

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت - 1955 سكيكدة



Faculté des Sciences Département Ecologie et Environnement
Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master
Filière: Ecologie et Environnement
Spécialité: Ecologie des milieux naturels

Intitulé :

**Etude des impacts environnementaux et sanitaires
des déchets plastiques sur les eaux marines côtières
de Skikda (Approche comparative de trois sites)**

Présenté par :

- ◆ Mlle Khobaiza Hadil
- ◆ M Rezzegui Mahieddine

Membre de Jury :

Présidente :	Dr.Rouidi S.	(MCA)	Université 1955. Skikda
Examinatrice:	Mme.Ferroum A.	(MAA)	Université 1955. Skikda
Promotrice :	Dr.Boubryem A.	(MCB)	Université 1955. Skikda

Année universitaire 2024-2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements



*Ces quelques lignes nous permettrons de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel, sans leurs aides, ce travail n'aurait pas pu aboutir à sa fin. Nous tenons tout d'abord à remercier notre Encadreur, Docteur **BOUBRYEM AMIRA**, qui a dirigé ce travail, ça ne sera jamais suffisant pour lui exprimer Notre grande reconnaissance pour la confiance qu'il nous a accordé pour faire avancer ce travail, pour sa patience, sa gentillesse et son esprit responsable, critique et rigoureux. Nous tenons à remercier Docteur **ROUIDI SONIA** pour avoir accepté de présider le Jury de notre mémoire. Nous remercions vivement Docteur **FERROUM ASMA** de bien vouloir accepter de juger notre travail.*

Tient également à exprimer mes sincères remerciements à tous les membres du complexe PEHD de Skikda pour tous les conseils et orientations.

En fin un grand merci à toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



Dédicace



Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour accomplir ce travail.

Pour toutes les difficultés que vous avez rencontrées, je dédie simplement ce mémoire à... À ma chère **mère Nora**, la plus belle femme du monde, la source inépuisable de tendresse. Elle a été à mes côtés et n'a jamais cessé de m'encourager et de me pousser vers l'avant tout au long de ma vie.

Mon cher **père Abd el Hakim**, qui m'a toujours soutenu, la source de ma force pour tenir jusqu'au bout, l'homme qu'il a toujours été. Il me soutient et croit en moi. Sa chaleur paternelle m'a toujours été d'un grand réconfort. Je ne le remercierai jamais assez pour tout ce qu'il a fait pour moi.

Mes très chères sœurs, **Chaima**, qui m'a assistée dans les moments difficiles et m'a prise doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles. Je te suis très reconnaissante, et je ne te remercierai jamais assez pour ta capacité et ta générosité.

Ma douce sœur **Malek**, qui est la moitié de mon âme. Aucune description ne te convient. Merci beaucoup.

Mon frère **Yahia**, qui a toujours été là pour moi.

Et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à ce que ce projet soit possible et réalisable, je vous dis merci.

Hadil



Dédicace



Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné le courage et la patience nécessaires pour accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenu et accompagné tout au long de mon parcours académique et durant la réalisation de ce mémoire.

À mes chers parents, AbdelGhani et Amira Nadjoua, pour leur amour inconditionnel et leur soutien moral inestimable. C'est grâce à eux que j'ai pu accomplir cela. Je prie Dieu de vous protéger et d'élever votre rang.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon grand-père, qui m'a toujours soutenu pour que je réussisse.

À mon frère Abd El Rahmen et à ma sœur, Yousra, pour leur compréhension et encouragements.

À Dr. **Boubryem A**, pour sa supervision rigoureuse, ses conseils précieux et sa grande disponibilité tout au long de ce travail.

À Monsieur l'Inspecteur principal de l'environnement, **Medjbouri S**, pour ses orientations techniques et son soutien sur le terrain.

À mon cher ami, **Mebarek M (Tich Tich)**, qui a été à mes côtés dans les moments les plus difficiles et m'a accompagné à chaque étape.

Tout mon respect et ma reconnaissance à **Madame Hanane Bireche**, pour son soutien total durant la période de stage.

Remerciements généraux au **Département technique relevant du complexe CP2K**. Remerciement spécial au **Service d'étude**, en particulier à **Dr. Kerikeb Mohamed** et à **Ing. Letrache Oussama**. Et **Rezagui Marwan** et **Hamid pédagogie**.

Mahieddine

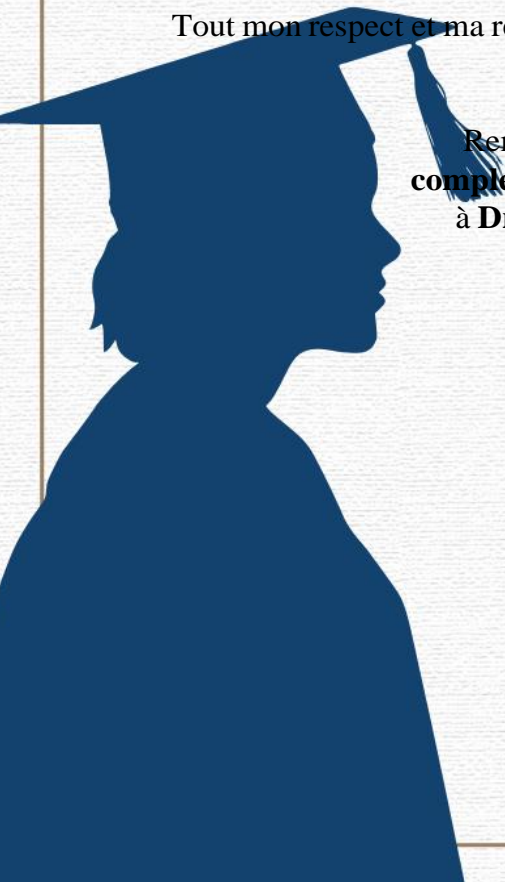


Table des matières

Titre	Page
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste d'abréviations	
Résumés	
Introduction	01
Chapitre I Synthèse Bibliographique	
I.1.Généralités sur les déchets	03
I.1.1 Définition et concept des déchets	03
I.2.Définition du plastique	03
I.3. Caractéristiques des matières plastiques	04
I.3.1. Caractéristiques chimiques	04
I.3.2. Caractéristiques physiques	04
I.4.Différents types de plastiques	05
I.5.Classification des déchets plastiques	05
I.6.Origine des débris plastiques	05
I.7.Transport des déchets plastiques	05
I.8. Impact et effet de la pollution plastique sur la vie marine	06
I.8.1. Piégeage des animaux marins	06
I.8.2. Ingestion par les organismes marins	06
I.9.Impacts environnementaux et sanitaires des plastiques	07
I.9.1.Effets environnementaux	07
I.9.2Dégradation des plastiques	07
I.9.3. Effets sur la santé humaine	08
Chapitre II matériels et méthodes	
II.1.Description de la zone d'étude	10
II.1.1.Situation géographique de la wilaya de Skikda	10
II.1.2 Choix des sites et stations d'étude	11
II.2.1.Choix des sites	13
II.3. Cartographie des déchets (bouteilles en plastique et bouchons)	18
II.3.1.Matériel de Terrain	18
II.4. Méthodologie de Collecte des Déchets Plastiques	18
II.4.1. Identification des Zones de Collecte	18
II.4.2.Utilisation du Quadra	19
II.4.3.Photographie Verticale	19
II.5. Prélèvement des Échantillons d'Eau de Mer	20
II.5.1.Analyses en Laboratoire	20
II.6.Analyse Physico-Chimique de l'Eau	21
Chapitre III Résultats et discussion	
III.1.Résultats et discussion :	17
III.1.1.Description des donnés	17
III.2.Comparaison des résultats de trois sites avec les normes de l'OMS	33
III.4.Relation entre Plastiques, Phénols et Cuivre	35

III.5. Corrélation entre Pollution Visible et Chimique	35
III.6.Impacts environnementaux et sanitaires sur les eaux marines côtières	35
III.7. Réduction de la pollution plastique	36
Conclusion Générale	38
Références Bibliographique	40

No table of contents entries found.

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	Page
01	Différents types de plastiques et leurs densités	08
02	caractéristiques écologiques de plages échantillonnées	11
03	Matériaux en polymères artificiels de la grande plage	18
04	Paramètres physico-chimiques du site 1 Grande plage	22
05	Analyses des métaux lourds du site 01 (la grande plage)	23
06	Paramètres physico-chimiques du site 2 l'ilot des chèvres	24
07	Analyses des métaux lourds du site 02 (l'ilot des chèvres)	25
08	Matériaux en polymères artificiels (Kef fatma)	26
09	résultats des paramètres physico chimique du site 3 (Kef Fatma)	31
10	Analyses des métaux lourds du site 3	32
11	Comparaison des résultats de 3 sites	33
12	Résultats du cuivre, phénols et norme de l'OMS	34

Liste des figures

N° Figure	Légende	Page
Figure I 1	Mammifères marins emprisonnés dans des sacs en plastiques	06
Figure I 2	Ingestion de plastique par une tortue marine	07
Figure I 3	Voies d'exposition humaine aux micro plastiques et leurs impacts potentiels sur la santé	08
Figure II 1	Carte de la wilaya de Skikda (QGIS Bratislava 3.40.3)	10
Figure II 2	Carte des stations d'échantillonnage (Google Earth)	13
Figure II 3	Grand plage (Google Earth)	14
Figure II 4	Kef Fatma (Google Earth)	15
Figure II 5	Îlot des chèvres (Google Earth)	16
Figure II 6	Diagramme de la température mensuelle	17
Figure II 7	Quadra d'1 m ²	19
Figure II 8	Déchets collectés sur les trois sites	19
Figure II 9	Flacon d'eau de mer	20
Figure II 10	Spectrométrie pour cuivre et phénol	22
Figure III 1	Photo de la plage de l'îlot des chèvres	24
Figure III 2	Concentration de cuivre et phénol par site	34

Liste des abréviations :

Abréviation	signification
1.	DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane.
2.	F.T : Fréquentation Touristique.
3.	OCP : Organochlorés Persistants.
4.	ODD : Objectifs de développement durable.
5.	OMI : Organisation Maritime Internationale.
6.	ONU : Organisation des Nations Unies.
7.	OMS : organisation mondiale de santé.
8.	PAH : Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.
9.	PCB : Polychlorobiphényles.
10.	PE : Polyéthylène.
11.	PEHD : Polyéthylène haute densité.
12.	PELD : Polyéthylène basse densité.
13.	PNUD : Programme De Nations Unies Pour Le Développement.
14.	PP : Polypropylène.
15.	PS : Polystyrène.
16.	PTFE : Polytétrafluoroéthylène.
17.	PVC : Polychlorure de vinyle.
18.	UE : Union européenne.
19.	UV : Ultra-violets.
20.	Z.H : Zone Habitation.

Résumé :

Ce mémoire traite de l'impact des déchets plastiques sur l'environnement marin dans la région côtière de Skikda, en Algérie. L'étude montre que le plastique, notamment les microplastiques issus de la dégradation de déchets abandonnés sur les plages ou rejetés en mer, constitue une pollution sérieuse et croissante pour le littoral algérien.

Des prélèvements réalisés sur trois plages (Grande Plage, Îlot des Chèvres et Kaf Fatma) ont révélé une présence importante de déchets plastiques de toutes tailles (bouteilles, sacs, filets, bouchons), ainsi que des niveaux préoccupants de polluants chimiques (phénols) dans l'eau de mer dépassant largement les normes recommandées par l'OMS. Bien que les teneurs en cuivre restent dans les limites acceptables, leur accumulation pourrait représenter un risque pour la faune et la flore aquatique.

Les résultats ont révélé une quantité importante de déchets plastiques, surtout sur l'Îlot des Chèvres et Kef Fatma, avec une diversité marquée d'objets comme bouteilles, bouchons et filets. Les analyses physico-chimiques ont montré un pH proche de la normale (entre 7,6 et 8), une salinité autour de 35 g/L et une conductivité élevée ($>50\,000\ \mu\text{S}/\text{cm}$). L'alcalinité (TA) très faible ($<0,5$) témoigne cependant d'une faible capacité tampon, rendant ces eaux vulnérables aux variations de pH. Les mesures de cuivre restent inférieures à la norme OMS ($<2\ \text{mg}/\text{L}$), mais la concentration en phénols est très préoccupante, dépassant largement la limite fixée (jusqu'à $3,75\ \text{mg}/\text{L}$ contre une norme de $0,002\ \text{mg}/\text{L}$). Ces polluants proviennent notamment de la dégradation des plastiques et des rejets industriels, menaçant la faune marine et pouvant contaminer la chaîne alimentaire. L'étude conclut à la nécessité urgente de réduire les plastiques à usage unique, renforcer le recyclage et sensibiliser le public pour protéger l'écosystème marin de Skikda

Ainsi, cette étude souligne l'urgence d'agir pour protéger l'écosystème marin de Skikda contre la menace croissante des déchets plastiques.

Mots clés : déchets, pollution plastique, impact, Skikda

الملخص :

يتناول هذا البحث تأثير النفايات البلاستيكية على البيئة البحرية في المنطقة الساحلية لولاية سكيكدة بالجزائر . وتُظهر الدراسة أنّ البلاستيك، وخاصة الجزيئات البلاستيكية الدقيقة الناتجة عن تحلل النفايات المهملة على الشواطئ أو المطروحة في البحر، يمثل تهديدًا خطيرًا وامتزايًا للتلوث على الساحل الجزائري.

كشفت العينات المأخوذة من ثلاث شواطئ (الشاطئ الكبير، إيلوت دي شيفر، وكاف فاطمة (عن وجود كميات كبيرة من النفايات البلاستيكية بمختلف الأحجام) زجاجات، أكياس، شباك، أغطية (بالإضافة إلى مستويات مقلقة من الملوثات الكيميائية) الفينولات (في مياه البحر التي تتجاوز بكثير المعايير الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية. على الرغم من أن تركيزات النحاس بقيت ضمن الحدود المقبولة، إلا أن تراكمه قد يُشكل خطرًا على الكائنات والنباتات المائية .

أظهرت النتائج كمية كبيرة من النفايات البلاستيكية خاصة في إيلوت دي شيفر وكاف فاطمة، مع تنوع ملحوظ للأشياء مثل الزجاجات والأغطية والشباك . كما أظهرت التحاليل الفيزيائية الكيميائية أن قيمة الأس الهيدروجيني قريبة من المعدل الطبيعي (بين 7.6 و8)، والملوحة حوالي 35 جم/لتر، والتوصيل الكهربائي مرتفع (>50,000 ميكروسيمنز/سم). (غير أن الانخفاض الكبير في القلوية ($TA < 0.5$) يدل على ضعف القدرة التنظيمية، مما يجعل هذه المياه عرضة لتقلبات الأس الهيدروجيني. تركيز النحاس ظل أقل من معيار منظمة الصحة العالمية (< 2 ملغم/لتر)، لكن تركيز الفينولات كان مقلقًا جدًا، متجاوزًا الحد الموصى به بشكل كبير) حتى 3.75 ملغم/لتر مقارنة بالمعيار 0.002 ملغم/لتر.

هذه الملوثات تأتي بشكل رئيسي من تحلل البلاستيك والتفريغ الصناعي، مما يهدد الحياة البحرية وقد يلوث السلسلة الغذائية. وخلصت الدراسة إلى ضرورة تقليل استعمال البلاستيك أحادي الاستعمال، وتعزيز عمليات إعادة التدوير، وتوعية السكان لحماية النظام البيئي البحري في سكيكدة. وهكذا، تؤكد الدراسة على الحاجة الملحة لاتخاذ إجراءات لحماية البيئة البحرية بسكيكدة من تهديد النفايات البلاستيكية المتزايد.

الكلمات المفتاحية: النفايات، التلوث البلاستيكي، التأثير، سكيكدة

Abstract:

This thesis examines the impact of plastic waste on the marine environment along the coastal region of Skikda, Algeria.

The study shows that plastic, especially microplastics resulting from the breakdown of waste abandoned on beaches or discharged into the sea, represents a serious and growing pollution threat to the Algerian coastline. Sampling carried out on three beaches (Grande Plage, Îlot des Chèvres, and Kef Fatma) revealed a significant presence of plastic waste of all sizes (bottles, bags, nets, caps) and worrying levels of chemical pollutants (phenols) in seawater far exceeding WHO recommended standards. Although copper concentrations remain within acceptable limits, their accumulation could pose risks to aquatic fauna and flora.

Results highlighted a particularly large quantity of plastic waste on Îlot des Chèvres and Kef Fatma, with a wide variety of objects such as bottles, caps, and nets. Physico-chemical analyses showed a pH close to normal (between 7.6 and 8), salinity around 35 g/L, and high conductivity ($>50,000 \mu\text{S}/\text{cm}$). However, the very low alkalinity ($\text{TA} < 0.5$) indicates a weak buffering capacity, making these waters vulnerable to pH variations. Copper remains below the WHO guideline ($< 2 \text{ mg/L}$), but the concentration of phenols is alarming, greatly exceeding the recommended limit (up to 3.75 mg/L compared to a standard of 0.002 mg/L). These pollutants come mainly from plastic degradation and industrial discharges, threatening marine life and potentially contaminating the food chain.

The study concludes that it is urgently necessary to reduce single-use plastics, strengthen recycling, and raise public awareness to protect Skikda's marine ecosystem. Thus, the study highlights the urgent need to act to protect Skikda's marine environment from the growing threat of plastic waste.

Keywords: waste, plastic pollution, impact, Skikda



Introduction

Introduction

Introduction

Les océans et les mers constituent des éléments vitaux pour la planète Terre. Ils couvrent environ 71 % de sa surface et jouent un rôle clé dans le maintien des équilibres écologiques mondiaux. Ces milieux aquatiques sont le foyer de millions d'espèces végétales et animales, régulent le climat global, participent au cycle de l'eau, produisent une grande partie de l'oxygène terrestre, et absorbent une quantité importante de dioxyde de carbone. En plus de leur richesse écologique, ils fournissent des ressources naturelles précieuses pour l'humanité.

D'un point de vue écologique, les océans sont considérés comme des « points chauds » de la biodiversité, abritant environ 80 % de la biomasse mondiale et près de 90 % de la diversité biologique connue (Viel, 2013). Pourtant, cette richesse est aujourd'hui menacée par la pollution marine, notamment celle liée aux déchets plastiques. Ces déchets, en grande partie issus des activités humaines, représentent une problématique environnementale globale aux conséquences multiples, touchant la santé des écosystèmes marins, la sécurité alimentaire,

l'économie maritime, ainsi que la qualité de vie des populations littorales.

Avec l'augmentation continue de la production mondiale de plastique – estimée à 300 millions de tonnes en 2013 (Plastics Europe, 2013) – et l'essor de la consommation, les déchets plastiques s'accumulent massivement dans le milieu naturel. Sous l'effet des facteurs environnementaux comme la lumière, les vagues ou le vent, ces déchets se fragmentent en particules minuscules appelées micro plastiques, dont le diamètre est inférieur à 5 mm. Ces micro débris représentent aujourd'hui une forme de pollution diffuse, difficilement contrôlable et potentiellement toxique pour les organismes vivants.

La wilaya de Skikda, avec ses 140 km de côtes, n'échappe pas à cette réalité. Exposée à diverses activités humaines (industries, tourisme, agriculture, pêche, etc.), elle subit une pression anthropique constante, contribuant à la dégradation progressive de ses écosystèmes marins et côtiers.

Dans cette optique, notre étude vise à évaluer l'état de la pollution par les micro plastiques sur le littoral skikdien. L'objectif principal est de mesurer l'ampleur de cette pollution, d'identifier ses sources potentielles et de sensibiliser à la nécessité de protéger cet environnement marin particulièrement vulnérable.

Le mémoire est structuré comme suit :

Dans la première partie présente une introduction générale.

Dans la seconde partie, « Matériels et Méthodes », le protocole du relevé des plastiques et celui du comptage sont évoqués.

Dans la troisième partie en la présentation et la discussion des données acquises durant l'étude.

Finalement nous sommes terminées par une conclusion.



Chapitre I
Synthé se
Bibliographique

I.1.Généralités sur les déchets :

I.1.1Définition et concept des déchets :

Selon le PNUD (2009), un déchet est tout résidu solide issu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation humaine, abandonné ou jeté, notamment dans les zones côtières. Ces déchets, visibles à l'œil nu et de tailles variées, peuvent être composés de matériaux divers : papier, plastique, verre, métal, caoutchouc, bois, etc.

La loi algérienne n°01-19 du 12 décembre 2001 (Journal officiel n°77) définit un déchet comme :

« Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet ou bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. »

L'Organisation maritime internationale (OMI) définit les déchets en mer comme ceux produits lors des opérations maritimes, incluant les déchets domestiques, les déchets de cargaison, les résidus de carburant, ou encore les déchets dangereux. L'OMI met l'accent sur une gestion sûre de ces déchets afin de prévenir la pollution marine.

I.2.Définition du plastique :

Les plastiques sont définis comme des polymères non-métalliques fabriqués par l'homme, le poids moléculaire élevé, constitués de répétition de macromolécules obtenues par la polymérisation de monomères extraits du pétrole ou du gaz. Pour leur donner les caractéristiques qui répondent aux besoins quotidiens, on y ajoute des éléments (chlore, azote, etc.) sous forme d'additifs ou adjuvants.

❖ Définition des monomères :

Les monomères sont des molécules organiques, qui sont constituées essentiellement de carbone (C) et d'hydrogène (H). L'oxygène(O) et l'azote (N) sont en faibles proportions.

❖ Définition de polymère :

Molécule constituée de monomères unis les uns aux autres par des liaisons covalentes. (Liaison entre deux atomes résultant de la mise en commun de deux électrons provenant séparément de chacun d'eux).

Les caractéristiques d'un polymère dépendent en premier lieu du ou des monomères dont il est issu. Et un monomère peut conduire à deux polymères avec des propriétés mécaniques différentes.

L'histoire des matières plastiques commence en 1869, lorsque les frères Hyatt (États-Unis) inventent le celluloid, un plastique d'origine végétale (à base de coton ou de bois), destiné à remplacer l'ivoire. Ce matériau restera le seul plastique pendant près de quarante ans.

En 1909, le chimiste belge Leo Baekeland crée la première matière plastique totalement synthétique : la bakélite, issue de résines phénol-formol. Cette découverte marque le véritable début de l'ère des plastiques.

Entre 1920 et 1940, les résines de condensation comme la bakélite se développent rapidement, notamment grâce à leurs propriétés isolantes, ce qui favorise l'essor de l'électricité.

De 1940 à 1955, en France, le chlorure de polyvinyle (PVC) plastifié est largement utilisé, notamment durant la guerre comme substitut au caoutchouc. En parallèle, le nylon (polyamide) apparaît aux États-Unis pour remplacer la soie naturelle.

Après la guerre, le PVC rigide s'impose dans l'industrie chimique, en raison de sa résistance aux produits chimiques. Dans les années 1950, avec le développement des transports et la demande croissante en énergie, la pétrochimie émerge. Elle permet la production de nombreux thermoplastiques dérivés du pétrole, à partir de composés comme l'éthylène, le benzène ou le propylène.

Ces substances deviennent les bases de la synthèse de nombreuses matières plastiques modernes.

I.3. Caractéristiques des matières plastiques :

I.3.1. Caractéristiques chimiques :

Les matières plastiques sont constituées de polymères, c'est-à-dire de longues chaînes de molécules carbonées répétées. Elles possèdent des propriétés telles que la flexibilité, la résistance à la corrosion, aux chocs, à l'eau et à l'air . (Gordon, 2006)

On distingue deux grandes catégories :

- ❖ **Les thermoplastiques** : ils peuvent être ramollis par chauffage et durcis par refroidissement plusieurs fois, ce qui les rend recyclables.
- ❖ **Les thermodurcissables** : une fois chauffés et durcis, ils deviennent . Grâce à leur forte résistance thermique, ils sont utilisés pour des applications à haute température . (NOWPAP, 2007)

Certains plastiques contiennent des additifs (phtalates, biphényles) pour améliorer leurs propriétés. Toutefois, ces substances peuvent être toxiques pour la faune et la santé humaine

I.3.2. Caractéristiques physiques :

Les plastiques sont très résistants au vieillissement et se dégradent très lentement, formant avec le temps des **micro plastiques**. Leur grande stabilité contribue à leur accumulation dans l'environnement. (Moore, 2008)

Leur densité, proche de celle de l'eau de mer ($1,028 \text{ g/cm}^3$), influence leur répartition dans les milieux marins.

I.4. Différents types de plastiques :

Les plastiques sont difficilement identifiables à l'œil nu. Le **code d'identification des résines**, créé par la Société de l'industrie plastique du Canada, est un moyen simple de tri et de recyclage. Les plastiques sont classés en 20 types principaux :

- **Polystyrène (PS)** : moulable, utilisé pour objets domestiques, isolants.
- **Polypropylène (PP)** : résistant à la chaleur, pour l'automobile, les sanitaires.
- **PVC** : rigide ou flexible, utilisé pour tuyaux et gaines.
- **Polyéthylène (PE)** : pour films, récipients, canalisations.
- **PTFE (Teflon)** : stable, utilisé pour joints.
- **PE basse densité (PEBD/PELD)** : souple, peu recyclé.
- **PE haute densité (PEHD)** : recyclable, utilisé pour bouteilles, jerricans.

I.5. Classification des déchets plastiques :

Les plastiques se fragmentent sous l'effet des **UV, de la chaleur et de l'abrasion**, formant des **microplastiques**. Les déchets sont classés par taille :

- **Micro-déchets** : < 5 mm
- **Méso-déchets** : 5-20 mm
- **Macro-déchets** : 20-100 mm
- **Méga-déchets** : > 100 mm

I.6. Origine des débris plastiques :

Les plastiques se trouvent sous forme de **macroplastiques** (bouteilles, filets, bouchons) ou **microplastiques** dans l'eau et les sédiments. Sources principales :

- **Bouteilles et bouchons** : flottent ou coulent, remplis de sédiments.
- **Sacs plastiques jetables** : dégradation lente.
- **Microbilles** : présentes dans les cosmétiques, non filtrées.
- **Microfibres textiles** : libérées lors du lavage des vêtements synthétiques.

I.7. Transport des déchets plastiques :

Les déchets plastiques sont transportés par :

- **Les cours d'eau** : transportent les déchets vers les plages.
- **Les courants marins** : transport parallèle aux côtes, dépôt sur les plages.
- **Le vent** : transporte les déchets, influençant leur trajectoire, les amenant vers la mer ou les côtes. (Mersel & Ouarmim, 2012)

I.8. Impact et effet de la pollution plastique sur la vie marine :

I.8.1. Piégeage des animaux marins :

Le premier effet de cette pollution, le plus direct, est l'emprisonnement des animaux dans les filets dérivants ou les gros débris. C'est une cause de mortalité importante de mammifères marins, de tortues et d'oiseaux.



Figure I 1 : Mammifères marins emprisonnés dans des sacs en plastiques. (Source : Google image2018)

I.8.2. Ingestion par les organismes marins :

L'ingestion de plastiques affecte l'ensemble de la chaîne alimentaire marine. Chaque taille de débris plastiques, du centimètre au nanomètre, peut être ingérée par un organisme correspondant. Ces débris s'accumulent dans le système digestif, provoquant un faux sentiment de satiété, des blessures, des blocages digestifs, voire la mort. (Gall & Thompson, 2015)

Les **micro plastiques**, en particulier, sont très bio disponibles en raison de leur petite taille, similaire à celle du plancton ou des sédiments, et peuvent être ingérés par de nombreux organismes. (Wright et al., 2013).



Figure I 2 : Ingestion du plastique par une tortue marine(Source : Google image 2018)

I.9.Impacts environnementaux et sanitaires des plastiques :

I.9.1.Effets environnementaux :

- **Transport d'espèces invasives** : Les plastiques transportent sur de longues distances des organismes, dont certains invasifs, menaçant les écosystèmes (équilibres perturbés).
- **Bioaccumulation** : Les microplastiques ingérés par des proies sont transférés à leurs prédateurs, introduisant des polluants dans la chaîne alimentaire . (Oceaneye, 2013).
- **Toxicité** : Les plastiques relâchent ou adsorbent des substances toxiques comme les phtalates, le bisphénol A, les OCP (ex. DDT), ou les PAH, qui s'accumulent dans l'environnement . (Barnes, 2009 ; Rochman, 2013).
- **Modification des habitats** : Les plastiques modifient les fonds marins (ex. hypoxie) en perturbant les échanges gazeux et lumineux . (Gregory, 2009).
- **Plastisphère** : Les plastiques forment un nouvel écosystème, colonisé par des bactéries, algues et micro-organismes, dont certains pathogènes . (Ter Halle & Perez, 2018).

I.9.2Dégradation des plastiques :

Les plastiques sont très résistants et se dégradent lentement via :

- **Photo-dégradation** : activation par les UV qui cassent les chaînes polymères.
- **Thermo-oxydation** : l'oxygène, activé par la lumière, fragilise le plastique.
- **Biodégradation** : certaines bactéries transforment les plastiques en

- CO₂ ou biomolécules.
- **Hydrolyse** : l'humidité fragilise les plastiques en facilitant l'oxygénation.

Ces processus sont très lents, particulièrement en mer. Une dégradation complète peut prendre plusieurs décennies. (Muller, 2001 ; Andrady, 2011).

I.9.3. Effets sur la santé humaine :

L'exposition humaine aux microplastiques se fait principalement par ingestion (eau, aliments), et potentiellement par **inhalation de poussières domestiques**. (Catarino et al., 2018). Les plastiques peuvent aussi **transporter des substances toxiques** (phtalates, PCB, DDT), qui s'accumulent dans la chaîne alimentaire et atteignent l'homme via la consommation de produits marins. (Thompson, 2009) Ces effets restent préoccupants et nécessitent une attention sanitaire particulière.

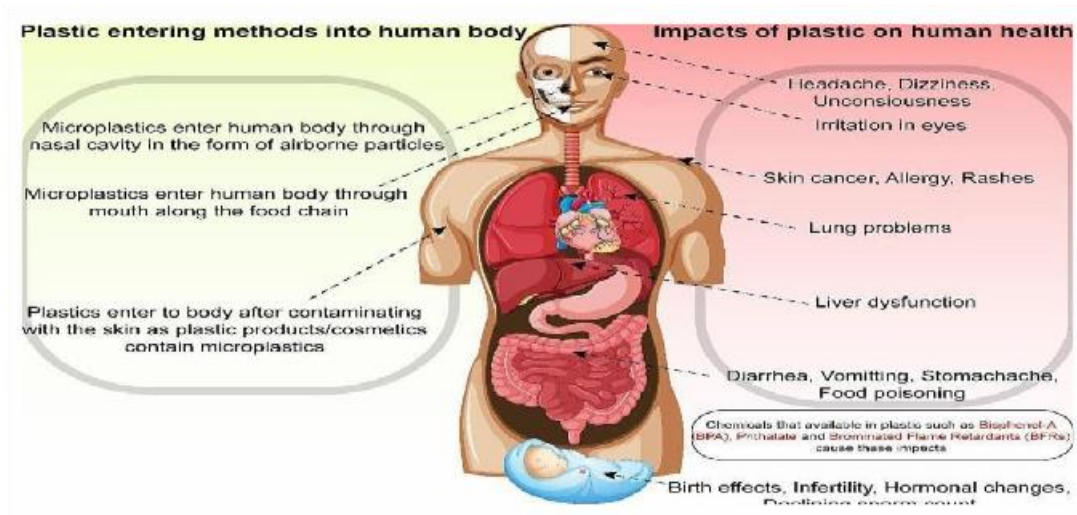


Figure I 3 : Voies d'exposition humaine aux micro plastiques et leurs impacts potentiels sur la santé (Pilapitiya et Ratnayake, 2024).



Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1.Description de la zone d'étude :

II.1.1.Situation géographique de la wilaya de Skikda :

La wilaya de Skikda se situe dans le nord-est de l'Algérie, elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Annaba, à l'ouest par la wilaya de Jijel, au sud par Constantine et Guelma, et par Mila au Sud-ouest, entre les altitudes $36^{\circ}5'N$ et $36^{\circ}15'N$ et les longitudes $7^{\circ}15'E$ et $7^{\circ}30'E$. Elle s'étend sur une superficie de 4118(2) km², une frange littorale de 140 Km de long (monographie wilaya de Skikda, 2013), représentant ainsi 12% du littoral algérien. Sa position géographique et sa situation au centre de la région Nord-est du pays lui donnent un rôle très important notamment sur le plan économique grâce à l'importance des grandes infrastructures qu'elle dispose ; elle se trouve en retrait des deux plus grands axes de la circulation reliant deux grandes métropoles de l'est à savoir Constantine et Annaba. Elle est dotée d'un port commercial ainsi elle comprend plusieurs zones touristiques.

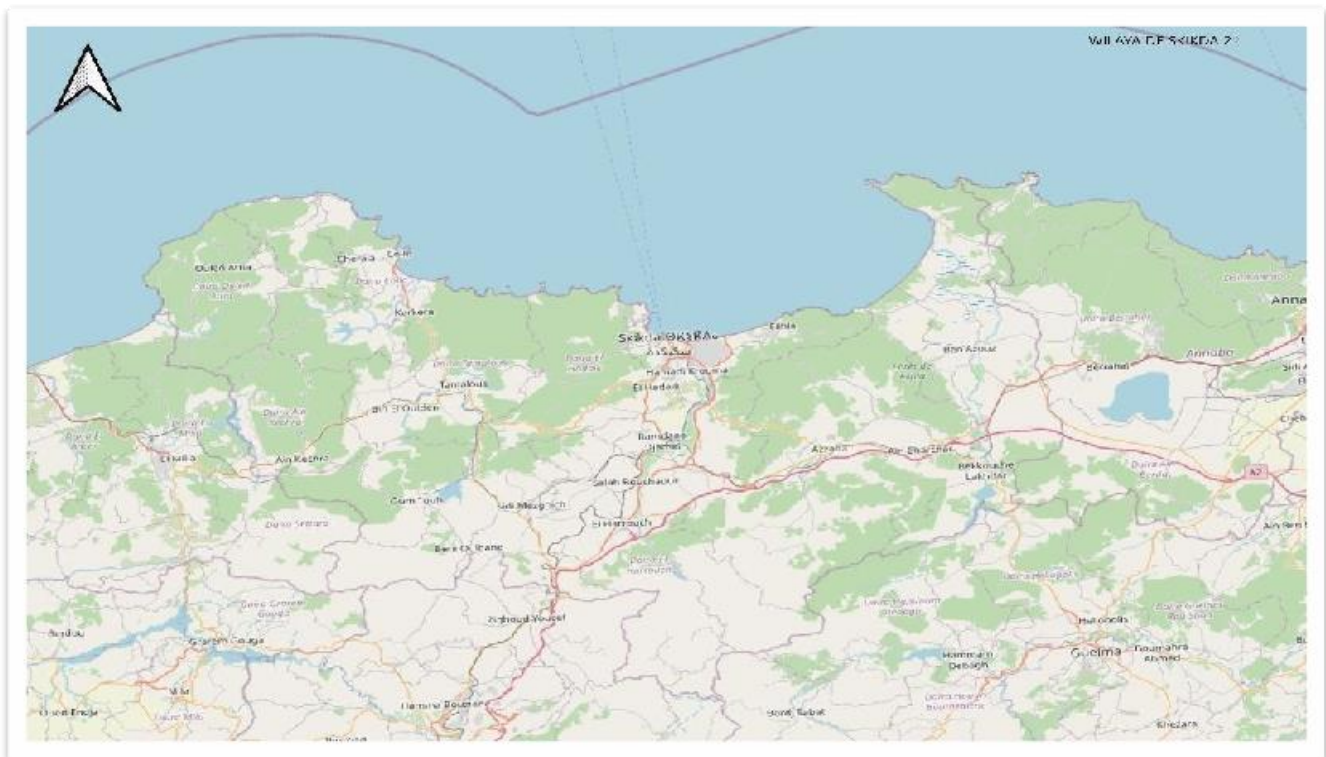


Figure II 1 Carte de la wilaya de Skikda (QGIS Bratislava 3.40.3)

II.1.2 Choix des sites et stations d'étude :

Trois sites ont été sélectionnés pour cette étude :

- **Site 1 :** situé sur la Grande Plage,
- **Site 2 :** localisé au niveau de l'îlot des Chèvres, en mer Méditerranée,
- **Site 3 :** situé dans la commune de Ben Azouz, précisément à Kef Fatma.

Le choix de ces stations d'échantillonnage repose sur plusieurs critères essentiels, notamment :

- La configuration et la situation géographique de la plage,
- L'accessibilité des stations,
- La présence d'effluents hydrologiques,
- La fréquentation touristique,
- La proximité des zones urbanisées, Ainsi que l'intensité de l'activité de pêche.

Ces éléments permettent de garantir une représentativité des conditions environnementales et des pressions anthropiques sur le littoral de Skikda.

➤ **Période de prélèvement :**

Dans les zones sélectionnées pour notre étude, l'échantillonnage a été réalisé selon des critères précis, notamment la période d'intervention sur le terrain. Les dates de prélèvement sont les suivantes :

- **Le 18 avril,** au niveau de la plage de l'îlot des Chèvres,
- **Le 25 avril,** à la Grande Plage,
- **Le 28 avril,** sur la plage de Kef Fatma, dans la commune de Ben Azouz.

Ces dates ont été choisies de manière à garantir une couverture représentative des conditions environnementales sur les différents sites étudiés.

Tableau N°01 : caractéristiques écologiques de plages échantillonnées

Plages	Grand plage	Kef fatma	L'îlot des chèvres
commune	Ain zouit	Ben azzouz	Skikda
Longueur(m)	100m	500m	140 Km
Largeur(m)	25m	25m	25m
Cours d'eau	oui	oui	Oui
F.T	oui	oui	Oui

Z.H	non	non	Non
-----	-----	-----	-----

Nature	sable	sable	sable
Position	N : 36°56'54 ,66" E : 6°44'16,74"	N : 36°56'33 ,77" E : 7°12'3,93"	N : 36° 53'37'' E : 6° 55' 90''

II.2.Site d'échantillonnage :

II.2.1.Choix des sites :

Notre travail c'est porté sur le long du littoral skikdien, le choix des plages échantillonnées s'est basé sur la situation de la plage, présence des effluents hydrologique, fréquentation touristique, présence des agglomérations, activités de pêche.



Figure II 2 : Carte de répartition des stations d'échantillonnage sur le littoral de Skikda (Google Earth, 2025)

Nous avons choisi trois stations pour notre étude :

1.La grande plage :

La grande plage de Aïn Zouit, située à 15 km l'ouest de Skikda, dans une zone semi-urbaine entourée de collines verdoyantes.



Figure II 3 : la Grand plage (Google earth.2025)

2. La plage de Kef Fatma :

Plage Kef Fatima commune de Ben Azouz est localisée dans la Mer Méditerranée et se classe 8^{ème} parmi les 20 plages de la région d'Skikda. La distance jusqu'à sa ville principale - Skikda est de 27 km.

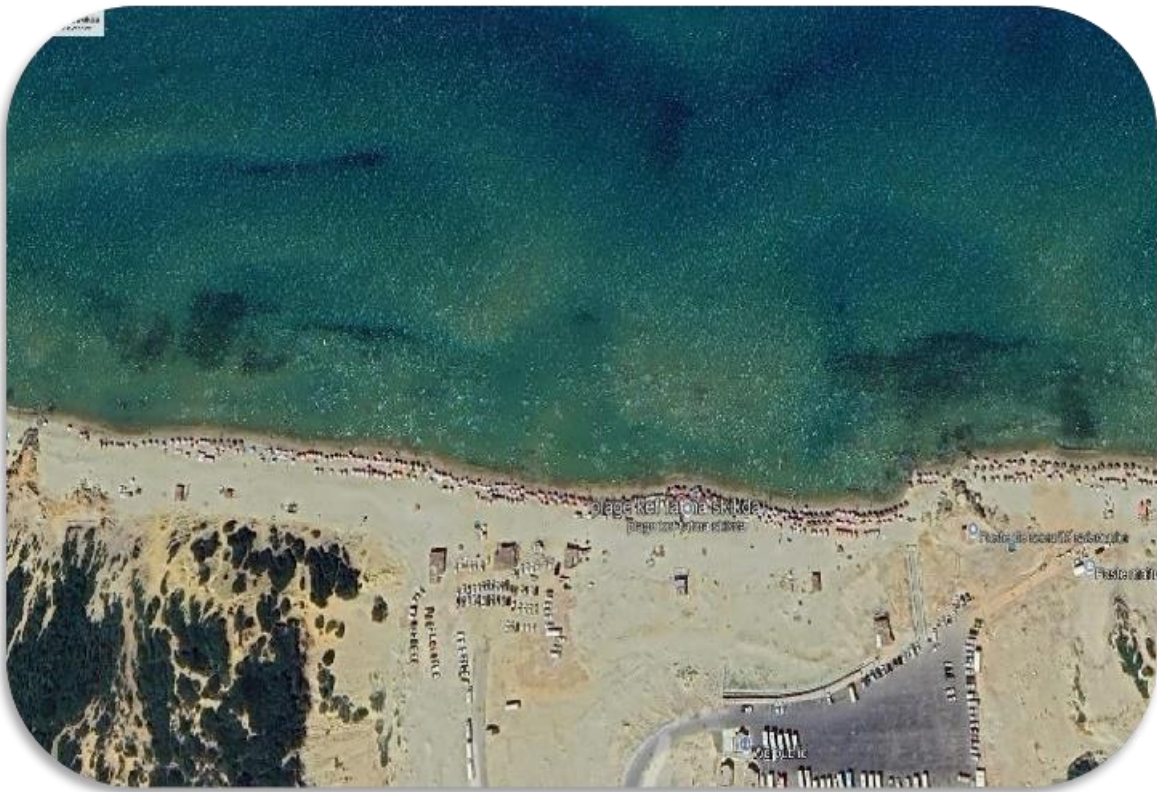


Figure II 4 Kef Fatima (Google earth .2025)

3. La plage de l'îlot des chèvres :

La plage de l'îlot des Chèvres, à l'embouchure de l'Oued Safsaf, près du pont menant à la plate-forme pétrochimique de Skikda.



Figure II 5 : L'ilot des chèvres (Google earth.2025)

- **Climatologie :**
 - **La climatologie de la zone d'étude :**

La wilaya de Skikda bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par un été chaud et sec (juin à octobre) et un hiver doux et pluvieux (novembre à mai), avec des précipitations dépassant souvent les 1000 mm/an, sous forme d'averses orageuses intenses. Les vents dominants sont de secteur Nord-Ouest en hiver (froids et pluvieux) et Nord-Est en été (plus faibles). Le sirocco, vent saharien chaud et sec, souffle parfois entre mai et octobre, jusqu'à 14 jours par an.

La température maximale moyenne atteint 29°C en août, tandis que janvier est le mois le plus froid, avec des températures comprises entre 9°C (min) et 15°C (max). Le vent dominant est généralement faible (moins de 10 km/h), mais peut atteindre 13,9 km/h.

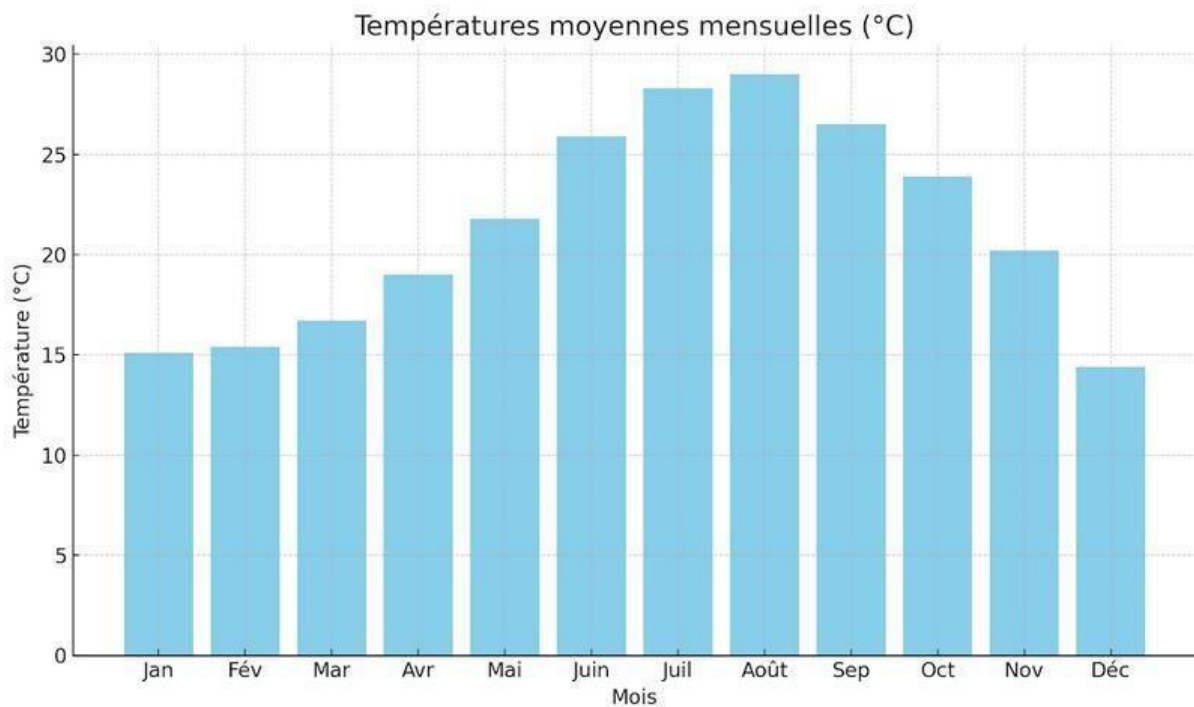


Figure II 6 : Diagramme de la température mensuelle.

La wilaya se divise en deux zones bioclimatiques : humide (montagnes de l'ouest, sommets de l'est et sud) et subhumide (majorité du territoire). Sur le plan hydrodynamique, la région est abritée des vents ouest par des caps et une île, tandis que les vents nord-est, bien que faibles, provoquent les principales perturbations. Les marées sont faibles (amplitude de 0,30 m) et n'ont pas d'influence notable sur la zone.

II.3. Cartographie des déchets (bouteilles en plastique et bouchons) :

Les travaux se sont déroulés les jours de mer calme entre Mars et Mai 2025, c'est-à-dire avant le début de la saison estivale et le passage des services de nettoyage des communes.

II.3.1. Matériel de Terrain :

❖ **Quadra pour la cartographie des déchets plastiques :**

Un dispositif d'1 m², conçu pour faciliter le comptage et l'identification des déchets plastiques, avec un système de fixation pour appareil photo permettant une prise de vue verticale en haute résolution. Il aide à réaliser un relevé quantitatif et qualitatif des plastiques sur la plage.

- **Appareil Photo** : Pour capturer des images précises des plastiques afin de créer un répertoire visuel pour l'analyse ultérieure.
- **Flacons en verre stérilisés (1L)** : Utilisés pour le prélèvement des échantillons d'eau de mer. Ce matériel doit être résistant aux chocs thermiques et chimiques pour assurer la fiabilité des analyses. Le volume d'un litre permet de réaliser diverses analyses physico-chimiques et microbiologiques.
- **Glacière isotherme** : Permet de transporter les échantillons d'eau à une température stable (entre 4 et 10°C) pour préserver leur qualité jusqu'à leur arrivée au laboratoire.
- **Sacs de collecte** : Utilisés pour la collecte et le stockage des déchets plastiques sur le terrain. Ils sont étiquetés et numérotés pour faciliter le suivi des lieux et des quantités de déchets collectés.
- **Ruban de délimitation** : Utilisé pour baliser les zones d'échantillonnage sur les plages et garantir une collecte standardisée et cohérente.
- **Carnet de terrain** : Sert à noter les informations pertinentes comme les conditions environnementales (météo, marée), les types de déchets plastiques et les observations spécifiques liées à la pollution.

II.4. Méthodologie de Collecte des Déchets Plastiques :

II.4.1. Identification des Zones de Collecte : Sélectionner les zones côtières les plus affectées par les déchets plastiques, basées sur les observations préalables des sites les plus pollués.

II.5. Prélèvement des Échantillons d'Eau de Mer :



Figure II 9 : prélèvement d'eau de mer

Des flacons en verre d'un litre sont immergés sous la surface de l'eau, à une profondeur d'environ 30 cm. Ces échantillons sont immédiatement fermés et transportés vers le laboratoire dans des conditions qui évitent toute altération des résultats.

- **Prélèvements d'Eau :** Les échantillons d'eau sont recueillis à l'aide des flacons stérilisés pour éviter toute contamination. Chaque flacon est étiqueté avec les informations essentielles : date, heure et localisation du prélèvement.
- **Transfert et Conservation :** Une fois les échantillons prélevés, ils sont placés dans une glacière et transportés rapidement à température stable. Au laboratoire, les échantillons sont stockés à une température de 4°C jusqu'à leur analyse.

II.5.1. Analyses en Laboratoire :

Les fragments plastiques collectés sont classés et caractérisés en fonction de leurs types et propriétés physiques. Cette classification permet une analyse approfondie de l'impact des différents types de plastiques sur l'environnement marin.

❖ **Plastiques rigides :**

Exemples : Bouteilles, bouchons, récipients, objets durs et solides.

Méthode d'analyse : Identification visuelle et catégorisation selon la forme, la taille et la couleur. En laboratoire, les plastiques rigides sont souvent mesurés par spectroscopie infrarouge pour déterminer leur composition chimique.

❖ **Plastiques souples :**

Exemples : Films plastiques, sacs, emballages, plastiques flexibles.

Méthode d'analyse : Analyse visuelle et en laboratoire via tests de masse pour évaluer l'impact de leur dégradation dans l'eau. Leur légèreté et flexibilité les rendent particulièrement sensibles à la dégradation physique et chimique, ce qui les rend essentiels à étudier.

❖ **Granulés :**

Exemples : Microbilles plastiques, petites particules issues de la dégradation du plastique.

Méthode d'analyse : Compte des granulés dans un volume d'eau spécifique, mesuré par filtre et analyse optique (microscopie). Ces particules peuvent être toxiques en raison de leur capacité à adsorber des contaminants chimiques.

❖ **Fines pellicules :**

Exemples : Films minces et dégradés, souvent invisibles à l'œil nu.

Méthode d'analyse : Identification via filtration et analyse de taille de particules. Ces petites pellicules peuvent s'agréger en micro plastiques, présentant un risque important pour la faune marine.

❖ **Fibres :**

Exemples : Fibres provenant de textiles synthétiques (p. ex. polyester, nylon), souvent présentes dans les eaux suite au lavage des vêtements.

Méthode d'analyse : Identification sous microscope, classification par couleur et longueur. Ces fibres sont particulièrement problématiques pour les organismes marins qui les ingèrent.

II.6. Analyse Physico-Chimique de l'Eau :

Les échantillons d'eau récoltés sont soumis à une série d'analyses afin de détecter les contaminants associés aux déchets plastiques et leur impact chimique sur l'environnement marin.

❖ **Métaux lourds :**

Cuivre (Cu), un métal lourd couramment trouvé dans les eaux polluées par les plastiques, particulièrement après la dégradation des plastiques contenant des additifs chimiques.

Méthode d'analyse : Le cuivre est mesuré par **spectrométrie d'absorption atomique (SAA)**. Cette méthode est très sensible et permet de déterminer la concentration de cuivre dans des échantillons d'eau avec une précision élevée. Elle permet d'étudier l'impact de la pollution plastique sur les métaux lourds dans l'eau.

❖ **Phénols :**

Substances organiques issues de la dégradation des plastiques, comme les phtalates ou autres produits chimiques utilisés dans la fabrication du plastique.

Méthode d'analyse : Mesurés par **spectrophotométrie**, qui permet de quantifier les

composés phénoliques dans l'eau. Ces produits chimiques peuvent être libérés par la dégradation des plastiques et sont souvent toxiques pour la faune marine.

➤ **Paramètres Physico-Chimiques :**

pH : Le pH de l'eau est mesuré pour déterminer si l'environnement marin est acide ou alcalin. Les plastiques peuvent altérer le pH de l'eau en libérant des produits chimiques pendant leur dégradation.

Salinité : Mesurée pour évaluer les conditions de l'eau. La salinité influence la dégradation des plastiques et la dispersion des micro plastiques dans l'eau.

Autres paramètres : Taux de turbidité, oxygène dissous et température de l'eau, qui peuvent tous influencer la vitesse de dégradation des plastiques et l'absorption des contaminants chimiques par les organismes marins.

Ces analyses permettent non seulement de quantifier les fragments plastiques mais aussi de mesurer l'impact des plastiques sur la qualité de l'eau, l'écosystème marin et la faune marine.



Figure II 10 : Spectrométrie d'absorption atomique pour analyses de phénol et le cuivre UV.
(Photo personnelle)



Chapitre III

Résultats et discussion

III.1.Résultats et discussion :

La troisième partie de ce travail est consacrée à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus durant notre étude.

III.1.1.Description des données :

Cette étude vise à analyser la qualité des eaux de trois sites côtiers situés dans la wilaya de Skikda, à travers des paramètres physico-chimiques et métaux lourds avec une classification des déchets plastiques observés. Les analyses ont été effectuées durant la pré- campagne estivale d'avril 2025.

➤ **Données concernant le site01(la grande plage) :****Tableau N°02 : Matériaux en polymères artificiels de la grande plage**

Matériaux en polymères artificiels			
Code	nom des articles	Nombre	Total
G1			
G3	Sacs à provisions, incl. Pièces		
G4	Petits sacs en plastique, p. sacs de congélation, y compris des morceaux		
G5	Rouleau collectif de sac en plastique; ce qui reste de sacs en plastique rip-off		
G7	Bouteilles de boisson <= 0.5l	15	15
G8	Bouteilles de boisson > 0.5l	20	20
G9	Nettoyant / nettoyant bouteilles et récipients		
G10	Contenants alimentaires incl. récipients de restauration rapide	26	26
G11	Utilisation de bouteilles et de contenants cosmétiques liés à l'utilisation de la plage, p. Sunblocks		
G12	Autres bouteilles et récipients cosmétiques		
G13	Autres bouteilles et contenants (tambours)		
G14	Bouteilles d'huile moteur et récipients <50 cm		
G15	Bouteilles d'huile moteur et récipients > 50 cm		
G16	Jerry canettes (conteneurs en plastique carrés avec poignée)		
G17	Conteneurs à injection		
G18	Caisses et conteneurs		
G19	Pièces de voiture		
G21	plastic caps, couvercles de boissons	22	22
G22	Bouchons en plastique, couvercles de produits chimiques, détergents (non alimentaires)	19	19
G23	Bouchons en plastique, couvercles non identifiés		
G24	Les anneaux plastiques des capsules de bouteilles, couvercles, Pochettes à tabac		

G25	, emballage de boîtes à cigarettes en plastique		
G26	Briquets à cigarettes	05	05
G27	Cigarettes à cigarettes et filtres	40	40
G28	Stylos et couvercles		

G29	Peignes, brosses à cheveux, lunettes de soleil		
G30	Paquets de chips, emballages de bonbons	13	13
G31	Lolly bâtons		
G32	Jouets et poppers		
G33	Tasses et couvercles		
G34	Couverts et plateaux		
G35	Pailles et agitateurs	15	15
G36	Engrais, sacs d'aliments pour animaux		
G37	Mesh légumes sacs		
G40	Gants (vaisselle)		
G41	Gloves, (gants de caoutchouc industriels, professionnels)		
G42	Crabe, casiers à homard et couvercles		
G43	Tags (pêche et industrie)		
G44	Octopus pots		
G45	Filets de moules, filets d'huîtres		
G46	Plateaux d'huîtres (ronds de cultures d'huîtres)		
Code	Items name	Item counts	Total
G47	Feuille de plastique de la culture des moules (Tahitiens)		
G49	Corde (diamètre de plus de 1cm)		
G50	Corde et cordon (diamètre inférieur à 1 cm)		
G53	Filets et morceaux de filet <50 cm		
G54	Filets et morceaux de filet> 50 cm	02	02
G56	Filets emmêlés		
G57	Boîtes à poisson en plastique		
G58	Caisses à poisson en polystyrène expansé		
G59	Ligne de pêche, monofilament (pêche)		
G60	Baguettes lumineuses (tubes avec fluide) incl. emballage		
G62	Flotteurs pour filets de pêche		
G63	Bouées		
G64	Défenses		
G65	Godets		
G66	Bandes de cerclage		
G67	Feuilles, emballage industriel, bâches en plastique		
G68	Fibre de verre, fragments		
G69	Casques, Casques		
G70	Cartouches de fusil de chasse		
G71	Chaussures, sandales	02	02
G72	Cônes de signalisation		
G73	Éponge en mousse		
G79	Pièces en plastique 2,5 cm> <50cm		
G80	Pièces en plastique> 50 cm	09	09
G82	Pièces en polystyrène 2,5 cm> <50cm		
G83	Pièces en polystyrène> 50 cm		

G84	CD, boîtes de CD		
G85	Emballage au sel		
G86	Arbres à ailettes (à partir d'ailerons pour la plongée sous-marine)		
G87	Ruban de masquage		
G88	Téléphone (y compris les pièces)		
G89	Déchets de construction en plastique		
G90	Pot de fleur en plastique		
G91	Porte-biomasse des stations d'épuration		
G92	Bait conteneurs, emballage		
G93	Attaches de câble		
G95	bâtonnets de coton		
G96	Serviettes hygiéniques, protège-slips, bandes de support		
G97	Désodorisants		
G98	Couches, couches	06	06
G99	Seringues, aiguilles		
G100	Médical, Contenants pharmaceutiques, tubes		
G101	Sacs à fèces pour chiens		
G102	Tongs		
G124	Autres articles en plastique, en polystyrène (identifiables)		
		Poids total	3.71 kg

1.Paramètres physico chimique :**Tableau N°03 : Paramètres physico-chimiques du site 1 Grande plage**

Paramètres	Valeur relevée
pH	7.6
TA	<0.5 mg/l
TAC	165 mg/l
TH	6500 mg/l
Ca²⁺	5000 mg/l
Mg²⁺	1500 mg/l
Cl⁻	21297 mg/l
Fer	1.16 mg/l
conductivité	54800ms/cm
salinité	35.1

○ **Interprétation des résultats :**

D'après les informations fournies, le tableau indique que les paramètres physico-chimiques de l'eau de la Grande plage sont généralement bons et ne dépassent pas les normes de qualité requises. Voici une description de ces paramètres.

Les paramètres physico-chimiques mesurés, notamment le pH, la salinité et la conductivité, indiquent que l'eau de mer est généralement dans un état favorable pour la vie aquatique. Un pH de 7.6, bien que légèrement alcalin, est optimal pour le métabolisme des organismes marins. La salinité mesurée à 35.1 est également dans la plage normale pour l'eau de mer, permettant aux espèces marines de maintenir leur homéostasie osmotique.

Cependant, la dureté totale élevée (TH 6500) et les concentrations de calcium et de magnésium peuvent soulever des questions sur l'équilibre écologique de la zone. Bien que ces minéraux soient essentiels pour la vie marine, des niveaux excessifs peuvent avoir des effets inattendus sur la biodiversité locale.

2. Analyses des métaux lourds :

Tableau N°04 : Analyses des métaux lourds du site 01 (la grande plage)

Paramètre	Valeur mesurée (nouvelle)	Norme	Interprétation
Cuivre	0,316 mg/L	< 2 mg/L (OMS)	Conforme, mais élevé
Phénol	2,81 mg/L	< 0,002 mg/L (OMS)	Très pollué

• **Interprétation des résultats :**

Les résultats concernant les métaux lourds sont alarmants. La concentration de cuivre à 0.316 mg/L, bien que conforme aux normes de l'OMS, est préoccupante en raison de son potentiel toxique pour de nombreux organismes marins. Des niveaux élevés de cuivre peuvent entraîner des perturbations dans les chaînes alimentaires et affecter la santé des espèces sensibles.

Plus inquiétante est la présence de phénols, mesurée à 2.81 mg/L, qui dépasse de manière significative la norme de 0.002 mg/L. Cette pollution organique est souvent associée à la dégradation des plastiques dans l'environnement marin. Les phénols peuvent avoir des effets néfastes sur les systèmes endocriniens des organismes aquatiques, perturbant la reproduction et le développement. Leur présence indique une contamination par des effluents industriels ou des déchets plastiques, soulignant l'impact direct de l'activité humaine sur cet écosystème.

➤ **Données concernant le site 2 (l'îlot des chèvres)**

En ce qui concerne cette plage, elle est dans un état catastrophique. Tous les types de déchets plastiques y sont présents. C'est pourquoi nous avons décidé de l'utiliser comme point de référence pour la comparaison avec les deux autres plages.



Figure III 1 Photo de la plage de l'îlot des chèvres. (Photo personnelle)

1. Paramètres physico chimique :

Tableau N°05 : Paramètres physico-chimiques du site 2 l'îlot des chèvres

Paramètres	Valeurs relevées
pH	8
TA	<0.5 mg/l
TAC	130 mg/l
MG ²⁺	2500 mg/l
FER+	1.46 mg/l
Salinité	3404
CA ²⁺	11000 mg/l
CL-	17070 mg/l
conductivité	52200ms/cm

- **Interprétation des résultats :**

D'après les informations fournies, le tableau indique que les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer de la plage d'îlots de chèvres sont généralement bons et ne dépassent pas les normes de qualité requises. Voici une description de ces paramètres.

Les paramètres physico-chimiques mesurés, tels que le pH, la salinité et la conductivité, montrent que l'eau est généralement dans un état favorable pour la vie marine. Un pH de 8 est légèrement alcalin et favorable aux organismes marins, tandis que la salinité et la conductivité sont dans les plages normales pour l'eau de mer. Cependant, la faible valeur d'alcalinité ($TA < 0.5$) soulève des préoccupations quant à la capacité tampon de l'eau. Une faible capacité tampon peut rendre l'écosystème vulnérable aux variations de pH, provoquant des stress environnementaux pour les espèces sensibles.

2. Analyses métaux lourds :

Tableau N°06 : Analyses des métaux lourds du site 02 (l'îlot des chèvres)

Paramètre	Valeur mesurée	Norme	État de pollution
Cuivre	0,084 mg/L	< 2 mg/L	Conforme
Phénol	3,75 mg/L	< 0,002 mg/L (OMS)	Pollution élevée

- **Interprétation de résultats :**

Les résultats concernant les métaux lourds sont préoccupants. Bien que le cuivre soit conforme aux normes de l'OMS, sa concentration relativement élevée pourrait avoir des effets néfastes sur certains organismes marins. En revanche, la présence de phénols à 3.75 mg/L dépasse largement la norme recommandée, indiquant une pollution sévère. Les phénols, souvent associés à la dégradation des plastiques, peuvent perturber les systèmes endocriniens et nuire à la reproduction des espèces marines. Cette situation souligne l'impact direct de l'activité humaine sur la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes.

➤ **Données concernant le site 3 (Kef fatma) :**
Tableau des déchets :

Tableau N°07 : Matériaux en polymères artificiels (Kef fatma)

Matériaux en polymères artificiels			
Code	nom des articles	Nombre	Total
G1			
G3	Sacs à provisions, incl. Pièces	50	50
G4	Petits sacs en plastique, p. sacs de congélation, y compris des morceaux		
G5	Rouleau collectif de sac en plastique; ce qui reste de sacs en plastique rip-off		
G7	Bouteilles de boisson <= 0.5l	71	71
G8	Bouteilles de boisson > 0.5l	63	63
G9	Nettoyant / nettoyant bouteilles et récipients		
G10	Contenants alimentaires incl. récipients de restauration rapide	04	04
G11	Utilisation de bouteilles et de contenants cosmétiques liés à l'utilisation de la plage, p. Sunblocks	06	06
G12	Autres bouteilles et récipients cosmétiques		
G13	Autres bouteilles et contenants (tambours)		
G14	Bouteilles d'huile moteur et récipients <50 cm		
G15	Bouteilles d'huile moteur et récipients > 50 cm		
G16	Jerry canettes (conteneurs en plastique carrés avec poignée)		

G17	Conteneurs à injection		
------------	------------------------	--	--

Code	Items name	Item counts	Total
G19	Pièces de voiture		
G21	plastic caps, couvercles de boissons	180	180
G22	Bouchons en plastique, couvercles de produits chimiques, détergents (non alimentaires)	80	80
G23	Bouchons en plastique, couvercles non identifiés		
G24	Les anneaux plastiques des capsules de bouteilles, couvercles, Pochettes à tabac		
G25	, emballage de boîtes à cigarettes en plastique		
G26	Briquets à cigarettes	07	07
G27	Cigarettes à cigarettes et filtres	06	06
G28	Stylos et couvercles	10	10
G29	Peignes, brosses à cheveux, lunettes de soleil	02	02
G30	Paquets de chips, emballages de bonbons	12	12
G31	Lolly bâtons	08	08
G32	Jouets et poppers		
G33	Tasses et couvercles		
G34	Couverts et plateaux		
G35	Pailles et agitateurs	20	20
G36	Engrais, sacs d'aliments pour animaux		
G37	Mesh légumes sacs		
G40	Gants (vaisselle)		
G41	Gloves, (gants de caoutchouc industriels, professionnels)		
G42	Crabe, casiers à homard et couvercles		
G43	Tags (pêche et industrie)		
G44	Octopus pots		
G45	Filets de moules, filets d'huîtres		
G46	Plateaux d'huîtres (ronds de cultures d'huîtres)		
G47	Feuille de plastique de la culture des moules (Tahitiens)		
G49	Corde (diamètre de plus de 1cm)	06	06
G50	Corde et cordon (diamètre inférieur à 1 cm)	04	04
G53	Filets et morceaux de filet <50 cm		
G54	Filets et morceaux de filet > 50 cm		
G56	Filets emmêlés		
G57	Boîtes à poisson en plastique		
G58	Caisses à poisson en polystyrène expansé		
G59	Ligne de pêche, monofilament (pêche)	02	02
G60	Baguettes lumineuses (tubes avec fluide) incl. Emballage		
G62	Flotteurs pour filets de pêche		
G63	Bouées		
G64	Défenses		
G65	Godets		
G66	Bandes de cerclage		
G67	Feuilles, emballage industriel, bâches en plastique		

G68	Fibre de verre, fragments		
G69	Casques, Casques		
G70	Cartouches de fusil de chasse		
G71	Chaussures, sandales	26	26
G72	Cônes de signalisation		
G73	Éponge en mousse	01	01
G79	Pièces en plastique 2,5 cm> <50cm		
G80	Pièces en plastique> 50 cm	05	05
G82	Pièces en polystyrène 2,5 cm> <50cm		
G83	Pièces en polystyrène> 50 cm	17	17
G84	CD, boîtes de CD		
G85	Emballage au sel		
G86	Arbres à ailettes (à partir d'ailerons pour la plongée sous- marine)		
G87	Ruban de masquage		
G88	Téléphone (y compris les pièces)		
G89	Déchets de construction en plastique		
G90	Pot de fleur en plastique		
G91	Porte-biomasse des stations d'épuration		
G92	Bait conteneurs, emballage		
G93	Attaches de câble		
G95	bâtonnets de coton	15	15
G96	Serviettes hygiéniques, protège-slips, bandes de support		
G97	Désodorisants		
G98	Couches, couches	02	02
G99	Seringues, aiguilles	06	06
G100	Médical, Contenants pharmaceutiques, tubes	07	07
G101	Sacs à fèces pour chiens		
G102	Tongs		
G124	Autres articles en plastique, en polystyrène (identifiables)	20	20
		Poids total	08.50 kg
G57	Boîtes à poisson en plastique		
G58	Caisses à poisson en polystyrène expansé		
G59	Ligne de pêche, monofilament (pêche)	02	02
G60	Baguettes lumineuses (tubes avec fluide) incl. Emballage		
G62	Flotteurs pour filets de pêche		
G63	Bouées		
G64	Défenses		
G65	Godets		
G66	Bandes de cerclage		
G67	Feuilles, emballage industriel, bâches en plastique		
G68	Fibre de verre, fragments		
G69	Casques, Casques		
G70	Cartouches de fusil de chasse		
G71	Chaussures, sandales	26	26
G72	Cônes de signalisation		
G73	Éponge en mousse	01	01
G79	Pièces en plastique 2,5 cm> <50cm		
G80	Pièces en plastique> 50 cm	05	05

G82	Pièces en polystyrène 2,5 cm > <50cm		
G83	Pièces en polystyrène > 50 cm	17	17
G84	CD, boîtes de CD		
G85	Emballage au sel		
G86	Arbres à ailettes (à partir d'ailerons pour la plongée sous- marine)		
G87	Ruban de masquage		

1. Paramètres physico chimiques :

Tableau N°08 : résultats des paramètres physico chimique du site 3 (Kef Fatma)

Paramètres	Valeurs relevées
pH	7.6
TA	<0.5 mg/l
TAC	138 mg/l
TH	6200 mg/l
Ca ²⁺	2300 mg/l
Mg ²⁺	2000 mg/l
Cl ⁻	24520,56 mg/l
Fer	0.29 mg/l
conductivité	54800ms/cm
salinité	35.1

- **Interprétation des résultats :**

Les paramètres physico-chimiques de l'eau, tels que le pH, la salinité, et la conductivité, ont révélé un état globalement favorable pour la vie marine. Un pH mesuré à 7.6 est légèrement alcalin et approprié pour la plupart des organismes aquatiques. Toutefois, une TA très faible (<0.5) soulève des préoccupations quant à la capacité tampon de l'eau, ce qui peut rendre l'écosystème vulnérable aux fluctuations de pH. Cela est particulièrement critique dans le contexte des changements climatiques et de l'acidification des océans.

Les niveaux de calcium (2300 mg/L) et de magnésium (2000 mg/L) sont conformes aux attentes pour l'eau de mer, favorisant la croissance des organismes calcaires. Cependant, la dureté totale élevée (TH 6200) pourrait également entraîner des déséquilibres écologiques si ces minéraux s'accumulent en excès.

2. Analyses métaux lourd et composé organique :

Tableau N°09 : Analyses des métaux lourds du site 3

Paramètre	Valeur mesurée	Norme OMS	Interprétation
Cuivre (Cu)	0.044 mg/L	< 2 mg/L	Conforme
Phénol	3.30 mg/L	< 0.002 mg/L	Très pollué

- **Interprétation de résultats :**

Les analyses des métaux lourds ont révélé des résultats contrastés. La concentration de cuivre (0.044 mg/L) est conforme aux normes de l'OMS, mais il est essentiel de rester vigilant quant à l'accumulation potentielle de ce métalloïde dans l'écosystème. En revanche, la présence de phénols à 3.30 mg/L dépasse largement la norme recommandée. Cette pollution organique est préoccupante, étant souvent liée à la dégradation des plastiques et à des rejets industriels. Les effets toxiques des phénols sur les organismes marins peuvent entraîner des perturbations dans les chaînes alimentaires et nuire à la biodiversité.

III.2. Comparaison des résultats de trois sites avec les normes de l'OMS :

1. Paramètres physico-chimiques :

Tableau N°10 : Comparaison des résultats de 3 sites

Paramètre	Grande Plage	Îlot des Chèvres	Kef Fatma	Interprétation OMS / Référence
pH	7.6	8.0	7.6	6.5 – 8.5 (OMS) – Conforme
TA	<0.5	<0.5	<0.5	Faible capacité tampon
TAC	165	130	138	Pas de norme stricte
TH	6500	-	6200	Très élevé
Ca ²⁺ (mg/L)	5000	11000	2300	Valeurs élevées
Mg ²⁺ (mg/L)	1500	2500	2000	Valeurs élevées
Cl ⁻ (mg/L)	21297	17070	24520	Typique pour l'eau de mer
Fer (mg/L)	1.16	1.46	0.29	< 0.3 mg/L (OMS)
Conductivité	54800 µS/cm	52200 µS/cm	54800 µS/cm	Typique pour l'eau de mer
Salinité	35.1	34.04	35.1	33-37 ‰ (normale)

- **Interprétation des résultats**

Les trois sites respectent le pH recommandé par l'OMS (6.5 - 8.5).

La faible alcalinité (TA <0.5) n'a pas de norme spécifiée par l'OMS, mais elle est préoccupante pour la stabilité du pH.

Les valeurs de dureté totale (TH) et de calcium (Ca²⁺) sont élevées, particulièrement à l'Îlot des Chèvres, sans norme OMS spécifique pour ces paramètres.

La salinité est dans la plage normale pour Grand Plage et Kaf Fatma, mais l'Îlot des

Chèvres présente une valeur anormale.

III.3.Comparaison des résultats du cuivre et phénol du 3 sites avec les normes de l’OMS :

Tableau N°11 : Résultats du cuivre, phénols et norme de l’OMS

Paramètre	Grande Plage	Îlot des Chèvres	Kef Fatma	Norme OMS	Évaluation
Cuivre (Cu)	0.316 mg/L	0.084 mg/L	0.044 mg/L	< 2 mg/L	Conforme partout mais à surveiller
Phénols	2.81 mg/L	3.75 mg/L	3.30 mg/L	< 0.002 mg/L (OMS)	Très pollué sur les 3 sites

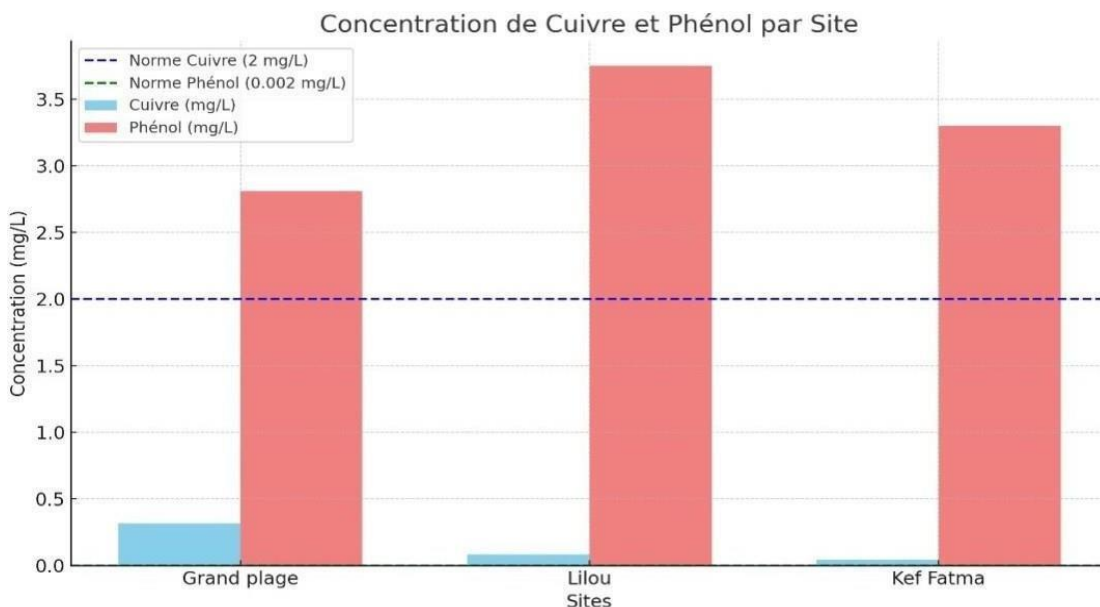


Figure III 2 : diagramme de comparaison de 3 sites

• Interprétation des résultats :

Les niveaux de cuivre sont conformes à la norme OMS (< 2 mg/L) dans les 3 sites.

Les concentrations de phénols dépassent largement la norme OMS, indiquant une pollution plastique significative et préoccupante à tous les sites, surtout à l’Îlot des Chèvres (3.75 mg/L).

III.4. Relation entre Plastiques, Phénols et Cuivre :

Les plastiques dans les milieux marins sont soumis à une dégradation progressive sous l'effet des rayonnements UV, des vagues et du vieillissement chimique. Cette dégradation libère des composés organiques tels que les **phénols**, qui sont des substances toxiques souvent utilisées comme additifs dans la fabrication de plastiques comme le **polystyrène** et le **polycarbonate**. Ces phénols, une fois relâchés dans l'eau, peuvent s'accumuler dans les organismes marins et perturber leur système hormonal et leur reproduction.

En parallèle, le **cuivre** est un métal souvent libéré dans les océans par des sources anthropiques, comme les rejets industriels ou les peintures **antifouling** utilisées sur les coques de bateaux. Le cuivre est lentement relâché dans l'environnement marin, et les plastiques se comportent comme des **éponges chimiques**, absorbant ce métal. Ces plastiques contaminés deviennent ainsi des vecteurs combinés de **pollution organique** (phénols) et **pollution métallique** (cuivre).

Ce couplage représente un risque pour la biodiversité marine, particulièrement pour les organismes filtreurs (bivalves), les poissons juvéniles, les crustacés et le phytoplancton. À long terme, cela peut perturber les écosystèmes marins, réduire la productivité biologique des zones côtières et présenter un risque pour l'homme par la consommation de fruits de mer contaminés.

III.5. Corrélation entre Pollution Visible et Chimique :

Les plastiques, en plus de leur persistance dans l'environnement, agissent comme des **vecteurs de contaminants chimiques**. Grâce à leur grande surface, ils peuvent **adsorber** des polluants présents dans l'eau, tels que des **métaux lourds** (comme le cuivre, le plomb et le mercure) et des produits chimiques organiques. Ces plastiques se transforment ainsi en **réservoirs mobiles** de toxines, susceptibles d'être ingérés par la faune marine, transférant ainsi ces polluants dans la chaîne alimentaire.

Les **phénols**, issus de la dégradation des plastiques, sont des produits chimiques qui peuvent également être relâchés dans l'eau et contaminer les organismes marins. Les **micro plastiques**, en se fragmentant, ont une capacité accrue à **adsorber** des contaminants chimiques, tels que des **pesticides**, des **herbicides** et des **polluants organiques persistants (POP)**, augmentant ainsi le risque pour la faune marine.

Les plastiques jouent donc un rôle central dans la **corrélation entre pollution visible et chimique**, en concentrant et transportant des contaminants, ce qui aggrave les effets de la pollution dans les écosystèmes marins.

III.6. Impacts environnementaux et sanitaires sur les eaux marines côtières :

L'impact environnemental et sanitaire des plastiques et des phénols dans les eaux marines est profond et alarmant. Sur le plan **environnemental**, les plastiques, en particulier les micro plastiques, s'accumulent dans les écosystèmes marins où ils altèrent les habitats

naturels, réduisent la qualité de l'eau et perturbent le comportement des espèces marines. En se fragmentant, ces plastiques libèrent des **phénols**, des composés organiques toxiques issus de la dégradation de résines synthétiques et d'additifs plastiques. Ces phénols, peu biodégradables et persistants, se dissolvent dans l'eau et interfèrent avec la physiologie des organismes aquatiques. Ils perturbent notamment le système endocrinien des poissons et des invertébrés, affectent leur reproduction, altèrent le développement embryonnaire et peuvent provoquer des malformations, voire la mort. Par ailleurs, les plastiques agissent comme des vecteurs pour d'autres polluants comme les **métaux lourds** et les **pesticides**, qu'ils adsorbent et transportent dans l'écosystème, amplifiant ainsi la toxicité de l'environnement marin.

Du point de vue **sanitaire**, la chaîne alimentaire marine est directement touchée. Les poissons, mollusques et crustacés peuvent ingérer des micro plastiques ou absorber des phénols dissous, ce qui conduit à une **bioaccumulation** de ces substances dans leurs tissus. Ces produits de la mer, une fois consommés par l'être humain, peuvent exposer les populations à des risques sanitaires sérieux. Les phénols sont reconnus pour leur toxicité chronique : ils peuvent affecter le foie, les reins, provoquer des troubles neurologiques et, dans certains cas, être cancérogènes. L'ingestion régulière de produits marins contaminés pourrait donc avoir des conséquences à long terme sur la santé humaine, en particulier chez les populations côtières ou les groupes fortement dépendants des ressources marines. En résumé, la pollution des eaux marines par les plastiques et les phénols constitue une menace grave et croissante pour les écosystèmes aquatiques et la santé publique, appelant à des mesures urgentes de prévention, de traitement des rejets et de réduction à la source des plastiques et composés chimiques associés.

III.7. Réduction de la pollution plastique :

○ **En Algérie :**

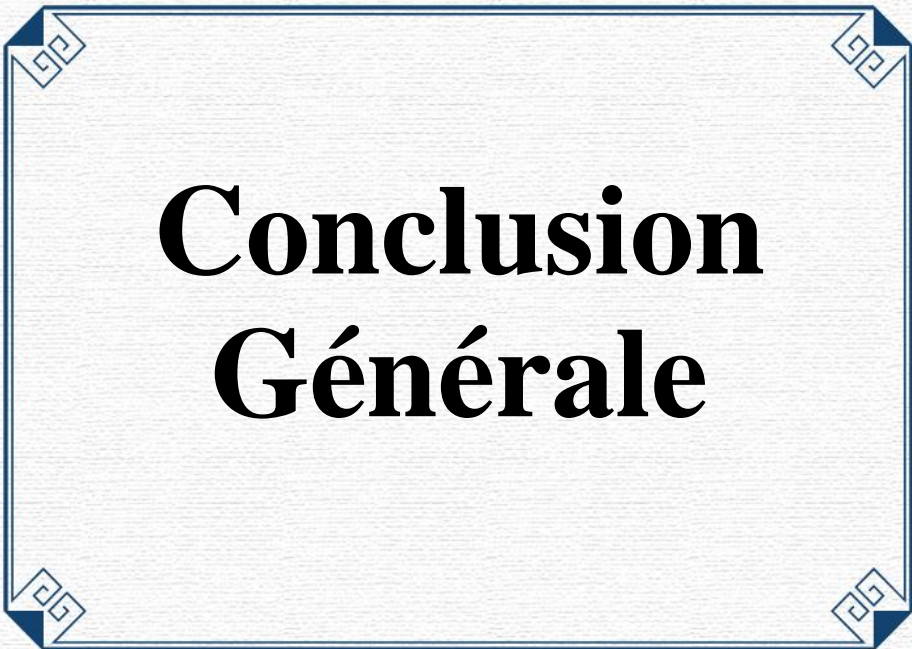
Plusieurs solutions sont proposées pour lutter contre la pollution plastique, telles que la formation et la sensibilisation du public, l'adoption de polymères biodégradables, le soutien aux entreprises de recyclage, et l'implication des autorités locales pour gérer les déchets plastiques. La consigne des bouteilles et la pénalisation des dépôts illégaux sont également recommandées.

○ **l'échelle mondiale :**

La coopération internationale est cruciale pour renforcer la législation sur la gestion des déchets plastiques, notamment les micro plastiques. Des efforts sont nécessaires pour améliorer la gestion des décharges, traiter les eaux usées et sensibiliser les populations à la réduction des déchets. L'économie circulaire et le recyclage sont des solutions essentielles pour limiter l'impact du plastique sur l'environnement.

○ **Développement durable et objectifs mondiaux :**

Le secteur des plastiques contribue aux objectifs de développement durable (ODD), en réduisant les émissions de CO₂ et en améliorant la circularité des plastiques pour éviter leur accumulation dans l'environnement.



Conclusion Générale

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

La présente étude a permis de mettre en évidence l'ampleur alarmante de la pollution plastique affectant le littoral de la wilaya de Skikda, à travers l'analyse des déchets retrouvés sur trois plages principales (Grande Plage, Kef Fatma, et l'îlot des Chèvres) ainsi que l'évaluation physico-chimique des eaux marines adjacentes.

Les résultats obtenus confirment que la pollution plastique, en particulier les micro plastiques et les composés chimiques dérivés tels que les phénols, constitue une menace sérieuse pour la biodiversité marine, la qualité des eaux, et potentiellement la santé humaine. Des niveaux de phénols largement supérieurs aux normes de l'OMS ont été détectés sur l'ensemble des sites échantillonnés, traduisant une contamination organique significative probablement liée à la dégradation des plastiques et aux rejets anthropiques.

En parallèle de la pollution plastique, la présence notable de cuivre dans les eaux échantillonnées, bien que conforme aux normes de l'OMS, interpelle quant à son origine anthropique probable (effluents industriels, corrosion d'infrastructures portuaires, etc.) et ses effets écotoxiques potentiels. Ce métal peut affecter le métabolisme des organismes aquatiques, perturber la reproduction et altérer les chaînes trophiques marines, surtout en synergie avec d'autres polluants comme les phénols. Ainsi, le suivi régulier des métaux lourds dans les milieux côtiers s'impose comme une mesure essentielle pour anticiper les risques et orienter les politiques de gestion environnementale.

La grande variété des déchets plastiques collectés (emballages, bouteilles, bouchons, cordages, objets de consommation) révèle une gestion inadéquate des déchets solides sur le littoral, exacerbée par les activités touristiques, portuaires, et l'absence d'infrastructures de traitement adaptées. Ce constat souligne l'urgence d'adopter des stratégies de réduction à la source, de sensibilisation du public, et de mise en place d'une gestion intégrée et durable des déchets côtiers.

Il est impératif que des actions concrètes soient mises en œuvre à l'échelle locale, nationale et internationale pour limiter la production de plastiques à usage unique, renforcer les politiques de recyclage, et instaurer une gouvernance environnementale efficace. Par ailleurs, des recherches complémentaires s'avèrent nécessaires pour mieux comprendre les effets éco toxicologiques des micro plastiques et des métaux lourds sur les écosystèmes marins et pour proposer des solutions innovantes de dépollution.

En définitive, la protection du littoral algérien et de sa biodiversité passe inévitablement par une prise de conscience collective et des engagements fermes en faveur d'un développement durable respectueux de l'environnement marin.



Références Bibliographiques

Les Références :

[A]

- ANDRADY, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596-1605.

[B]

- BARNES, D.K. et al. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences*, Vol. 364.

[C]

- Catarino, A. I., Macchia, V., Sanderson, W. G., Thompson, R. C., & Henry, T. B. (2018). Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal.

[G]

- GALL, S.C. et THOMPSON, R.C. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*. Elsevier, Vol. 92.
- GORDON, D.M. 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.
- GREGORY, M. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings: entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasion. *Philosophical Transactions of The Royal Society. Biological Sciences*, Vol. 364.

[H]

- Henry, M. 2010. « Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer », 11.

[K]

- KERAMBRUN, Loïc et EVRARD, Estérine. 2012. Déchets sur le littoral. Sous-région marine Manche-Mer du Nord. Evaluation initiale DCSMM.

[L]

- LITHNER, D., LARSSON, A., DAVE, G. (2011). Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, Vol. 409.

[M]

- MERSEL et OUARMIM. 2013. Abondance et répartition des débris plastiques au niveau des plages de Bejaia. Master II. U.A.M. Bejaia.
- MOORE, CHARLES. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, Vol. 108.

[N]

- NOWPAP. 2007. Twelfth Intergovernmental Meeting of the Northwest Pacific Action Plan.

[O]

- OCEANEYE. (2013). Le fléau plastique de la mer Méditerranée. Le magazine nautique suisse.

[P]

- PlasticsEurope. 2013. Plastics the Facts 2013. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. 15-18.
- Pilapitiya, N. T., & Ratnayake, A. S. (2024). The world of plastic waste: a review. Cleaner Materials, 100220.

[T]

- TER HALLE, A. et PEREZ, E. 2018. La pollution plastique en mer : le septième continent.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? Science, 304(5672), 838-838.

[V]

- VIEL G. 2013. Valorisation des coproduits marins : Perspectives et développement dans la valorisation des coproduits marins. Centre de recherche pour la biotechnologie marines, p3.

[W]

- WRIGHT, S L. et al. 2013. Micro plastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. Current Biology, Vol. 23