale et de mesurer l'impact précis de l'écoulement des produits plastiques.

IV1.1 Montage du filet Manta

L'outil le plus couramment employé dans les recherches sur le microplastique.

Avec un maillage de 300 μm et une largeur de 60 cm pour une hauteur de 20 cm. Le filet se déplace à la surface de l'eau et est stabilisé par deux flotteurs de chaque côté.

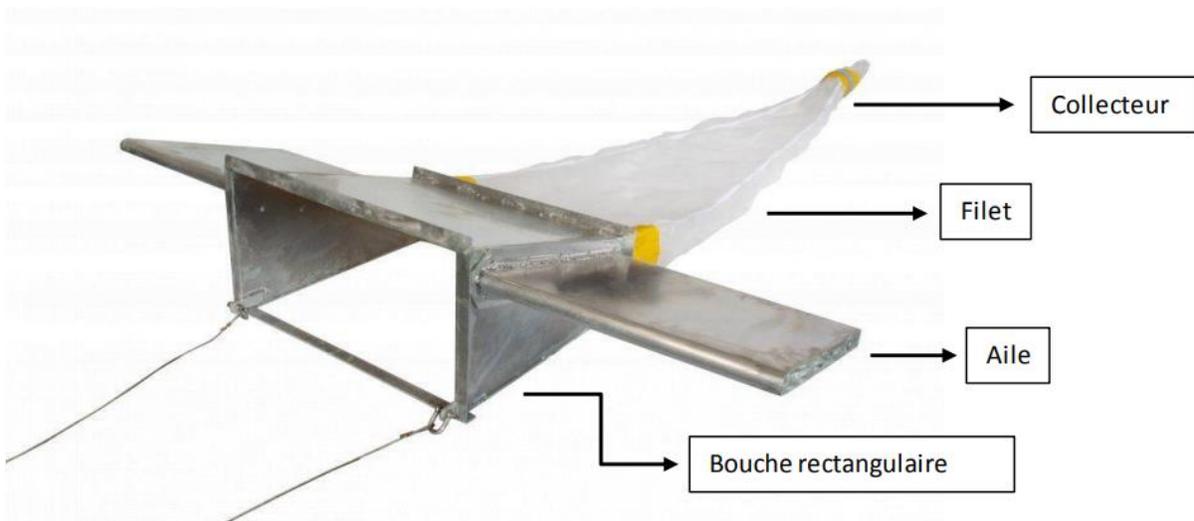


Figure 6: Photographie montrant un chalut Manta (Setiti et al ,2022)

IV.2. Méthode d'échantillonnage

IV.2.1 Protocole d'échantillonnage en mer

Ce protocole a été adapté de l'Institut national de la chimie Slovénie pour répondre aux besoins spécifiques du terrain et du matériel. Il est recommandé de déployer le filet Manta en dehors de la zone de sillage pour éviter la collecte d'eau. Le bateau doit se déplacer à 2-3 nœuds pendant 30 minutes, puis s'arrêter pour enregistrer les coordonnées GPS et la

vitesse moyenne. Le filet Manta doit être soulevé sur l'eau et retiré pour concentrer les particules. Enfin, il est nécessaire de tirer le filet Manta pour concentrer toutes les particules adhérees.

Il est important de retirer en sécurité la fin de la morue et de tamiser l'échantillon avec un tamis à maille de 300 µm ou moins. Le tamis doit être rincé à fond avec 70% de formol et fermé avec un nom et une date d'échantillon. L'échantillonnage devrait être réalisé avec une vitesse du vent inférieure à 2 Beaufort pour éviter que le filet ne soit instable sur la mer. Il est également préférable d'immerger la moitié de l'ouverture du filet Manta et de ne pas utiliser d'outils et de contenants en plastique. Il est important de veiller à ne pas causer de dommages au filet Manta ou à la coque du bateau. (Setiti et al ,2022)

Ce même protocole a été déployé dans les 2 zones littorales de Annaba et de Ain Temouchent il faut souligner que notre travail fait partie d'un projet commun entre un doctorant et deux étudiantes de mester en science de la mer

La partie « travail au laboratoire » a été effectuée par ensemble du groupe sans distribution de zone et d'échantillon

IV.3 Material et Méthodes de tri au laboratoire

IV.3.1 Material au laboratoire :

- Tamis 5mm
- Tamis300 µm
- Cristallisoirs
- L'entonnoir en verre (60mm)
- Boite pétrie en verre (100mm)
- Boite pétrie en verre (60 mm)
- Les pince à bout pointue
- La loupe binoculaire
- Becher (500mm)
- Plaque chauffante (370°)
- Verre de montre

- Balance électronique de précision échelle numérique
- Agitateur magnétique chauffant
- Barre d'agitation magnétique
- Micropipette (20ml)
- Mortier
- papier aluminium
- Cuillère en métal
- Flacon Perfusion en verre blanc (250 ml)
- Ampoule a décanter en verre forme conique avec robinet téflon (250ml)
- Statives électriques de Laboratoire
- Solution de fer (Fe^{+2})
- Préparé en ajoutant de FeSO_4° et d'acide sulfurique concentré
- 30 % de peroxyde d'hydrogène
- NaCl
- Eau distillée
- Ethanol
- Cotton
- Fiche de recueil

IV.3.2 protocole au laboratoire :

- Nous plaçons l'échantillon dans un bécher et nous ajoutons une solution Fe^{+2} pour obtenir un solution aqueuse (figure 07)
- Nous allons ajouter du peroxyde d'hydrogène au bécher.

- Le mélange doit être laissé reposer sur un banc de laboratoire à température ambiante pendant quelques minutes avant de passer à l'étape suivante.



Figure 7: le solutions laissé reposer

- Nous allons ajouter une barre d'agitation au bécher et le couvrant d'une lame de verre.
- Nous portons le mélange à chauffer jusqu'à apparition de gaz (figure 8).



- Si des matières organiques naturelles sont présentes, nous allons ajouter du peroxyde
- Figure 8:** le mélange à une température chaude

d'hydrogène supplémentaire pour augmenter la concentration.

- Nous allons répéter l'opération jusqu'à ce que plus aucune matière organique naturelle ne soit présente.
- Nous allons ajouter une petite quantité de sel (NaCl) à l'échantillon pour augmenter sa densité. Ensuite, nous allons chauffer le mélange jusqu'à ce que le sel se dissout.(figure 09)



Figure 9: Nous pesons le sel selon la solution

- Après cette phase, nous allons rincer les solvants avec de l'eau distillée et puis rincer le reste avec de l'eau distillée.
- Nous allons couvrir les ampoules à décanter avec du papier d'aluminium. Et laisser reposer pendant la nuit.(figure 10)

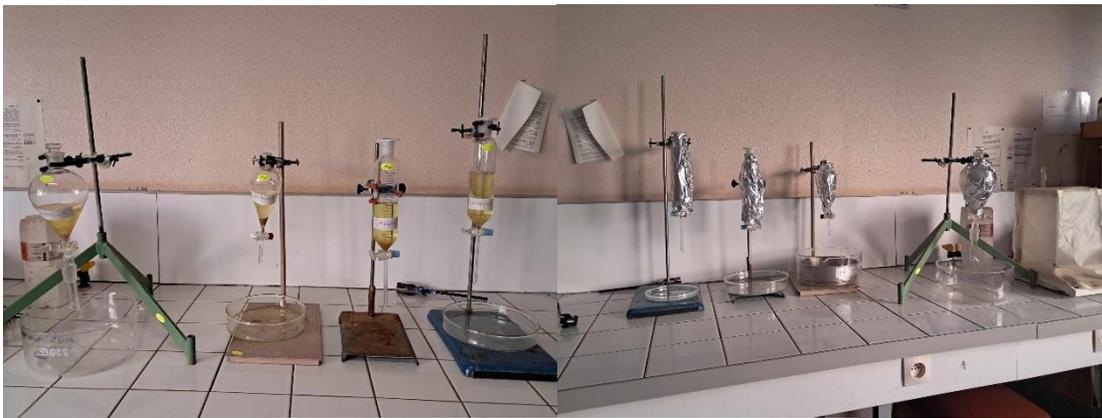


Figure 10: les solides pendant la nuit dans les ampoules à décanter

- Nous allons ouvrir les bouchons des ampoules à décanter en verre et laisser le solvant se déverser sur un filtre (300 μm) et aider à retirer l'eau distillée.(figure 11)



Figure 11:filtration de solution

- Nous allons mettre le microplastique dans boîte de pitri en verre blanc. (figure12)



Figure 12:microplastiques filtrés

- Nous procédons au comptage de microplastique(figure13).



Figure 13:le comptage des microplastiques

Les données recueillies après avoir procédé au comptage permettant d'appliquer des tests statistiques afin de pouvoir interpréter nos résultats

IV.4 L'ANOVA

(analyse de la variance) compare les moyennes de plusieurs groupes pour déterminer si des différences significatives existent. Elle nécessite que les observations soient indépendantes, que les résidus suivent une distribution normale et que les variances soient homogènes. Les résultats sont interprétés à l'aide d'une p-value : si elle est inférieure à 0,05, on rejette l'hypothèse nulle.

Chapitre V :

Résultats et Discussion

Les microplastiques représentent un problème environnemental croissant menaçant les écosystèmes marins. Les inquiétudes concernant l'impact de ces matériaux sur la vie marine et la santé publique sont en augmentation. Cette étude vise à comparer les types et la quantité de microplastiques dans deux régions côtières différentes : Annaba (AN) et Ain Temouchent (AT)

Des échantillons de microplastiques ont été collectés à partir de plusieurs sites à Annaba (S1', S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9) et à Ain Temouchent (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8). Les différents types ont été analysés et leurs quantités mesurées à l'aide de techniques statistiques appropriées, y compris l'ANOVA à mesures répétées.

Tableau 1: Effets entre les sujets(ANOVA)

Cas	Somme des carrés	df	Moyenne Carré	F	p
Région	17130.756	1	17130.756	3,301	0,088
Résidus	83044.050	16	5190.253		

V.1 Différence entre les deux régions :

Les analyses ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative dans la quantité totale de microplastiques entre Annaba et Ain Temouchent

V.2 Types de microplastiques et différences par région

Les résultats montrent que certains types de microplastiques sont significativement plus abondants à Annaba, probablement en raison de l'apport de l'oued (station 11) près de cette région :

Tableau 2: Types de microplastiques à Annaba et à Ain Temouchent

RM Facteur 1	Région	N	Moyenne	SD	SE	Coefficient de variation
Fragment	AN	10	23.600	32.222	10.190	1.365
	AT	8	4.250	4.367	1.544	1.028
Granulés/pellets	AN	10	7.000	14.915	4.716	2.131
	AT	8	0.000	0.000	0.000	NaN
Microbilles	AN	10	9.200	16.457	5.204	1.789
	AT	8	1.000	1.604	0.567	1.604
Fil de pêche	AN	10	62.900	86.025	27.204	1.368
	AT	8	8.750	14.955	5.287	1.709
Fibre	AN	10	132.800	111.062	35.121	0.836
	AT	8	47.750	24.182	8.550	0.506
Film fin transparent	AN	10	19.300	33.586	10.621	1.740
	AT	8	23.000	26.132	9.239	1.136
Mousse	AN	10	28.800	47.581	15.046	1.652
	AT	8	23.125	23.943	8.465	1.035
Autres	AN	10	0.000	0.000	0.000	NaN
	AT	8	0.125	0.354	0.125	2.828

Fragments de plastique :

Annaba (AN) : moyenne de 23.6 ± 32.22

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 4.25 ± 4.37

Différence entre AN et AT : significative à $p = 0.053$.

Granulés/Pellets :

Annaba (AN) : moyenne de 7.0 ± 14.91

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 0.0 ± 0.0

Différence entre AN et AT : significative à $p = 0.036$.

Microbilles :

Annaba (AN) : moyenne de 9.2 ± 16.46

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 1.0 ± 1.60

Différence entre AN et AT : significative à $p = 0.016$.

Fils de pêche :

Annaba (AN) : moyenne de 62.9 ± 86.03

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 8.75 ± 14.96

Différence entre AN et AT : significative à $p = 0.023$.

Fibres :

Annaba (AN) : moyenne de 132.8 ± 111.06

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 47.75 ± 24.18

Différence entre AN et AT : significative à $p = 0.022$.

Film fin transparent :

Annaba (AN) : moyenne de 19.3 ± 33.59

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 23.0 ± 26.13

Différence entre AN et AT : non significative ($p = 0.556$).

Mousse :

Annaba (AN) : moyenne de 28.8 ± 47.58

Ain Temouchent (AT) : moyenne de 23.13 ± 23.94

Différence entre AN et AT : non significative ($p = 0.167$).

V.3 Interaction entre le type de microplastique et la région :

L'interaction entre le type de microplastique et la région est significative ($F = 3.173$, $p = 0.004$), ce qui indique que la distribution des différents types de microplastiques dépend de la région, et probablement influencée par des facteurs locaux comme l'oued près de Annaba.

V.4 Conclusion

Les types de microplastiques, comme les fibres, fragments, granulés et fils de pêche, sont significativement plus abondants dans la région d'Annaba, probablement en raison de l'apport de l'oued (station 11).

Les p-values obtenues montrent des différences significatives pour plusieurs types de microplastiques entre les deux régions, avec des valeurs particulièrement marquées pour les fibres et les fils de pêche ($p = 0.022$ et $p = 0.023$, respectivement).

Cela renforce l'hypothèse que l'oued près de Annaba joue un rôle important dans la distribution des microplastiques dans cette région, contrairement à Ain Temouchent, où les apports de microplastiques semblent être plus faibles.

($F = 3.301$, $p = 0.088$), ce qui indique que les quantités peuvent être similaires, mais que la qualité des microplastiques varie.

Conclusion et perspectives

CONCLUSION

En conclusion, la gestion des déchets, notamment plastiques, représente un enjeu majeur pour l'environnement. La compréhension des différentes catégories de plastiques et des microplastiques, ainsi que leur origine et leur impact, est essentielle pour développer des stratégies efficaces de réduction et de recyclage. La lutte contre la pollution plastique nécessite une prise de conscience collective et des actions concertées pour minimiser les déchets ultimes et préserver notre écosystème.

la dégradation des microplastiques en milieu marin se produit par des processus abiotiques et biotiques, chacun jouant un rôle crucial dans le cycle de vie des déchets microplastiques. Les mécanismes abiotiques, tels que la photo-dégradation, la dégradation thermique et chimique, sont influencés par des facteurs environnementaux, tandis que la dégradation biotique repose sur l'action des micro-organismes qui nécessitent une réduction préalable des plastiques en particules plus petites. De plus, le transport des microplastiques dans les milieux marins est facilité par les courants d'eau, les courants marins et le vent, ce qui souligne l'importance d'une gestion proactive pour limiter la pollution microplastique. Une meilleure compréhension de ces processus est essentielle pour développer des stratégies efficaces de réduction et de traitement des déchets microplastiques dans nos océans.

la distribution des microplastiques dans les océans et les différents compartiments marins révèle l'ampleur de cette pollution, avec des concentrations élevées même dans des zones éloignées comme les pôles. Leur présence est particulièrement préoccupante dans des environnements vulnérables comme la mer Méditerranée, où la stagnation des eaux favorise l'accumulation de ces particules. Les impacts sur la biodiversité marine sont également alarmants, car les microplastiques sont ingérés par une variété d'organismes marins, affectant ainsi les chaînes alimentaires. Bien que les effets directs sur la mortalité soient difficiles à évaluer, l'enchevêtrement et l'ingestion des microplastiques soulignent la nécessité urgente de stratégies de gestion et de réduction des déchets microplastiques pour protéger les écosystèmes marins.

L'Algérie joue un rôle actif dans la protection de l'environnement marin, notamment à travers sa ratification de la Convention MARPOL et sa participation à la Convention de Barcelone. Ces engagements témoignent de sa volonté de lutter contre la pollution marine et de préserver la biodiversité méditerranéenne. En collaborant avec d'autres pays de la région, l'Algérie met en place

des actions concrètes pour répondre aux défis environnementaux, intégrant des stratégies de développement durable et de gestion des zones côtières. Ce cadre légal et coopératif est essentiel pour garantir la santé des écosystèmes marins et la pérennité des ressources en Méditerranée.

Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse des microplastiques décrites offrent un cadre rigoureux pour la collecte et l'étude des échantillons en milieu marin. L'utilisation du filet Manta, bien que standardisée, nécessite des précautions spécifiques pour garantir la fiabilité des données. Parallèlement, le protocole de laboratoire met en avant une série d'étapes précises pour traiter et analyser les échantillons, intégrant des techniques chimiques pour séparer les microplastiques des matières organiques.. En adoptant de telles méthodologies, nous pouvons espérer établir des bases de données solides pour informer les actions de préservation et de gestion de l'environnement marin. les résultats ont été les suivants :

L'étude révèle que les types de microplastiques, notamment les fibres et les fils de pêche, sont beaucoup plus présents dans la région d'Annaba, soulignant l'impact significatif de l'oued sur leur distribution. Les différences statistiques notables entre Annaba et Ain Temouchent indiquent que l'oued est un vecteur crucial de pollution plastique dans cette zone. Bien que les quantités de microplastiques puissent être similaires entre les deux régions, la variation dans leur qualité suggère des sources et des mécanismes de transport différents. Ces résultats appellent à une surveillance renforcée et à des actions ciblées pour atténuer la pollution plastique dans les zones les plus touchées.

Perspectives de l'Étude :

1. Importance de la Sensibilisation et de l'Éducation
2. Recherche et Développement
3. Stratégies de Gestion Proactive
4. Collaboration Régionale et Internationale
5. Analyse des Sources et des Types de Plastiques
6. Application de Méthodes Rigoureuses
7. Impact sur la Biodiversité Marine

Références bibliographiques

-A-

- Andradý A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 62, 1596- 1605.
- Aucher, G., Balbiani, P., Del Cerro, LF, & Herzig, A. (2009). Modificateurs de graphes globaux et locaux. *Notes électroniques en informatique théorique* , 231 , 293-307 .

-B-

- Barreau, C.2021 , Lutte contre la pollution microplastique de l'Océan: de l'action citoyenne à Lutte contre la pollution microplastique de l'Océan: de l'action citoyenne à l'élaboration des normes. *Cours de sciences naturelles de la Fondation Maison franco-japonaise*, 11.
- Betzig, E., Patterson, G.H., Sougrat, R., Lindwasser, O.W., Olenych, S., Bonifacino, J.S., Davidson, M.W., Lippincott-Schwartz, J., Hess, H.F., 2006. Imaging intracellular flu
- Browne, M.A., Galloway, T., Thompson, R., 2007. Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? *Integr. Environ. Assess. Manag.* 3, 559–561. doi:10.1002/ieam.5630030412

-C-

- Chua E.M., Shimeta J., Nugegoda D., Morrison P.D., Clarke B.O., 2014. Assimilation of Polybrominated Diphenyl Ethers from Microplastics by the Marine Amphipod, *Allorchestes Compressa*. *Environmental Science & Technology*. 48, 8127-8134.

-D-

- Debroy, A., George, N., Mukherjee, G., 2022. Role of biofilms in the degradation of microplastics in aquatic environments. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 97 (12), 3271–3282.

-E-

- Enders, K., Lenz, R., Stedmon, CA, & Nielsen, TG (2015). Abondance, taille et composition en polymères des microplastiques marins $\geq 10 \mu\text{m}$ dans l'océan Atlantique et leur distribution verticale modélisée. *Bulletin de pollution marine* , 100 (1), 70-81 .
- Eriksen M., Mason S., Wilson S., Box C., Zellers A., Edwards W., Farley H., Amato S., 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*. 77, 177-182.
- Eriksen M., Maximenko N., Thiel M., Cummins A., Lattin G., Wilson S., Hafner J., Zellers A., Rifman S., 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 68, 71–76. DOI : 10.1016/j.

- Erni-Cassola, G., Gibson, M.I., Thompson, R.C., Christie-Oleza, J.A., 2017. Lost, but found with Nile red: a novel method for detecting and quantifying small microplastics (1mm to 20 μ m) in environmental samples. *Environ. Sci. Technol.* 51 (23), 13641–13648.

-F-

- Fendall, LS et Sewell, MA (2009). Contribuer à la pollution marine en se lavant le visage : les microplastiques dans les nettoyants pour le visage. *Bulletin sur la pollution marine* , 58 (8), 1225-1228 .
- Frère, L., Paul-Pont, I., Rinnert, E., Petton, S., Jaffré, J., Bihannic, I., Soudant, P., Lambert, C., Huvet, A., 2017. Influence of environmental and anthropogenic factors on the composition, concentration and spatial distribution of microplastics: A case study of the Bay of Brest (Brittany, France). *Environ. Pollut.* 225, 211–222. doi:10.1016/j.envpol.2017.03.023

-G-

- Galgani F., 2010. Marine Strategy Framework Directive Task Team 10 Report Marine Litter.
- GESAMP, 2015. Microplastics in the ocean [WWW Document]. URL http://www.gesamp.org/data/gesamp/files/media/Publications/WG_40_Brochure_Microplastic_the_ocean/galgani
- Gregory, MR (1996). « Éponges » en plastique dans les nettoyants pour les mains : une autre source (et mineure) de pollution marine identifiée. *Bulletin de pollution marine* , 32 (12), 867-871 .

-H-

- Halima, T. (2018). Intégration du système de management environnemental en maintenance et modélisation de la relation «maintenance-environnement».
- Hartmann, NB, Huffer, T., Thompson, RC, Hasselov, M., Verschoor, A., Daugaard, AE, ... & Wagner, M. (2019). Parlons-nous la même langue ? Recommandations pour un cadre de définition et de catégorisation des débris plastiques .

-J-

- Jadaun, J.S., Bansal, S., Sonthalia, A., Rai, A.K., Singh, S.P., 2022. Biodegradation of plastics for sustainable environment. *Bioresour. Technol.* 347, 126697.

-K-

- Kershaw, PJ, & Rochman, CM (2015). Sources, devenir et effets des microplastiques dans le milieu marin : partie 2 d'une évaluation mondiale. Rapports et études-Groupe mixte OMI/FAO/Unesco-COI/OMM/AIEA/ONU/PNUe d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin (GESAMP) Eng No. 93 .
- Koelman, DL, Brouwer, MC et van de Beek, D. (2019). Cibler le système du complément dans la méningite bactérienne. *Cerveau* , 142 (11), 3325-3337.

-L-

- Lambert, S., Wagner, M., 2016. Formation of microscopic particles during the degradation of different polymers. *Chemosphere* 161, 510–517. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.07.042
- Law K.L., Moret-Ferguson S., Maximenko N.A., Proskurowski G., Peacock E.E., Hafner J., Reddy C.M., 2010. Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*. 329, 1185-1188.
- Leal Filho, W., Saari, U., Fedoruk, M., Iital, A., Moora, H., Klöga, M., & Voronova, V. (2019). Un aperçu des problèmes posés par les produits en plastique et le rôle de la responsabilité élargie des producteurs en Europe. *Journal of cleaner production* , 214 , 550-558 .
- Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Scénarios futurs de production et d'élimination des déchets plastiques à l'échelle mondiale. *Palgrave Communications* , 5 (1), 1-11 .
- Leslie H.A., 2014. Marine pollution by microplastic. *Science and Technology*. 13-14.
- Lin, Z., Jin, T., Zou, T., Xu, L., Xi, B., Xu, D., He, J., Xiong, L., Tang, C., Peng, J., 2022. Current progress on plastic/microplastic degradation: fact influences and mechanism. *Environ. Pollut.* 304, 119159.

-M-

- Moret-Ferguson S., Law K.L., Proskurowski, G., Murphy E.K., Peacock E.E., Reddy C.M., 2010. The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 1873–1878. doi : 10.1016/j.marpolbul.2010.07.020

-N-

- Nakagawa, A. (2021). Ocean Plastic: What You Need to Know. Retrieved December, 2, 2022.

-O-

- 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, K., Paquet, J., Moya, A., Massourides, E., Bensidhoum, M., Larochette, N., ... & Petite, H. (2018). Les effets paracrines des cellules souches pluripotentes induites humaines favorisent les structures osseuses via la régulation positive de l'expression de BMP dans un modèle ectopique de souris. *Scientific Reports* , 8 (1), 17106 .

-P-

- PlasticsEurope (2015). *Plastics - the Facts 2014/2015: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Brussels: PlasticsEurope.
- Pourebrahimi, S., 2022. Upcycling face mask wastes generated during COVID-19 into value-added engineering materials: a review. *Sci. Total Environ.* 851, 158396.

- Priya, K., Renjith, K., Joseph, C.J., Indu, M., Srinivas, R., Haddout, S., 2022. Fate, transport and degradation pathway of microplastics in aquatic environment—A critical review.

-Q-

- Qiu, Q., Peng, J., Yu, X., Chen, F., Wang, J., Dong, F., 2015. Occurrence of microplastics in the coastal marine environment: first observation on sediment of China. *Mar. Pollut. Bull.* 98 (1), 274–280.

-R-

- R VIEL G., 2013- Valorisation des coproduits marins : Perspectives et développement dans la valorisation des coproduits marins. Centre de recherche pour la biothechnologie marines, p3. ené, M. O. L. E. T. T. A. (2009). *Le traitement des Dechets*. Lavoisier.

-S-

- Setiti, S., Siahaan, L. V., & Martodiry, S. (2022). Determination of life background and academic integrity on academic cheating behavior (Case Study of Economic Education Student's, Faculty of Teacher Training and Education, Lambung Mangkurat University). *International Journal of Islamic Education, Research and Multiculturalism (IJIERM)*, 4(3), 279-293.
- Shim, W.J., Hong, S.H., Eo, S.E., 2017. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal. Methods* 9 (9), 1384–1391.
- Sierra, I., Chialanza, M.R., Faccio, R., Carrizo, D., Fornaro, L., Pérez-Parada, A., 2020. Identification of microplastics in wastewater samples by means of polarized light optical microscopy. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27 (7), 7409–7419.
- Silva, A.B., Bastos, A.S., Justino, C.I.L., da Costa, J.P., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T.A.P., 2018. Microplastics in the environment: challenges in analytical chemistry - A review. *Anal. Chim. Acta* 1017, 1–19.
- Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., Rani, M., Lee, J., Shim, W.J., 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Mar. Pollut. Bull.* 93 (1), 202–209.
- Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., Rani, M., Lee, J., Shim, W.J., 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *MarPollut. Bull.* 93 (1), 202–209.

-T-

- Thompson, RC, Olsen, Y., Mitchell, RP, Davis, A., Rowland, SJ, John, AW, ... & Russell, AE (2004). *Perdus en mer : où est tout le plastique ?*. *Science* , 304 (5672), 838-838 .

-U-

- UNEP, 2016b. Marine plastic debris and microplastics - global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.

-V-

- Van Cauwenberghe L., Vanreusel A., Mees, J., Janssen C.R., 2013. Microplastic pollution in deepsea sediments. Environ. Pollut. 182, 495–499. DOI : 10.1016/j.envpol.2013.08.013

-W-

- Weinstein, J.E., Crocker, B.K., Gray, A.D., 2016. From macroplastic to microplastic: Degradation of high density polyethylene, polypropylene, and polystyrene in a salt marsh habitat. Environ. Toxicol. Chem. n/a-n/a. doi:10.1002/etc.3432

-Z-

- Zettler, ER, Mincer, TJ et Amaral-Zettler, LA (2013). La vie dans la « plastisphère » : communautés microbiennes sur les débris marins en plastique. Environmental science & technology , 47 (13), 7137-7146 .
- Zhang, K., Hamidian, A.H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J.K., Wu, C., Lam, P.K., 2021. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: a review. Environ. Pollut. 274, 116554.
- Zhang, N., Ding, M., Yuan, Y., 2022. Current Advances in Biodegradation of Polyolefins. Microorganisms 10 (8), 1537.
- Zhou, G., Wu, Q., Tang, P., Chen, C., Cheng, X., Wei, X.F., Ma, J., Liu, B., 2023. How many microplastics do we ingest when using disposable drink cups? J. Hazard. Mater. 441, 129982.

Webography:

milieumarinfrance

www.joradp.dz

ملخص :

أما المواد البلاستيكية الدقيقة، فهي عبارة عن جزيئات يتراوح حجمها من 0.1 إلى 5000 ميكرومتر، والتي يمكن أن تكون أولية (نتيجة عن الإنتاج) أو ثانوية (نتيجة عن تحلل المواد البلاستيكية الموجودة). وتقارن هذه الدراسة كمياتها وأنواعها في منطقتين ساحليتين: عين تموشنت و عنابة. يتكون بروتوكول المختبر من إزالة المواد العضوية، ويمكن أن تؤدي إضافة كلوريد الصوديوم إلى زيادة كثافة العينة، كما يمكن لفرز المواد البلاستيكية الدقيقة وإحصاءها تحت عدسة مكبرة جمع البيانات الرقمية، على الرغم من عدم وجود فرق كبير في الكمية الإجمالية من المواد البلاستيكية الدقيقة بين المنطقتين، بعض الفئات، مثل الشظايا والحبيبات والحبيبات الدقيقة وخيوط الصيد والألياف، أكثر وفرة بشكل ملحوظ، ربما بسبب مساهمة وادي سيبوس.

الكلمات المفتاحية: البلاستيك الدقيق، التلوث، أنوفا، عنابة، عين تموشنت

Résumé :

Les microplastiques, quant à eux, sont des particules de 0,1 à 5 000 micromètres, pouvant être primaires (provenant de la production) ou secondaires (dérivant de la dégradation de plastiques existants). Cette étude compare leurs quantités et types dans 2 régions côtières : Ain Temouchent et Annaba. Le protocole de laboratoire consiste à éliminer les matières organiques. L'ajout de NaCl peut augmenter la densité de l'échantillon. Un tri et comptage des microplastiques sous loupe binoculaire, peuvent rassembler les données numériques afin de réaliser des analyses statistiques. Bien qu'il n'y ait pas de différence significative dans la quantité totale de microplastiques entre les deux régions, certaines catégories, comme les fragments, granulés, microbilles, fils de pêche et fibres, sont significativement plus abondantes à Annaba, probablement en raison de l'apport de l'oued Seybousse.

Les mot clés : microplastique, pollution, ANOVA, Annaba, Ain Temouchent

Abstract:

Microplastics, on the other hand, are particles from 0.1 to 5,000 micrometers, which can be primary (from production) or secondary (derived from the degradation of existing plastics). This study compares their quantities and types in 2 coastal regions: Ain Temouchent and Annaba. The laboratory protocol consists of eliminating organic matter. The addition of NaCl can increase the density of the sample. Sorting and counting microplastics under a binocular microscope can gather digital data in order to perform statistical analyses. Although there is no significant difference in the total quantity of microplastics between the two regions, some categories, such as fragments, granules, microbeads, fishing lines and fibers, are significantly more abundant in Annaba, probably due to the contribution of the Seybousse wadi.

Keywords: microplastic, pollution, ANOVA, Annaba, Ain Temouchent