

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - ElOued-

كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا
Département de Biologie

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE**

*Filière: Ecologie et Environnements
Spécialité: Biodiversité et Environnements*

THEME

***Détection et caractérisation des microplastiques dans
une zone humide saharienne : cas du lac Chott d'
El Oued.***

Présentée par :
*Ghenbazi Ikram
Ghodbane Nour el imane*

Membres du jury

Qualité	Nom et prénom	Grade	Établissement
Président(e)	Dr. Gahtar Abd elwahab	MCA	Univ. Eloued
Encadrant(e)	Dr. Bachi Oum El Kheir	MCB	Univ. Eloued
Co-encadrant	Pr. Saggai Sofiane	Professeur	ESAS Eloued
Examineur(trice)	Dr. Sarrye Aicha	MCB	Univ. Eloued

Année universitaire: 2025-2026





Remerciements et gratitude

Nous louons Allah, abondamment et avec reconnaissance, pour Ses bienfaits et pour la patience et la capacité qu'Il nous a accordées afin de mener à bien ce travail. Nous Lui demandons de le rendre utile et de continuer à nous accorder Sa réussite.

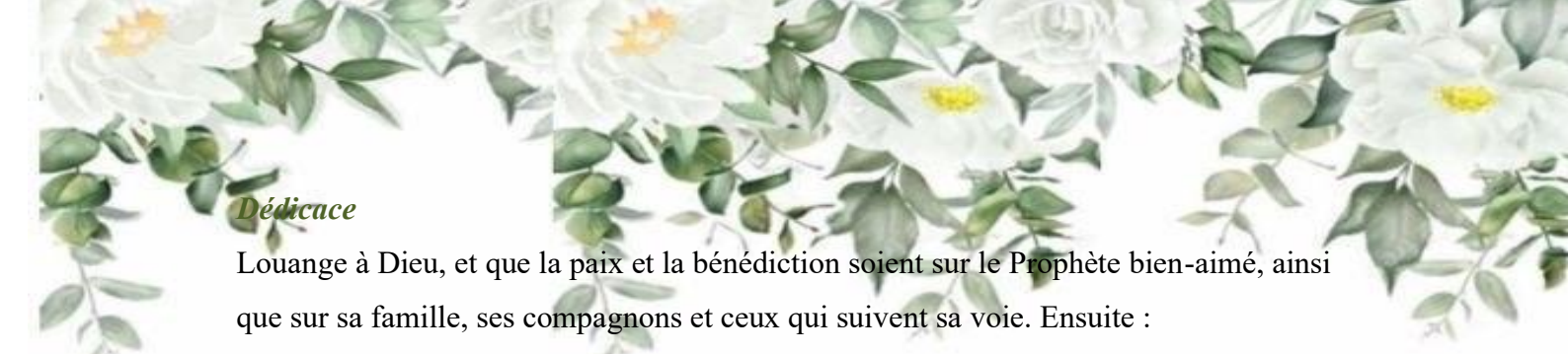
*Nous adressons nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude à Dr. **Bachi Oum El Kheir**, pour avoir aimablement accepté de superviser ce mémoire, ainsi que pour tous les conseils, orientations et l'aide sincère qu'elle nous a apportés afin de réaliser ce travail dans sa forme actuelle. Qu'elle trouve ici l'expression de notre haute considération et de notre profond respect.*

Nous exprimons également nos remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail, ainsi que pour leurs efforts dans son appréciation et son amélioration.

Nous n'oublions pas le soutien précieux de notre famille et de nos amis. Nous remercions tous ceux qui nous ont soutenus. Nous exprimons aussi notre gratitude envers tous nos enseignants, de l'école primaire jusqu'à l'université, qui ont contribué à notre formation et à l'atteinte de ce niveau.

Nous adressons enfin nos sincères remerciements à toute personne qui a semé en nous l'espoir et l'optimisme, ainsi qu'à tous ceux qui nous ont apporté aide et idées, même sans en être conscients.





Dédicace

Louange à Dieu, et que la paix et la bénédiction soient sur le Prophète bien-aimé, ainsi que sur sa famille, ses compagnons et ceux qui suivent sa voie. Ensuite :

Louange à Dieu qui nous a permis de franchir cette étape de notre parcours académique. Ce travail est le fruit d'un effort continu et d'un travail assidu, et nous demandons à Dieu de l'accepter comme une œuvre sincère pour Sa face noble.

Je dédie ce modeste travail à celui qui m'a appris que la vie est lutte et que l'arme de la réussite est le savoir et la connaissance, à celui qui a œuvré pour mon confort et mon succès, à l'homme le plus cher et le plus précieux de mon existence, mon cher père, qu'Allah le protège et lui accorde une longue vie.

Et à celle pour qui Allah a placé le Paradis sous ses pieds, à celle dont les prières et le soutien ont été ma force à chaque étape, ma chère mère, qu'Allah la protège et la garde lumière de mon chemin.

À mes frères, qui ont embelli mon destin et avec qui j'ai découvert le véritable sens de la fraternité, mon soutien dans la vie : ***Zoubeir, Ibrahim, Ahmed et Abdallah.***

À mes chères sœurs, fleurs de mon existence : ***Roumayssa, Mona et Hanaa.***

Aux petits anges de la famille qui remplissent la maison d'innocence et de joie, que Dieu les protège et les garde.

À tous les proches, amis, camarades de classe sans exception, ainsi qu'à toute la famille ***Ghenbazi.***

À mes honorables enseignants, en particulier Madame le Docteur ***Bachi Oum El Khir,*** qui a supervisé ce mémoire.

À ma compagne de parcours, qui a partagé ce chemin avec moi et a été un véritable soutien, mon amie de toujours : ***Chifa Nour El Iman.***

Et à tous ceux que j'ai connus et qui ont eu un impact positif dans ma vie et ont contribué à ma motivation, recevez de ma part toute ma gratitude et mon profond respect.

Ikram





Dédicace

Ce moment ne s'hérite pas et ne s'achète pas. J'ai payé son prix avec ma vie, ma jeunesse, mes nuits blanches, mes peurs et mes larmes. C'est l'ardeur d'atteindre le but, une larme de tristesse et la joie de toute une vie. C'est la fin heureuse de grands débuts, et mon rêve est devenu réalité.

Je dédie ma réussite à tout ce que je possède, au pilier solide dans les épreuves de mes jours, à ceux qui sont dans ma vie, à ceux qui ont fourni des années d'efforts pour moi : ma mère et mon père.

Je dédie également ma réussite à mes frères et sœurs, à ceux qui ont été à mes côtés dans les bons comme dans les mauvais moments, et à chaque âme qui m'a entourée d'amour et de prières. Merci à tous ceux qui ont croisé mon chemin, sur qui je me suis appuyée ou qui sont simplement passés. Merci à chacun de ceux qui m'ont appris un mot ou une compétence.

Je remercie moi-même pour chaque effort invisible, pour chaque patience qui m'a menée jusqu'ici...

Je suis fière de moi, car ce succès, je l'ai construit de mes propres mains.

Nour el imane



Résumé

Cette étude porte sur la détection des microplastiques et la détermination de leurs caractéristiques dans les eaux du lac Chott de la wilaya d'El Oued, une zone humide urbaine d'une grande importance écologique, soumise à des pressions anthropiques croissantes dues à l'accumulation des déchets. L'étude vise à évaluer le niveau de pollution par les microplastiques, à identifier les types de polymères dominants, ainsi qu'à étudier l'influence des paramètres physico-chimiques de l'eau sur la distribution de ces particules.

L'étude a été réalisée selon une méthodologie de terrain et de laboratoire comprenant le prélèvement d'échantillons d'eau au niveau de trois stations différentes durant les mois de février et d'avril. Les échantillons ont subi des opérations de filtration et de tri microscopique, puis une analyse qualitative par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).

Les résultats ont montré une augmentation remarquable du nombre de microplastiques durant le mois d'avril par rapport au mois de février, la station 2 ayant enregistré la concentration la plus élevée avec 56 particules. Cette augmentation serait liée à l'intensification des activités humaines ainsi qu'à l'influence des facteurs climatiques, notamment le vent. L'analyse FTIR a également révélé la présence de polymères de polyéthylène (PE) et de polypropylène (PP), avec l'observation de particules dégradées sous l'effet des facteurs environnementaux.

Concernant les paramètres physico-chimiques, les résultats ont montré que les eaux du lac présentent un caractère alcalin, avec des valeurs de pH comprises entre 7,52 et 8,93. Un niveau élevé de pollution organique a également été enregistré durant le mois de février, les valeurs de la demande biochimique en oxygène (DBO5) dépassant la limite autorisée fixée à 7 mg/L, tandis qu'une amélioration relative de la qualité des eaux a été observée durant le mois d'avril.

Ces résultats confirment que le lac Chott est affecté par une pollution réelle aux microplastiques, ce qui nécessite la mise en place de stratégies efficaces afin de limiter les apports de déchets plastiques et de protéger cet écosystème sensible.

Mots-clés : zones humides, microplastiques, lac Chott, Pollution.

الملخص

تتناول هذه الدراسة الكشف عن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة وتحديد خصائصها في مياه بحيرة الشط بولاية الوادي، وهي منطقة رطبة حضرية ذات أهمية بيئية كبيرة، تتعرض لضغوط بشرية متزايدة نتيجة تراكم النفايات. وتهدف الدراسة إلى تقييم مستوى التلوث بالجزيئات البلاستيكية، وتحديد أنواع البوليمرات السائدة، إضافة إلى دراسة تأثير الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه على توزيع هذه الجسيمات

اعتمدت الدراسة على منهجية ميدانية ومخبرية، شملت جمع عينات المياه من ثلاث محطات مختلفة خلال شهر فيفري وأفريل. خضعت العينات لعمليات الترشيح والفرز المجهرية، ثم للتحليل النوعي باستخدام تقنية مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR).

أظهرت النتائج ارتفاعا ملحوظا في عدد الجسيمات البلاستيكية الدقيقة خلال شهر أفريل مقارنة بشهر فيفري، حيث سجلت المحطة الثانية أعلى تركيز بلغ 56 جسيماً، مما يعود إلى تزايد الأنشطة البشرية وتأثير العوامل المناخية خاصة الرياح. كما كشف تحليل FTIR عن بوليمرات البولي إيثيلين (PE) والبولي بروبيلين (PP)، مع ملاحظة وجود جسيمات متدهورة بفعل العوامل البيئية.

أما الخصائص الفيزيوكيميائية، فقد أظهرت النتائج أن مياه البحيرة ذات طابع قلوي، حيث تراوحت قيم الأس الهيدروجيني بين 7.52 و 8.93. كما سجل تلوث عضوي مرتفع خلال شهر فيفري، إذ تجاوزت قيم الطلب البيوكيميائي على الأكسجين (DBO5) الحد المسموح به والمقدر بـ 7 ملغ/لتر، في حين تحسنت نوعية المياه نسبياً خلال شهر أفريل.

تؤكد هذه النتائج أن بحيرة الشط تعاني من تلوث فعلي بالجزيئات البلاستيكية، مما يستدعي وضع استراتيجيات فعالة للحد من تدفق النفايات البلاستيكية وحماية هذا النظام البيئي الحساس.

الكلمات المفتاحية:

المناطق الرطبة، الجسيمات البلاستيكية الدقيقة، بحيرة الشط الوادي، التلوث.

Titre	Page
Basmala	I
Remerciements et gratitude	II
Dédicace — Ikram	III
Dédicace — Nour elimane	IV
Résumé	V
Résumé enarabe	VI
Liste des figures et des images	VII
Liste des figures et des images — suite	VIII
Liste des tableaux	IX
Liste des abréviations	X
Introduction	01
Partiethéorique	05
Chapitre I : Les zones humides	06
1- Définition des zones humides	07
2- Convention de Ramsar sur les zones humides	07
3- Les zones humides en Algérie	08
4- Types de zones humides	10
5- Biodiversité des zones humides en Algérie	11
5-1 La végétation	11
5.1.1 Les plantes halophytes	12
5.1.2 Les grandes plantes émergentes des marais d'eau douce	12
5.1.3 Les plantes aquatiques submergées et flottantes	13
5.2 La faune	13
6- Fonctions des zones humides	14
6-1 Fonctionsbiogéochimiques	14
6-2 Fonctionsbiologiques	14
6-3 Fonctionsécologiques	15
6-4 Fonctionshydrologiques	15
7- Menaces pesant sur les zones humides	15
Chapitre II : Généralités sur les microplastiques	16
1- Définition des microplastiques	17

2- Sources de microplastiques	17
2-1 Sources terrestres des microplastiques	17
2-2 Sources marines des microplastiques	18
3- Les caractéristiques des microplastiques	18
4- Classification des microplastiques	20
4-1 Microplastiques primaires	20
4-2 Microplastiques secondaires	20
5- Types des microplastiques	21
6- Mécanismes de création des microplastiques	22
6-1 Dégradation mécanique ou fragmentation	22
6-2 La photodégradation et le mécanisme de formation des microplastiques	22
6.2.1 Phase d'initiation	22
6.2.2 Phase de propagation	22
6.2.3 Phase de ramification	22
6.2.4 Phase de terminaison	23
6-3 Dégradation chimique des plastiques en microplastiques	23
6.3.1 Oxydation chimique	23
6.3.2 Hydrolyse	23
6-4 Biodégradation	24
7- Impact des microplastiques	24
7-1 Impact des microplastiques sur les écosystèmes terrestres	24
7-2 Impact sur les organismes aquatiques	25
7-3 Contamination de la chaîne alimentaire et impact sur l'homme	25
Partie pratique	26
Chapitre I : Matériels et méthodes	27
1- Présentation de la région d'étude	27
1-1 Situation géographique de la région d'El Oued	27
1-2 Situation géographique de la station d'étude : Lac Chott	28
1-3 Description du site de la station d'étude	28
1-4 Choix des points de prélèvement	30
2- Microplastiques	32
2.1 Matériel	32

2.2 Réactifs	32
2.3 Méthode de prélèvement des échantillons	32
2.4 Méthode de travail au laboratoire	34
2.4.1 Filtration des matières en suspension	34
2.4.2 Observation et tri des microplastiques à l'aide de la loupe binoculaire	35
2.4.3 Particules plastiques	36
3- Analyses physico-chimiques de l'eau	37
3.1 Mesure du pH, de la température et de la conductivité électrique	37
3.2 Mesure de l'oxygène dissous	38
3.3 Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)	38
3.4 Mesure des matières en suspension (MES)	39
3.5 Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	39
Chapitre II : Résultats et discussion	41
1- Résultats et discussion	42
1.1 Microplastiques	42
1.1.1 Les microparticules plastiques sous la loupe binoculaire	42
1.1.1.1 Mois de février	42
1.1.1.2 Au cours du mois d'avril	42
1.1.2 Dénombrement des particules microplastiques	43
1.1.3 Identification des microplastiques par analyse FTIR	44
1.1.3.1 Échantillons du mois de février	44
1.1.3.2 Échantillons du mois d'avril	48
1.2 L'eau	51
1.2.1 Paramètres physico-chimiques	51
1.2.1.1 Température (T°)	52
1.2.1.2 Potentiel hydrogène (pH)	53
1.2.1.3 Conductivité électrique	54
1.2.1.4 Oxygène dissous	56
1.2.1.5 Demande chimique en oxygène (DCO)	57
1.2.1.6 Matières en suspension (MES)	58
1.2.1.7 Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	59
1.2.2 Influence des facteurs physico-chimiques sur la dégradation des	61

plastiques	
3- Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la concentration des microplastiques	62
Conclusion	64
Recommandations	65
<i>L'annexe</i>	66
Références	67

Liste des figures et des images

N°	Titre	Page
01	Carte de répartition des 42 sites classés sur la liste Ramsar des zones humides en Algérie (D.G.F, 2007)	09
02	Plante de salicorne dans les zones humides	12
03	Plante de roseau dans les zones humides	13
04	Plante de potamot dans un milieu aquatique d'eau douce (Fischer, Christian, 2005)	13
05	Canard marbré avec ses petits à Chott El Oued, au nord-est du Sahara algérien (Gueddoul M. et al., 2025)	14
06	Lac de Chott, région d'Oued Souf	28
07	Les oiseaux présents dans le lac Chott	29
08	Quelques plantes présentes dans le lac d'El Oued	30
09	Localisation des stations d'échantillonnage (S1, S2, S3) dans le lac d'étude	31
10	Stations de prélèvement d'échantillons	32
11	Méthode d'échantillonnage dans le lac El Chott	33
12	Opération de tamisage	33
13	Échantillons conservés	34
14	Filtration des matières en suspension	35
15	Loupe binoculaire utilisée pour l'observation et le tri des microplastiques	36
16	Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) pour l'analyse des échantillons	37
17	Appareil de mesure du pH, de la température et de la conductivité électrique	38
18	Appareil de mesure de l'oxygène dissous : oxymètre	38
19	Appareil de mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)	39
20	Appareil de mesure des matières en suspension (MES)	39

21	Appareil de mesure de la DBO5	40
22	Nombre de microplastiques dans les différents échantillons durant les mois de février et d'avril	43
23	Spectre FTIR de l'échantillon A.1 durant le mois de février	44
24	Spectre FTIR de l'échantillon A.2 durant le mois de février	45
25	Spectre FTIR de l'échantillon B.1 durant le mois de février	46
26	Spectre FTIR de l'échantillon B.2 durant le mois de février	46
27	Spectre FTIR de l'échantillon B.3 durant le mois de février	47
28	Spectre FTIR de l'échantillon C.1 durant le mois de février	47
29	Spectre FTIR de l'échantillon C.2 durant le mois de février	48
30	Spectre FTIR de l'échantillon A.1 durant le mois d'avril	48
31	Spectre FTIR de l'échantillon A.2 durant le mois d'avril	49
32	Spectre FTIR de l'échantillon B.1 durant le mois d'avril	49
33	Spectre FTIR de l'échantillon B.2 durant le mois d'avril	50
34	Spectre FTIR de l'échantillon C.1 durant le mois d'avril	50
35	Spectre FTIR de l'échantillon C.2 durant le mois d'avril	51
36	Variation de la température (T°) dans les stations étudiées durant les mois de février et d'avril	52
37	Variation du potentiel hydrogène (pH) des eaux du lac au cours de la période d'étude	53
38	Variation de la conductivité électrique des eaux du lac au cours de la période d'étude	55
39	Variation de l'oxygène dissous au cours des mois de février et d'avril à travers les différents échantillons	56
40	Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux du lac au cours de la période d'étude	57
41	Variation des matières en suspension (MES) des eaux du lac au cours de la période d'étude	58
42	Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO5) des eaux du	60

	lac au cours de la période d'étude	
43	Matrice de corrélation de Pearson	62

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Types de zones humides classées dans la liste Ramsar en Algérie (Belhadje et al., 2021)	09
02	Les types des zones humides selon le SDAGE (Hachem & Kelkami, 2024)	10
03	Les caractéristiques des microplastiques (Osman et al., 2023)	18
04	Les différents types de microplastiques, leur taille et leur définition (Crawford et Quinn, 2017)	21
05	Coordonnées des points de prélèvement	31
06	Microplastiques capturés à l'aide d'une loupe binoculaire ainsi que leur nombre au cours du mois de février.	42
07	Microplastiques capturés à l'aide d'une loupe binoculaire ainsi que leur nombre au cours du mois d'avril.	42

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
FTIR	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
PE	Polyéthylène
PP	Polypropylène
HDPE	Polyéthylène haute densité
PET	Polyéthylènetéréphtalate
PVC	Polychlorure de vinyle
PLA	Acidepolylactique
ABS	Acrylonitrile butadiènestyrène
DBO₅ / DBO5	Demande biochimique en oxygène sur cinq jours
DCO	Demandechimiqueeenoxygène
MES	Matières en suspension
pH	Potentielhydrogène
T°	Température
O₂	Oxygène
CO₂	Dioxyde de carbone
UV	Rayons ultraviolets
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
DGF	Direction Générale des Forêts
S1, S2, S3	Stations de prélèvement 1, 2 et 3
E1, E2, E3	Échantillons étudiés 1, 2 et 3
mg/L	Milligramme par litre
µm	Micromètre

cm⁻¹	Nombre d'onde par centimètre
------------------------	------------------------------

Introduction

Introduction

Les zones humides comptent parmi les écosystèmes les plus riches et les plus complexes de la planète, en raison des fonctions écologiques, hydrologiques et biologiques essentielles qu'elles remplissent. Elles représentent des systèmes de transition entre les environnements terrestres et aquatiques, caractérisés par la présence d'eau permanente ou saisonnière, ce qui leur confère une productivité biologique élevée et une riche biodiversité. Ces zones comprennent les lacs, les marais, les sebkhas et les oasis, qui constituent des habitats naturels importants pour de nombreux organismes végétaux et animaux (**Hamouda, 2013 ; Hubert & Marin, 2001**). Les zones humides assurent de multiples fonctions vitales, notamment l'épuration de l'eau, son stockage, la recharge des nappes phréatiques, ainsi que la réduction des inondations, la lutte contre la désertification et la régulation du climat local, ce qui en fait des éléments essentiels pour la préservation de l'équilibre écologique et la durabilité des ressources naturelles (**Fustec et al., 2000 ; Noulet, 2005**). Ces écosystèmes ont fait l'objet d'une attention internationale croissante à travers la Convention de Ramsar relative aux zones humides, qui a souligné l'importance de protéger ces systèmes et de les exploiter de manière rationnelle.

Cependant, les zones humides sont devenues au cours des dernières décennies soumises à des pressions environnementales croissantes en raison de diverses activités humaines, telles que la pollution, l'exploitation excessive des ressources en eau, l'expansion urbaine non planifiée, ainsi que les changements climatiques, ce qui a conduit à la détérioration de la qualité de l'eau et au déséquilibre écologique dans plusieurs de ces environnements sensibles.

Dans ce contexte, la pollution par les particules plastiques de taille micro (microplastiques) est considérée comme l'une des formes les plus dangereuses de pollution moderne menaçant les systèmes aquatiques. Le microplastique est défini comme des particules plastiques de taille inférieure à 5 mm, provenant soit directement, soit de la dégradation des déchets plastiques de grande taille sous l'effet des facteurs physiques, chimiques et biologiques, influencés par diverses conditions environnementales telles que la température, l'oxygène et le pH (**Thompson et al., 2004 ; Wright et al., 2013**).

La dangerosité de ces particules réside dans leur capacité à persister longtemps dans le milieu aquatique, ainsi que dans leur aptitude à absorber les polluants

chimiques et les métaux lourds et à les transférer le long des chaînes alimentaires après leur ingestion par les organismes aquatiques, ce qui peut finalement conduire à leur transfert à l'homme (**Galloway, 2015**). De nombreuses études récentes ont également démontré leurs effets négatifs sur les organismes vivants et sur l'équilibre écologique des plans d'eau.

Dans ce cadre, l'étude de la pollution par les microplastiques dans les zones humides désertiques revêt une importance scientifique croissante, en raison de la fragilité de ces écosystèmes et de leur grande sensibilité aux changements environnementaux. Parmi ces environnements, se distingue le lac Chott (El Oued) comme un écosystème doté d'une spécificité naturelle et écologique unique, influencé par l'interaction des facteurs naturels et des activités humaines environnantes. Malgré l'importance de ce lac, le niveau de pollution par les particules plastiques de taille micro, ainsi que leurs caractéristiques physiques et chimiques, reste insuffisamment déterminé, ce qui nécessite la réalisation d'études scientifiques pour révéler l'étendue de la présence de ces polluants et évaluer les facteurs influençant leur distribution dans le lac.

Ainsi, cette étude vise principalement à :

- Détecter la présence de particules microplastiques dans les eaux du lac Chott et déterminer leurs quantités.
- Identifier les types de polymères les constituant en utilisant la technique de spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).
- Évaluer la distribution spatiale et temporelle de ces particules sur différentes périodes.
- Étudier certains paramètres physico-chimiques de l'eau pour comprendre leur rôle dans la dispersion et la dégradation de ces polluants, fournissant ainsi une base de données scientifiques préliminaire contribuant à la protection de cet écosystème sensible.

Cette étude est divisée en deux parties principales :

La première partie consiste en une étude bibliographique (aspect théorique), comprenant le premier chapitre qui présente des informations générales sur les zones humides, leur définition et leur importance écologique, notamment en Algérie. Le deuxième chapitre présente les informations essentielles relatives aux particules microplastiques, leurs caractéristiques, leurs sources, leurs mécanismes de formation et leurs différents impacts environnementaux.

Quant à la deuxième partie, qui est la partie appliquée (terrain et laboratoire), elle se subdivise à son tour en deux chapitres : le premier chapitre décrit la zone d'étude (le lac Chott à El Oued) ainsi que les matériels et méthodes utilisés lors du travail de terrain et des analyses de laboratoire. Le deuxième chapitre présente les différents résultats obtenus et leur discussion, incluant l'inventaire des particules, l'identification des types de polymères par la technique FTIR, et l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Enfin, nous concluons l'étude par une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus et propose un ensemble de perspectives et de recommandations pour la protection de cet écosystème.

Partie théorique

Chapitre

I: Généralités Les

zones humides

Chapitre I: Les zones humides

1- Définition des zones humides

Selon la Convention de Ramsar, les zones humides sont définies comme des terres exploitées ou non exploitées, généralement inondées ou saturées d'eau, que cette eau soit douce, salée ou saumâtre. Elles peuvent être permanentes ou temporaires. Lorsque la végétation est présente dans ces milieux, il s'agit le plus souvent de plantes hygrophiles qui dominent durant une période déterminée de l'année. La délimitation des zones humides repose sur plusieurs critères, notamment les caractéristiques morphologiques des sols associées à la présence prolongée d'eau naturelle, ainsi que la présence de végétation hygrophile. En l'absence de ce type de végétation, les propriétés pédologiques peuvent, à elles seules, suffire pour identifier une zone comme étant humide. **(Hachem & Kelkani, 2024).**

Les zones humides se répartissent à l'intérieur des bassins versants dans des contextes variés : en zones montagneuses d'altitude, dans les plaines, sur les versants et dans les zones de rupture de pente, au fond des vallées, sur de vastes étendues à faible relief, ainsi qu'aux abords des lacs, des estuaires et des littoraux marins. Ces milieux se caractérisent par leur interconnexion hydrologique, résultant des mouvements de l'eau, de sorte que toute intervention anthropique peut affecter l'ensemble du fonctionnement de l'écosystème. **(Ramsar, 2013).**

2- Convention de Ramsar sur les zones humides

La Convention de Ramsar est un traité intergouvernemental adopté le 2 février 1971 à Ramsar, en Iran, sur les rives méridionales de la mer Caspienne. Il s'agit du premier traité mondial moderne consacré à la conservation et à l'utilisation durable des ressources naturelles **(Ramsar, 2013).**

Cette convention fournit un cadre pour l'action nationale et la coopération internationale visant la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources, à l'échelle régionale et mondiale .

En janvier 2016, 169 pays en étaient parties contractantes, et plus de 2 220 zones humides, couvrant 214 millions d'hectares, ont été inscrites sur la Liste internationale des zones humides d'importance internationale.

Selon les termes de la convention, la sélection des zones humides pour cette liste doit

reposer sur leur importance écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique à l'échelle internationale. **(Ramsar, 2016).**

3-Les zones humides en Algérie

L'Algérie a adhéré à la Convention de Ramsar par le décret exécutif n° 82-439 du 11 décembre 1982, et l'a mise en œuvre à partir de 1983 en inscrivant deux zones humides, notamment Tonga et Oubeïra à El Kala, sur la Liste Ramsar des zones humides d'importance internationale.

La Direction Générale des Forêts (DGF) représente l'autorité nationale chargée de cette convention en Algérie. Elle a, à ce jour, classé 11 zones humides, tandis qu'une dizaine d'autres sont en cours de classement(Figure01). Depuis son adhésion, l'Algérie s'est engagée dans les objectifs de la Convention de Ramsar, qui visent la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides. Cette démarche s'inscrit également dans une politique de développement agricole et rural durable, favorisant une meilleure gestion des ressources en eau et une valorisation des espaces concernés .Les zones humides sont réparties sur l'ensemble du territoire national. Cependant, l'Est de l'Algérie se distingue par une forte concentration de lacs, due à des précipitations plus abondantes que dans les régions du Centre et de l'Ouest **(Belhadje et al, 2021).**

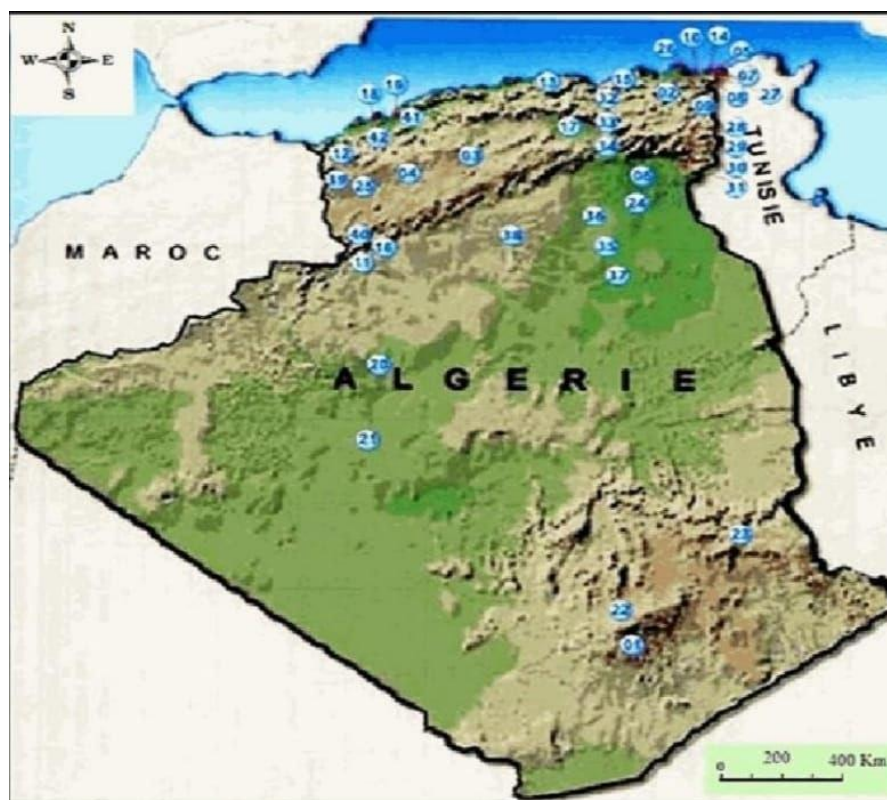


Figure 01: Carte de répartition des 42 sites classés sur la liste Ramsar des zones humides en Algérie (D.G.F, 2007)

L'Algérie est riche en une grande diversité d'écosystèmes de zones humides, ce qui lui a permis d'en classer un nombre important. Plusieurs de ces zones ont été inscrites sur la liste de Ramsar en raison de leur grande biodiversité, notamment au niveau de leurs rives. Le pays occupe la première place en termes de nombre de sites classés, avec 13 chotts, suivis de 11 lacs, 5 sebkhas et 5 garaâts, en plus d'autres types tels que les oasis, les oueds et les marais ... etc. (tableau 01) (Belhadje et *al*, 2021).

Tableau 01: Types de zones humides classées dans la liste Ramsar en Algérie (Belhadje et *al*, 2021).

La zones humides classées mondialement	Leur Nombre
Les chouttes	13
Les lac	11

Sabkhas	5
Al-Qara'at	5
Vallées	3
Les oasis	3
Marécages	3
Gulttas	2
Grotte	2
Marais salant	1
El Dayat	1
Prairie humides	1
Totale	50

4-Types de zones humides

Il existe 13 types de zones humides (tableau 02) classés en trois catégories :

- Les eaux marines.
- Les eaux courantes.
- Les eaux stagnantes.

Tableau 02: Les types des zones humides selon le SDAGE (Hachem & Kelkami, 2024).

Nbr de type	Typologies SDAGE	Typologie SAGE(soustype)
Les eaux marines		
1-	Grands estuaries	Herbier
		Recif
2-	Baies et estuaires moyens et plats	Vasière
		Prés-salé
3-	Marais et lagunes côtier	Arrière dune
		Lagune
4-	Marais saumâtres aménagés	Marais salant
		Bassin aquacole
Les eaux courantes		
5-	Zones humides des cours d'eau et bordures boisées	Ripisylve
		Forêt alluviale
6-	Plaines humides mixtes liées aux cours d'eau	Herbacée (prairie inondable)
		Palustre (roselière, cariçaie) à végétation submergée
Les eaux stagnantes		
7-	Zones humides de montagnes, collines et plateaux	Marais d'altitude (source, combe à neige)
		Tourbière
		Zone humide de bas-fond en tête de bassin
		Zone humide boisée

8-	Régions d'étangs	Herbacée (roselière, prairie inondable)
		Palustre (roselière, caricale)
9-	Petits plans d'eau et bordures de plans d'eau	Végétation submergée
10-	Marais et lands humides de plaines et plateaux	Landes humides
		Plaines tourbeuses
11-	Marais et lands humides de plaines et plateaux	Pent lac
		Mare
		Tourbière
		Pre-salé continental
12-	Marais aménagés dans un but agricole	Rizières
		Prairie amendée
		Peupleraie
13-	Zones humides artificielles	Réservoir-barrage
		Carrière en eau
		Lagunage

5- Biodiversité des zones humides en Algérie

L'Algérie présente une grande diversité géographique comprenant les montagnes, les Hauts Plateaux, les plaines et les déserts, ce qui lui confère une richesse importante en écosystèmes et en biodiversité. Les zones humides font partie des écosystèmes les plus remarquables en raison de leur diversité et de leur importance. Elles jouent un rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre écologique. Elles contribuent à la régulation de l'eau et du climat local, constituent un habitat pour de nombreuses espèces vivantes et représentent un important réservoir génétique, ce qui en fait une ressource écologique de grande valeur aux niveaux national et mondial. (Boubekeur F, 2021).

5-1 La végétation

Dans les zones humides méditerranéennes, on distingue six grands types de végétation :

les plantes halophytes des marais et lagunes, les plantes émergentes des eaux douces (comme les roselières), les prairies humides, les forêts riveraines, les jonchaies, ainsi que les plantes submergées et flottantes des lacs et lagunes. (Boubekeur F, 2021).

5.1.1 Les plantes halophytes

Les plantes halophytes se développent dans les zones marécageuses caractérisées par une forte salinité et des inondations saisonnières. Parmi les plus importantes figurent la salicorne (*Salicornia*) et l'Arthrocnemum, des espèces capables de s'adapter à ces conditions extrêmes. Elles contribuent à la stabilisation des sols en retenant les sédiments. La végétation évolue progressivement des zones inondées vers les marges des marais, où apparaissent le jonc (*Juncus*), puis le tamaris (*Tamarix*) et enfin les prairies humides. (Boubekeur F, 2021).



Figure02: Plante de salicorne dans les zones humides (Ghenbazi ,Ghodbane 2026)

5.1.2 Les grandes plantes émergentes des marais d'eau douce

Les roseaux figurent parmi les plantes les plus répandues dans les marais d'eau douce, où ils se développent dans les zones à humidité persistante durant la majeure partie de l'année. On les retrouve généralement dans les milieux constamment inondés, parfois sous forme de masses flottantes.

En cas de pâturage intensif, les roseaux peuvent régresser au profit de plantes rampantes telles que les scirpes maritimes, qui supportent mieux la salinité et se

développent surtout dans les zones faiblement pâturées, notamment sur les rives des lacs profonds. (Boubekeur F, 2021).



Figure03: Plante de roseau dans les zones humides (Ghenbazi, Ghodbane 2026)

5.1.3 Les plantes aquatiques submergées et flottantes

Les plantes aquatiques submergées sont variées, parmi lesquelles on trouve plusieurs espèces de potamots, constituant une source de nourriture pour certains oiseaux aquatiques, notamment les canards en période hivernale. Lorsque la salinité de l'eau augmente, ces plantes disparaissent progressivement et sont remplacées par les ruppias. Dans les zones qui s'assèchent pendant plus d'un mois, apparaissent plutôt des plantes comme les characées, capables de résister à la sécheresse estivale.

(Boubekeur F, 2021).



Figure04: Plante de potamot dans un milieu aquatique d'eau douce (Fischer, Christian 2005).

5.2 La faune

Les zones humides en Algérie constituent des écosystèmes d'une grande importance en raison de leur forte diversité animale. Elles représentent des sites

essentiels de repos, de halte et de reproduction pour les oiseaux aquatiques migrateurs et sédentaires. Elles abritent également une grande variété de poissons, d'amphibiens et de reptiles, ainsi que mammifères qui exploitent leurs ressources naturelles.

Cette diversité ne se limite pas aux vertébrés, mais inclut aussi de nombreux insectes, tels que les moustiques et d'autres espèces, qui jouent un rôle important dans les chaînes alimentaires malgré leurs effets parfois négatifs. Cette richesse faunistique contribue au maintien de l'équilibre écologique et à la préservation de la biodiversité, ce qui nécessite le renforcement des efforts de protection et de durabilité face aux défis environnementaux actuels. (Kendouz, Zoghbi 2017).



Figure05: Canard marbré avec ses petits à Chott El Oued, au nord-est du Sahara algérien (Gueddoul M. et al 2025)

6- Fonctions des zones humides

Les zones humides constituent parmi les écosystèmes les plus importants en raison des multiples fonctions qu'elles assurent, contribuant au maintien de l'équilibre écologique et à la durabilité des ressources naturelles. Parmi les principales fonctions :

6-1 Fonctions biogéochimiques

Elles jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la qualité de l'eau à travers des processus naturels tels que la sédimentation et l'adsorption, ainsi que les processus biologiques liés au couvert végétal et aux conditions du sol, permettant la rétention des nutriments et des polluants. (Mokdadi, & Messai Ahmed, 2015).

6-2 Fonctions biologiques

Les zones humides représentent un réservoir important de biodiversité et constituent une source riche de nourriture pour divers organismes vivants. Ces fonctions leur

confèrent une grande capacité de production de biomasse, avec une productivité biologique nettement supérieure à celle des autres milieux. (ANNANI F, 2013).

6-3 Fonctions écologiques

Les zones humides sont des habitats riches en biodiversité, offrant des conditions favorables à un grand nombre d'espèces. Cette diversité est déterminée par des facteurs tels que l'eau, la nature du sol et la disponibilité des nutriments. (RAPINEL S, 2012).

6-4 Fonctions hydrologiques

La capacité des zones humides à stocker l'excès d'eau dans le sol et à sa surface constitue l'une de leurs principales caractéristiques les distinguant des milieux terrestres. Elles peuvent être temporaires dans certains contextes climatiques, apparaissant suite à des apports importants d'eau sur de courtes périodes. Les conditions hydrologiques représentent un facteur clé permettant de différencier les zones humides des milieux terrestres bien drainés et des écosystèmes aquatiques profonds, tout en déterminant leurs caractéristiques physico-chimiques. (Mokdadi, & Messai. Ahmed, 2015).

7- Menaces pesant sur les zones humides

*Les zones humides sont des écosystèmes dynamiques soumis à des processus naturels comme la sédimentation, l'accumulation de matière organique, l'affaissement des sols, la sécheresse et l'élévation du niveau de la mer. Elles peuvent évoluer naturellement, certaines disparaissant tandis que d'autres se forment, mais les activités humaines ont fortement accéléré ces changements, rendant la disparition plus rapide que la formation.

*Ces milieux, souvent proches des terres agricoles, sont très sensibles aux impacts humains. La pollution de l'eau, l'utilisation d'engrais et le drainage perturbent leur équilibre écologique et réduisent la biodiversité.

*De plus, la méconnaissance de leur importance écologique a favorisé leur conversion en zones agricoles intensives, industrielles ou urbaines. Enfin, elles sont également menacées par la pollution, les déchets, l'exploitation minière et la surexploitation des eaux souterraines (Barbier et al, (1997).

Chapitre II:
Généralités sur les
microplastiques

Chapitre II: Généralités sur les microplastiques

1-Définition des microplastiques

Les microplastiques sont des polluants émergents dans l'environnement marin. Ce sont des particules plastiques de petite taille, inférieure à 5 mm, issues soit de la dégradation des déchets plastiques de grande taille, soit fabriquées intentionnellement à des dimensions microscopiques. Ils se caractérisent par leur forte persistance et leur large dispersion dans les océans, et représentent un risque pour les organismes marins en raison de leur ingestion facile et des effets néfastes qu'ils peuvent engendrer (GESAMP, 2015).

2- Sources de microplastiques

-Les microplastiques proviennent de nombreuses sources, mais celles-ci sont principalement classées en sources terrestres et marines.

2-1 Sources terrestres des microplastiques

Les sources terrestres représentent environ 80 à 90 % des microplastiques présents dans les milieux aquatiques. Elles incluent principalement les sacs plastiques, bouteilles, matériaux d'emballage, vêtements, produits ménagers, matériaux de construction, ainsi que les déchets issus de différentes activités industrielles et navales.

Les produits de soins personnels et cosmétiques constituent également une source importante de pollution, car ils peuvent contenir des microplastiques (nettoyants, savons, dentifrice, crèmes, maquillage, écrans solaires, etc.).

Par ailleurs, les fibres synthétiques issues des vêtements (polyester, nylon, acrylique) sont libérées lors du lavage et transportées vers les milieux aquatiques. L'usure des pneus contribue aussi de manière significative à la production de microplastiques.

Les plastiques à usage unique (bouteilles, sacs, pailles, couverts, gobelets) représentent une source majeure de pollution. De plus, l'utilisation massive des masques jetables durant la pandémie de COVID-19 a augmenté les déchets plastiques. (Osman et al 2023)

2-2 Sources marines des microplastiques

Les sources marines contribuent à environ 10 à 20 % des microplastiques présents dans les milieux aquatiques. Elles proviennent principalement des activités humaines en mer, comme la pêche, le tourisme côtier, le transport maritime et les industries offshore. Les engins de pêche perdus ou abandonnés (filets en nylon, lignes de pêche) se fragmentent en petites particules plastiques dispersées dans l'océan. On estime que plus de 600 000 tonnes d'équipements de pêche sont rejetées chaque année dans les mers.

Le trafic maritime et les industries offshore participent également à cette pollution par le rejet de déchets plastiques et l'usure des matériaux utilisés à bord des navires et installations. Bien que ces sources soient moins importantes que les sources terrestres, elles ont un impact écologique significatif et nécessitent des mesures de réduction.

Les microplastiques sont aujourd'hui présents dans tous les milieux aquatiques du monde, des océans aux eaux douces, ainsi que dans l'air, exposant ainsi de nombreux organismes vivants à leur ingestion(**Osman et al 2023**)

De plus, la présence de microplastiques a été détectée dans l'eau potable, qu'il s'agisse de l'eau du robinet ou de l'eau embouteillée, ainsi que dans le sel de mer et de nombreux autres produits alimentaires consommés par homme. Les chercheurs du monde entier continuent d'étudier les voies de transfert des microplastiques au sein des différents composants de l'environnement, ainsi que les effets potentiels de leur présence sur les organismes vivants et la santé humaine.(**Ibrahim,N et al 2025**).

3-Les caractéristiques des microplastiques

Les caractéristiques des microplastiques se manifestent à travers leur origine, leur composition chimique, leur forme et leur taille (tableau 03) :

Tableau03: Les caractéristiques des microplastiques (**Osman et al., 2023**).

Source	Composition chimique	Forme	Taille
Gels douche	Polyéthylène	Formes irrégulières	422± 185 µm

Nettoyants pour le visage	Polyéthylène	Sphériques et irrégulières	> 0,5 mm
Pneus automobiles	Polypropylène /acrylique/ Nylon/ Caoutchouc	Fragments / fibres	> 500 µm
Produits de boissons	Polyamide/ABS/ poly(ester-amide) / PET	Fibres/ fragments	0,1–3 mm
Gommages pour le visage	Polyéthylène/ PVC	Sphériques/ irrégulières/ granulaires	85–186 µm
Zones industrielles textiles	Polyester	Fibre	0,1–1 mm
Produits cosmétiques	Polyéthylène	Irrégulières/ granulaires/sphériques	54–115 µm
Paillis plastique	Polyester, polypropylène	Fibre/fragment/ mousse / film	> 500 µm
Sources industrielles	Polyéthylène/ nylon /polypropylène	Films/fragments /lignes/granulés / feuilles	0,5–1,0 mm
Activités de mariculture	Polyester/ polypropylène/ polyéthylène/ nylon/polystyrène/POM/ polyétheruréthane / PBT	Fragments/ paillettes/fibres/ mousse	< 0,25 mm
Activités de pêche et de	Ionomère Surlyn / acrylique/ polyétherimide/ PPS/EVOH/	Fibres / granulés / fragments	1489 ± 1017 µm

navigation	nitrile/nylon/ polyisoprène/ PVC/EVA/ polyuréthane		
Activité anthropique	Polystyrène/ polyéthylène/ polypropylene	Fibres/ mousse / fragments/films/ granulés	< 0,5 mm
Produits de soins personnels / boues d'épuration	Polystyrène/ polyester/ plastiques thermodurcissables/ polyallyldiglycol carbonate	Fragments/ granulés / mousse / films / lignes	0,355–0,999 mm
Égouts urbains	Polyéthylène/ polystyrène/ polypropylène	Fragments / lignes / mousse / films	1–4,75 mm
Zones industrielles	Polyester / nylon	Fibres/mousse/ fragments	50–2000 µm
Urbanisation	Polyéthylène/ polypropylène	Granulés/ films/ fragments/lignes/ mousse	0,3–4,75 mm
Activités industrielles	PE/PET polyester/ poly(vinyl stéarate)/PP/ cellulose	Fragments/fibres/ granules	1001–2000 µm

4-Classification des microplastiques

-Les microplastiques sont classés en deux catégories principales

4-1 Microplastiques primaires

Les microplastiques primaires sont des particules plastiques fabriquées intentionnellement, souvent sous forme de microbilles utilisées dans la production de plastiques et présentes dans certains produits cosmétiques. Leur utilisation a été interdite en 2015 dans les produits rincés à l'eau, mais elles restent autorisées dans certains produits non rincés. (Ibrahim,N et al 2025).

4-2 Microplastiques secondaires

Les microplastiques secondaires résultent de la dégradation des plastiques de grande taille (bouteilles, sacs, jouets) sous l'effet de facteurs environnementaux tels que le soleil, la chaleur, le vent et les vagues, ce qui les fragilise et les fragmente en particules très fines persistantes. Ils proviennent également de l'usure quotidienne, notamment des pneus de voiture dont les particules sont transportées par les eaux de pluie vers les

Milieux aquatiques. (Ibrahim,N et al 2025).

5-Types des microplastiques

Les microplastiques peuvent être classés en plusieurs types (tableau 04) :

Tableau04:Les différents types de microplastiques, leur taille et leur définition (Crawford et Quinn, 2017).

Type	Taille	Définition
Pastille (PA)	1mm-5mm<	Un petit morceau de plastique (P) de moins de 5mm àmm de diameter
Fragment (FR)		Un morceau de P de forme irrégulière de moins de 5mm àmm dans sa dimension la plus grand
Fibre(FB)		Un toron ou un filament de P de moins de5mmàmm dans sa dimmension la plus longue.
Filme(FI)		Une feuille mince ou un morceau du P en forme du membrane de moins de 5mm àmm dans sa dimension la plus longue.
Foam (FM)		Un morceau d'éponge, de mousse de moins de 5mm à 1mm dans sa dimension
Microbille (MBD)		Un petite morceau de P sphérique de moins de 1mm à lum de dimension
Microfragment		Un morceau du P de forme irrégulière de moins de

(MFR)	1mm-1µm<	1mm à 1µm dans sa plus grande dimension.
Microfibre (MFB)		Un toron ou un filament de P d'une taille inférieure à 1mm à 1µm dans sa dimension la plus longue
Microfilme (MFI)		Une feuille mince ou un morceau du P en forme de membrane de moins de 1mm à 1µm dans sa dimension la plus longue.
Microfoam (MFM)		un morceau d'éponge, de mousse de moins de 1mm à 1µm dans sa dimension la plus longue

6-Mécanismes de création des microplastiques

Les microplastiques naissent de différentes méthodes. Saisir ces mécanismes de création est crucial pour répondre aux enjeux environnementaux et de santé répandus qu'ils provoquent.

6-1 Dégradation mécanique ou fragmentation

La dégradation mécanique est le principal mécanisme de formation des microplastiques. Elle résulte de la fragmentation des objets plastiques en petites particules sous l'effet de forces physiques telles que le frottement, les chocs et les contraintes mécaniques, provoquant fissuration et désintégration progressive. Ce phénomène est largement répandu dans les milieux naturels et dans la vie quotidienne, ce qui explique la présence généralisée des microplastiques dans les écosystèmes. Ainsi, il constitue une source majeure de pollution plastique. Pour limiter ses impacts environnementaux et sanitaires, une approche globale est nécessaire, combinant innovations technologiques, réglementations et engagement de la société. (Nkin, G 2025).

6-2 La photodégradation et le mécanisme de formation des microplastiques

La photodégradation est un processus environnemental majeur responsable de la formation des microplastiques. Elle se produit lorsque les plastiques exposés aux rayons ultraviolets (UV) du soleil subissent une dégradation chimique et physique,

entraînant leur fragmentation en particules de plus en plus petites. Ce processus, appelé aussi photooxydation, comprend plusieurs étapes successives.

6-2. 1.Phase d'initiation:

les rayons UV activent les chaînes polymériques du plastique. L'énergie absorbée affaiblit certaines liaisons chimiques (notamment C–C), provoquant la formation de radicaux libres très réactifs (**Gewert et 2015**).

6-2.2.Phase de propagation

les radicaux réagissent avec l'oxygène de l'air pour former des espèces réactives (ROS), qui accélèrent la dégradation du polymère et réduisent sa masse moléculaire, rendant le matériau plus fragile et facilement fragmentable (**Gewert et al, 2015**).

6-2.3.Phase de ramification

de nouvelles réactions produisent des radicaux supplémentaires et des structures ramifiées, ce qui affaiblit davantage la structure du polymère et favorise sa fragmentation (**Andrady Anthony 2015**).

6-2.4-Phase de terminaison

les radicaux se stabilisent en composés moins réactifs, laissant des fragments plastiques plus petits, des composés organiques volatils et d'autres sous-produits (**Andrady Anthony 2015**).

- La vitesse de ce processus dépend de facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité et la nature du polymère, certains matériaux étant plus sensibles à la lumière que d'autres.
- La photodégradation transforme les plastiques en microplastiques sous l'effet combiné de la lumière solaire et de l'oxygène, ce qui en fait une source importante de pollution plastique dans l'environnement.

6-3 Dégradation chimique des plastiques en microplastiques

Les plastiques se transforment en microplastiques à la suite de réactions chimiques dans le milieu naturel. Ce processus repose principalement sur l'oxydation et l'hydrolyse, influencées par des facteurs environnementaux tels que les rayons ultraviolets (UV), la température, l'humidité et la composition chimique du milieu.

6.3.1 Oxydation chimique

L'oxydation est un mécanisme majeur de dégradation des polymères tels que le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP). Sous l'effet de l'oxygène et des rayons UV, des radicaux libres se forment, provoquant la rupture des chaînes polymériques et la formation de microplastiques. L'ozone accélère également ce processus. La vitesse de dégradation dépend des conditions environnementales et peut être suivie par des techniques analytiques comme la spectroscopie infrarouge et les mesures de pression, avec une cinétique généralement du second ordre. (Nkin,G 2025).

6-3-2. Hydrolyse

L'hydrolyse est une dégradation chimique des polymères due à leur réaction avec l'eau. Elle concerne principalement les polyesters comme le PET et les polyamides. Ce processus entraîne la rupture des liaisons de la chaîne polymérique et la formation de composés plus simples tels que l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol, qui peuvent contribuer à la formation de microplastiques. (Nkin,G,K2025).

6-4.biodégradation

est un processus naturel par lequel des micro-organismes tels que les bactéries et les champignons décomposent les plastiques biodégradables comme le PLA en composés plus simples qu'ils peuvent utiliser comme source d'énergie et de carbone, grâce à des enzymes spécifiques qui rompent les liaisons chimiques du polymère. La vitesse de ce processus dépend des conditions environnementales telles que la température, l'humidité et la disponibilité des nutriments. Elle est plus rapide dans des milieux chauds et humides comme le compostage industriel, et plus lente dans des environnements froids, secs ou pauvres en nutriments. Certains micro-organismes comme la bactérie *Bacillus safensis* et le champignon *Amecolatosia* ont montré une capacité à dégrader le PLA, mais son efficacité reste liée à des conditions favorables. Ainsi, la biodégradation constitue une méthode prometteuse pour réduire la pollution plastique, bien qu'elle nécessite des conditions environnementales appropriées. (Nkin,G2025).

7-Impact des microplastiques

7-1-Impact des microplastiques sur les écosystèmes terrestres

Les impacts des microplastiques ne se limitent pas aux milieux marins, mais s'étendent également aux écosystèmes terrestres. Ces particules peuvent modifier la

structure et les propriétés physiques du sol, influençant ainsi sa capacité de rétention d'eau et la disponibilité des nutriments pour les plantes.

Elles peuvent également entraver la croissance des végétaux en perturbant les systèmes racinaires et en réduisant les taux de germination des graines. Par ailleurs, elles affectent négativement les organismes du sol, tels que les vers de terre, qui jouent un rôle essentiel dans l'aération du sol et le cycle des nutriments. Cela peut conduire à une diminution de la productivité agricole et constituer une menace pour la sécurité alimentaire.

Un autre sujet préoccupant est le dépôt atmosphérique des microplastiques. Des études ont mis en évidence leur présence dans l'air, ouvrant ainsi la possibilité de leur inhalation par les êtres humains et les animaux. Ces particules peuvent provoquer des troubles respiratoires et servir de vecteurs pour le transport de substances toxiques vers les voies pulmonaires.

La grande résistance des microplastiques à la dégradation constitue un défi environnemental majeur, en raison de leur persistance prolongée dans l'environnement. Leur accumulation progressive entraîne la dégradation des habitats, la perte de biodiversité et la perturbation des services écosystèmes (Souza Machado, et al 2018).

7-2- Impact sur les organismes aquatiques

Les études indiquent que les microplastiques sont ingérés par une large gamme d'organismes d'eau douce, à travers différents niveaux trophiques, depuis le zooplancton et les larves d'insectes jusqu'aux mollusques, amphibiens et poissons. Cette ingestion entraîne plusieurs effets biologiques et fonctionnels importants, notamment : Obstruction du tube digestif et réduction de l'alimentation due à une sensation de satiété trompeuse, Perturbations de la croissance, de la reproduction et changements comportementaux. De plus, ces particules peuvent adhérer aux branchies ou à la peau, provoquant inflammations et dommages tissulaires (Yang et al., 2025).

7-3- Contamination de la chaîne alimentaireleur impact sur l'homme

L'ingestion des microplastiques par le zooplancton et les petits organismes favorise leur transfert à travers les niveaux trophiques supérieurs, jusqu'aux poissons puis à l'être humain. Ces particules ont été détectées dans le tube digestif de certains

poissons, ce qui suscite des inquiétudes quant à leur transmission à l'homme via la consommation de produits aquatiques et d'eau potable.

L'exposition humaine aux microplastiques constitue également une problématique environnementale et sanitaire émergente, ces particules pouvant pénétrer dans l'organisme par voie alimentaire, hydrique ou par inhalation. Les études indiquent qu'elles peuvent véhiculer des substances chimiques toxiques et des polluants organiques, entraînant des effets biologiques tels que le stress oxydatif et les inflammations, avec des répercussions potentielles sur les systèmes immunitaire et digestif. Toutefois, les recherches se poursuivent afin de mieux caractériser leurs effets à long terme sur la santé humaine (Yang et *al.*, 2025).

Partie pratique

Chapitre I :
Matériels et
méthodes

Matériels et méthodes

1 Présentation de la région d'étude

1-1 Situation géographique de la région d'El Oued

La région d'El Oued est située au sud-est de l'Algérie, au sein de la wilaya d'El Oued, et fait partie du Sahara. Elle se caractérise par sa localisation dans le Grand Erg Oriental, une vaste zone désertique dominée par des dunes de sable. Elle s'étend approximativement entre les latitudes 33° et 34° Nord et les longitudes 6° et 8° Est (**Rzig, 2023**).

Elle couvre une superficie de 25 753 km². Elle est limitée au nord par les wilayas de Khenchela, Tébessa et Biskra, au nord-est par les wilayas de Touggourt et El Meghaier, au sud-est par la wilaya de Ouargla, et à l'est par la frontière tunisienne (**Gadi et al., 2023**).

1-2 Situation géographique de la station d'étude : Lac Chott

Le lac Chott est une dépression sableuse située en milieu urbain, au nord de la ville d'El Oued, à proximité de l'université. Il se situe entre les coordonnées géographiques 6°51'28" E et 6°51'48" E, et 33°22'46" N et 33°23'21" (**Saker et al., 2022**).

Le lac présente une variation saisonnière de son niveau d'eau, avec une augmentation en hiver et baisse en été. Il est également affecté par des zones de pollution causées par les déchets domestiques et les débris de construction jetés par l'étéhormain (**Amrane A. 2026**).



Figure 06 : Lac de Chott, région d'Oued Souf (Ghenbazi ,Ghodbane 2026)

1-3 Description du site de la station d'étude

Le site est constitué de deux plans d'eau séparés par une route, s'étendant sur une superficie d'environ 150 hectares. L'état environnemental du lac est influencé par un apport continu d'eaux usées provenant de la ville, ce qui affecte la qualité de l'eau et l'équilibre écologique.

La profondeur de l'eau varie entre 0,5 et 1,5 mètre. Le site se distingue par une grande richesse avifaunistique, avec plus de 50 espèces d'oiseaux recensées. Parmi elles figurent des espèces appartenant à la famille des Anatidés, telles que le canard marbré, le fuligule nyroca, le canard souchet et le canard pilet. Des espèces de la famille des Phoenicoptéridés, comme le flamant rose, ainsi que des espèces de la famille des Rallidés, telles que la foulque macroule, ont également été observées. En outre, diverses espèces d'oiseaux limicoles comme les pluviers, les bécasseaux et les chevaliers sont présentes (figure6) (Saker et al., 2022).

La végétation qui borde les deux plans d'eau est principalement composée de plantes halophiles adaptées aux milieux salins, notamment le *Zygophyllum* (famille des Zygophyllacées), le *Salsola* et la *Salicornia* (famille des Amaranthacées), ainsi que le *Tamarix*, présent principalement dans la partie nord du site (figure 7)

Ces composantes écologiques, tant végétales qu'animales, jouent un rôle essentiel dans le maintien de la stabilité et de la durabilité des populations d'oiseaux aquatiques dans cet écosystème (Saker et al., 2022).



Figure 7: Les oiseaux présents dans le lac Chott



Figure08: Quelques plantes présentes dans le lac d’El Oued (Ghenbazi ,Ghodbane 2026)

1-4 Choix des points de prélèvement

Les points d’échantillonnage ont été sélectionnés en fonction de l’accessibilité à la zone d’étude, la Lac étant en grande partie couverte et difficile d’accès dans certaines zones. Ainsi, le choix des stations s’est limité aux endroits accessibles uniquement. Une attention particulière a également été accordée aux zones présentant une accumulation importante de déchets .

Dans le cadre de cette étude, trois stations d’échantillonnage ont été retenues afin d’obtenir une vue d’ensemble sur les particules plastiques, notamment en ce qui concerne leurs types et leurs niveaux de présence dans la Lac.



Figure 09: Localisation des stations d'échantillonnage (S1, S2, S3) dans le lac d'étude

- Comme le montre le (tableau 04), les coordonnées de latitude et de longitude du site du lac sont indiquées, tandis que la (figure10) présente les emplacements des stations d'échantillonnage sélectionnées sur le terrain.

Tableau 05 : Coordonnées des points de prélèvement

N°	Latitude	Longitude
S1	33.364008 N	6.860530E
S2	33.383467 N	6.860198 E
S3	33.386955 N	6.858257 E



Figure 10: Stations de prélèvement d'échantillons

2- Microplastiques

2-1 Matériel

L'équipement utilisé dans cette étude comprend : une louche en plastique, des gants, un seau, un tamis de maille 36 μm , des bocaux en verre, un bécher, ainsi qu'un entonnoir de filtration.

2-2 Réactifs

Les réactifs utilisés sont : l'eau distillée et le peroxyde d'hydrogène O_2H_2 .

2.3 Méthode de prélèvement des échantillons

Les échantillons d'eau ont été prélevés à la surface du lac El Chott, El Oued à l'aide d'une louche en plastique propre. Un volume de 20 litres d'eau a été prélevé à partir de chaque point d'étude (Figure 11), en veillant à éviter la remise en suspension des sédiments du fond lors du prélèvement.



Figure 11: Méthode d'échantillonnage dans le lac El chott

Les échantillons ont ensuite été immédiatement soumis à une opération de tamisage à l'aide d'un tamis de maille 36 μm (Figure 12), afin de séparer les particules solides en suspension à la surface de l'eau. Cette étape a permis d'obtenir des particules plastiques potentielles ainsi que des particules non plastiques telles que les matières organiques et les fines sédimentaires.



Figure 12: Opération de tamisage

Les particules retenues sur le tamis ont été soigneusement récupérées puis placées dans des boîtes en verre propres et hermétiquement fermées. Chaque échantillon a été étiqueté avec les informations nécessaires (site, et date de prélèvement) (Figure 13), en vue des analyses ultérieures.



Figure13:Échantillons conserves

2-4 Méthode de travail au laboratoire

2.4.1 Filtration des matières en suspension

Le papier filtre a été placé dans un entonnoir approprié, fixé sur un erlenmeyer, afin de séparer les matières solides en suspension de l'eau, le papier filtre permettant le passage du liquide tout en retenant les particules solides.

Par la suite, de peroxyde d'hydrogenea été ajouté à l'ensemble des échantillons afin de faciliter la séparation des matières en suspension, de réduire leur cohésion et d'éliminer une partie des matières organiques susceptibles d'entraver l'analyse, ce qui contribue à améliorer l'efficacité et la rapidité de la filtration.

Après traitement à peroxyde d'hydrogene, les échantillons ont été rincés à l'eau distillée afin d'éliminer les résidus peroxyde d'hydrogene, puis le papier filtre contenant les particules a été séché dans des conditions appropriées afin de préserver les caractéristiques des échantillons.(Figure 14).

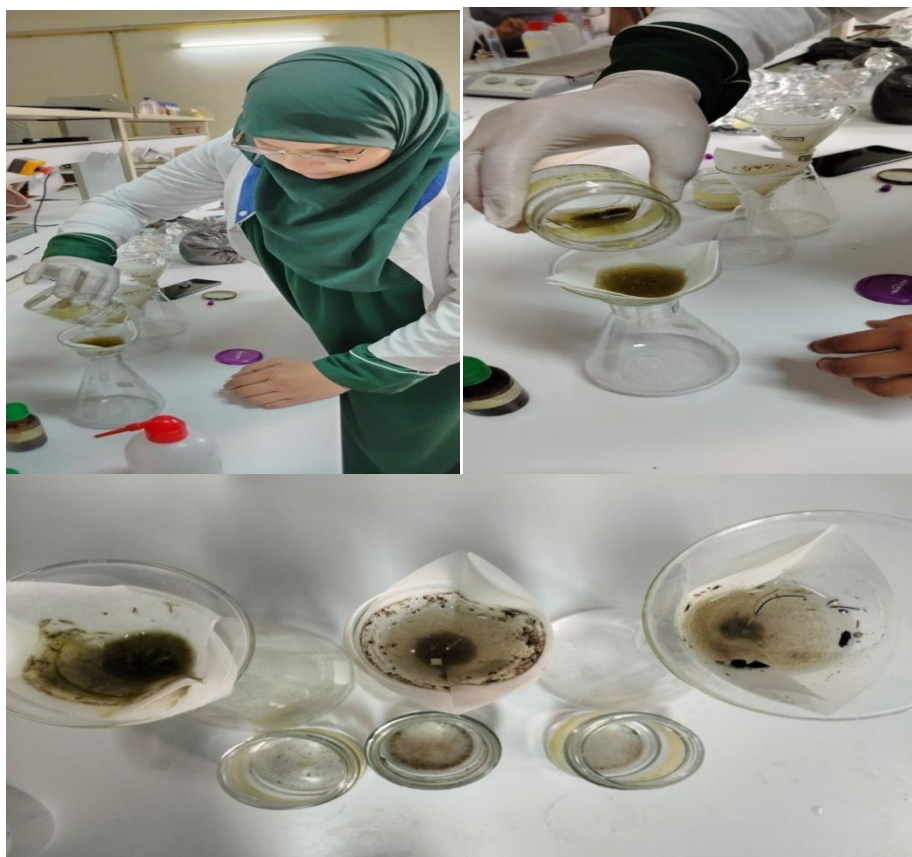


Figure14:Filtration des matières en suspension

2.4.2 Observation et tri des microplastiques à l'aide de la loupe binoculaire

Après l'étape de filtration, les filtres ont été observés à l'aide d'un loupe binoculaire (Figure15) afin de détecter les microplastiques et de les séparer des autres impuretés et matières organiques en suspension.

L'opération a été réalisée selon les étapes suivantes :

- * Placer soigneusement le filtre sur une lame en verre propre.
- * Examiner la surface du filtre à l'aide de la loupe binoculaire avec un grossissement approprié permettant l'observation des particules fines.
- * Effectuer une observation visuelle minutieuse des différentes particules présentes.
- * Se baser sur les caractéristiques morphologiques des microplastiques telles que la couleur, la forme et la brillance afin de les distinguer des autres matières organiques ou minérales.
- * Trier et isoler les microplastiques à l'aide d'une pince fine si nécessaire, puis les placer dans des boîtes de Pétri propres.

* Après l'opération de tri, chaque échantillon a été comptabilisé séparément afin de déterminer le nombre de microplastiques et d'évaluer leur degré de répartition dans les échantillons étudiés.

* Enfin, certains microplastiques obtenus ont été photographiés à l'aide de la loupe binoculaire



Figure15: La loupe binoculaire utilisé pour l'observation et le tri des microplastiques

2.4.3 Particules Plastiques

Les particules suspectées d'être des microplastiques ont été sélectionnées pour des analyses complémentaires. Ces particules ont été soumises à une étude spectroscopique afin de déterminer leur nature chimique et de confirmer ou d'infirmer leur caractère plastique.

La technique de spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) (Figure16) a été utilisée afin d'identifier les types de polymères constituant ces particules, en se basant sur l'empreinte spectrale propre à chaque matériau. Cette technique permet une distinction précise entre les particules plastiques et les autres matières organiques ou inorganiques, grâce à la comparaison des spectres obtenus.

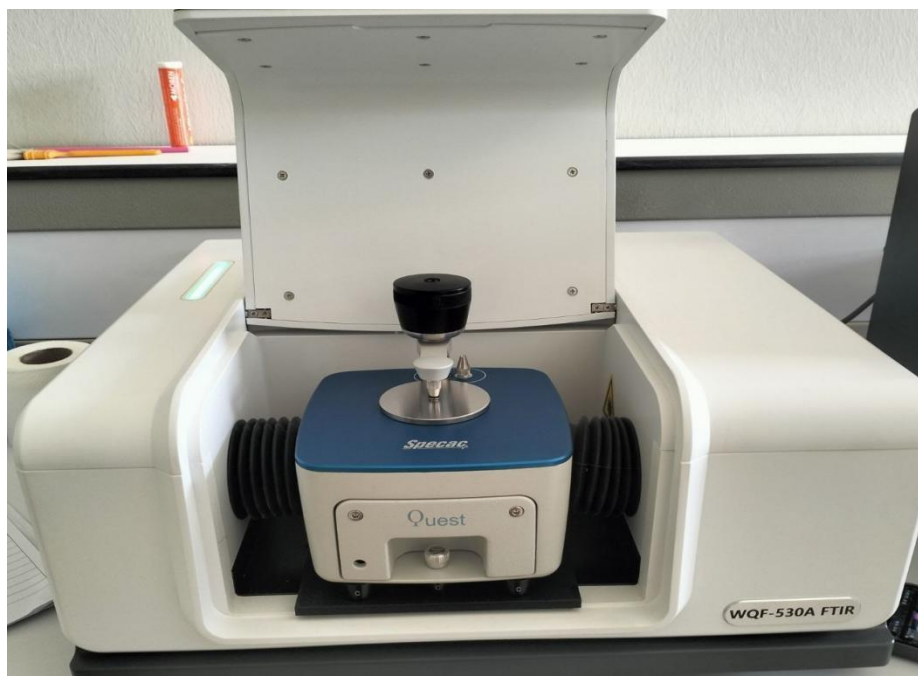


Figure16:Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) pour l'analyse des échantillons

3- Analyses physico-chimiques de l'eau

Un volume de 240 ml d'eau a été prélevé à partir des différentes stations étudiées afin de réaliser les analyses physico-chimiques nécessaires.

3.1 Mesure du pH, de la température et de la conductivité électrique

La mesure du pH, de la température et de la conductivité électrique (Figure17) a été réalisée afin d'évaluer les caractéristiques de l'eau. La température influence l'oxygène dissous, la décomposition de la matière organique et le développement des organismes vivants. Le pH permet de déterminer si l'eau est acide, neutre ou basique, tandis que la conductivité électrique reflète la concentration des sels et des matières dissoutes dans l'eau. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'appareils portables préalablement étalonnés avec des solutions standards, et les résultats sont lus directement sur l'écran de l'appareil.

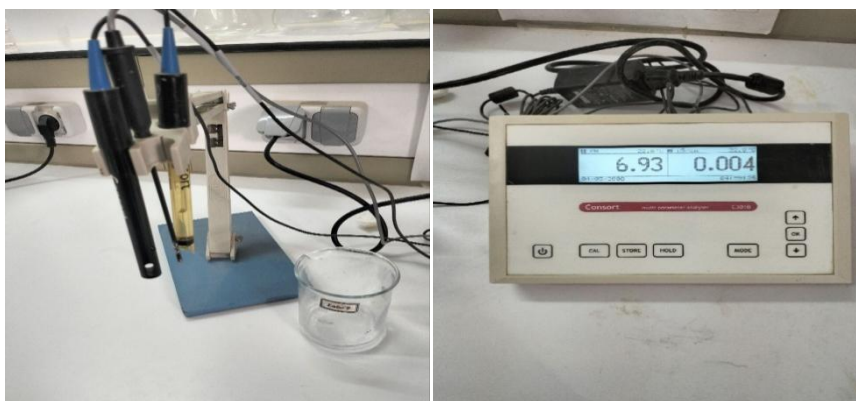


Figure 17: Appareil de mesure du pH, de la température et de la conductivité électrique.

3.2 Mesure de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un indicateur important de la qualité de l'eau, influencé par la température, la pression atmosphérique et l'activité biologique. Il a été mesuré à l'aide d'un oxymètre (Figure 18), avec affichage direct des résultats en mg/L. La mesure a été réalisée après rinçage de l'électrode à l'eau distillée et immersion dans l'échantillon jusqu'à stabilisation de la lecture, puis enregistrement de la valeur finale, avec nettoyage de l'électrode après chaque utilisation afin de garantir la précision des résultats.



Figure 18: Appareil de mesure de l'oxygène dissous (oxymètre)

3.3 Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) (Figure 19), La DCO est un indicateur permettant d'évaluer la qualité de l'eau et de déterminer le niveau de pollution organique. Elle repose sur l'oxydation des matières organiques par le dichromate de potassium en milieu acide sous chauffage.

Mode opératoire: 2 mL de l'échantillon sont introduits dans le tube réactif, puis celui-ci est fermé hermétiquement et son contenu est bien homogénéisé. Le tube est ensuite placé dans le réacteur thermique pendant 120 minutes à 148 °C. Après refroidissement, l'échantillon est analysé à l'aide du spectrophotomètre, et le résultat est exprimé en mg/L.



Figure19:Appareil de mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

3.4 Mesure des matières en suspension (MES)

Cette analyse vise à déterminer la concentration des matières en suspension (Figure20) dans les eaux usées et à évaluer leur qualité. Elle repose sur le principe de filtration d'un volume connu d'échantillon à travers un filtre spécifique, puis sur la mesure de la masse des particules retenues par différence de poids avant et après séchage. Le filtre est d'abord séché et pesé, puis l'échantillon est filtré à l'aide d'un dispositif de filtration sous vide. Ensuite, le filtre est de nouveau séché à 105°C pendant deux heures, laissé refroidir dans un dessiccateur, puis pesé une seconde fois. La concentration des matières en suspension est calculée à partir de la différence de masse et du volume de l'échantillon.



Figure20:Appareils de mesure des matières en suspension

3.5 Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO_5) (Figure 21), représente la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour dégrader la matière organique biodégradable présente dans l'eau. L'échantillon est incubé pendant 5 jours à 20 °C dans une bouteille hermétiquement fermée équipée d'un dispositif de mesure de pression (OXITOP). La consommation d'oxygène entraîne une diminution de la pression, enregistrée par l'appareil, puis la valeur est calculée à l'aide d'un facteur de conversion. La DBO_5 constitue un indicateur essentiel pour l'évaluation de la pollution organique et de la qualité des eaux.



Figure 21: Appareil de mesure de la DBO_5

ChapiterII: Résultats et discussion

1-Résultats et discussion

1.1 Micro plastiques

1.1.1 Les microparticules plastiques sous la loupe binoculaire

Après l'opération de tri à l'aide d'une loupe binoculaire, les microparticules plastiques obtenues ont été photographiées à l'aide d'une loupe binoculaire afin de mettre en évidence leurs différentes formes et tailles. Les tableaux 5 et 6 présentent les images des microplastiques ainsi que leur nombre dans chaque échantillon des échantillons étudiés, au cours des mois de février et d'avril.

Tableau 06 Microplastiques capturés à l'aide d'une loupe binoculaire ainsi que leur nombre au cours du mois de février.

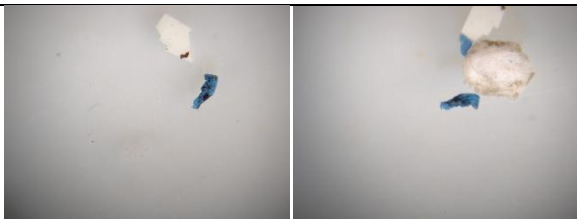
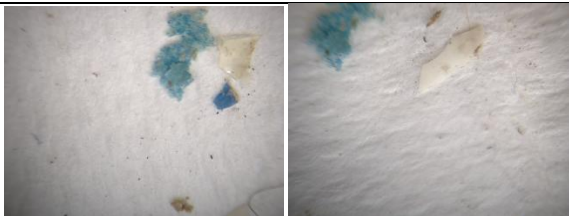
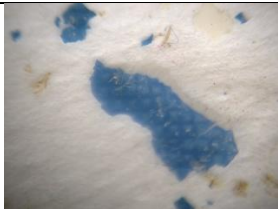
Sites	Figure	Nombre
Site 1		7
Site 2		17
Site 3		5

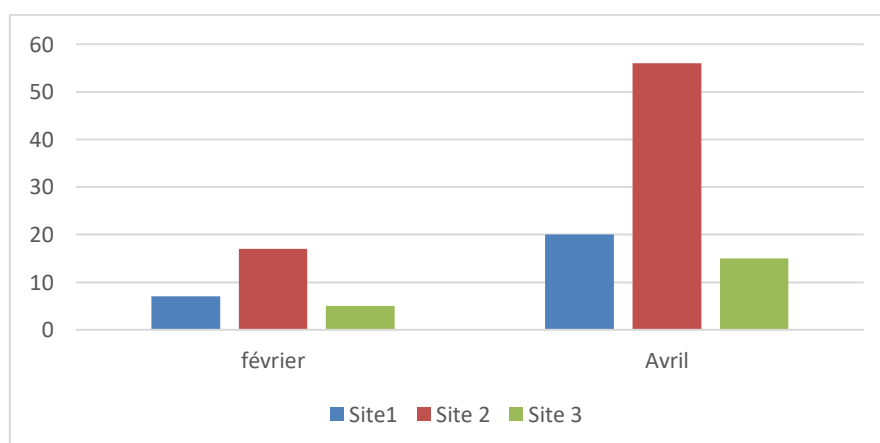
Tableau 07 Microplastiques capturés à l'aide d'une loupe binoculaire ainsi que leur nombre au cours du mois d'avril.

Site	Figure	Nombre
Site 1		20

Site2			56
Site 3			15

1.1.2 Dénombrement des particules microplastiques

Les microplastiques isolés des différents échantillons d'eau ont été dénombrés afin d'évaluer leur répartition et de comparer leurs quantités entre les échantillons et les deux périodes d'étude. Les histogrammes suivants illustrent le nombre de microplastiques enregistrés dans chaque échantillon durant les mois de février et d'avril (figure 22).



Figure(22):Nombre de microplastiques dans les différents échantillons durant les mois de février et d'avril

1.1.2.1 Description

La figure montre une variation du nombre de particules microplastiques entre les deux périodes d'étude et les différents échantillons. Durant le mois de février, des valeurs relativement faibles ont été enregistrées, où la valeur la plus élevée a été observée dans l'échantillon 2 avec 17 particules, suivie de l'échantillon 1 avec 7

particules, tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée dans l'échantillon 3 avec 5 particules.

Au mois d'avril, une augmentation remarquable du nombre de particules microplastiques a été observée dans tous les échantillons. L'échantillon 2 a présenté la valeur la plus élevée avec 56 particules, suivi de l'échantillon 1 avec 20 particules, puis de l'échantillon 3 avec 15 particules.

1.1.2.2 Interprétation

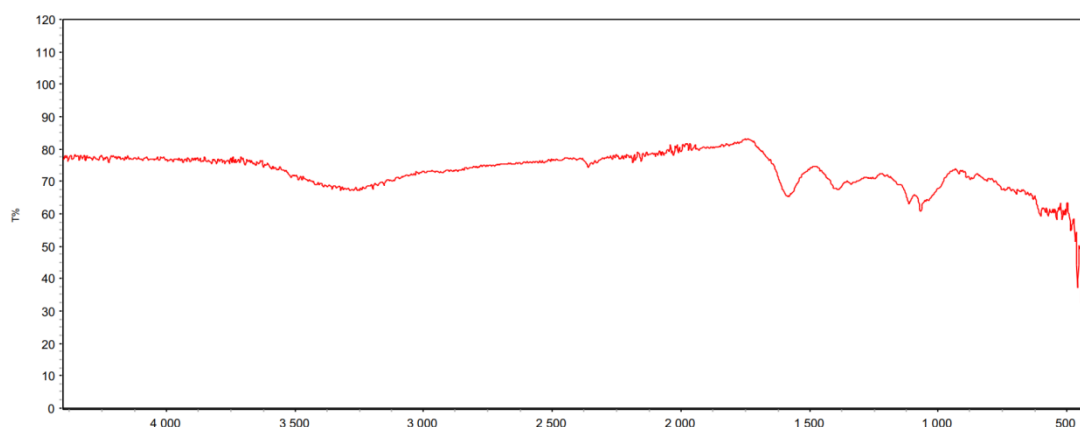
L'augmentation enregistrée du nombre de particules microplastiques durant le mois d'avril peut être expliquée par l'intensification des activités humaines autour du lac, ainsi que par l'effet des facteurs environnementaux tels que le ruissellement et les vents remarquables dans cette période, qui contribuent au transport et à l'accumulation de ces particules dans le milieu aquatique. Cette augmentation peut également être liée à la dégradation des déchets plastiques de grande taille sous l'effet des différentes conditions climatiques, entraînant ainsi une augmentation de la concentration des microplastiques dans l'eau.

1.1.3 Identification des microplastiques par analyse FTIR

Une analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR) a été réalisée afin de déterminer la nature chimique des particules et de confirmer la présence des microplastiques. Cette technique permet d'identifier les différents groupes fonctionnels présents dans les échantillons à partir des bandes d'absorption caractéristiques observées sur les spectres obtenus.

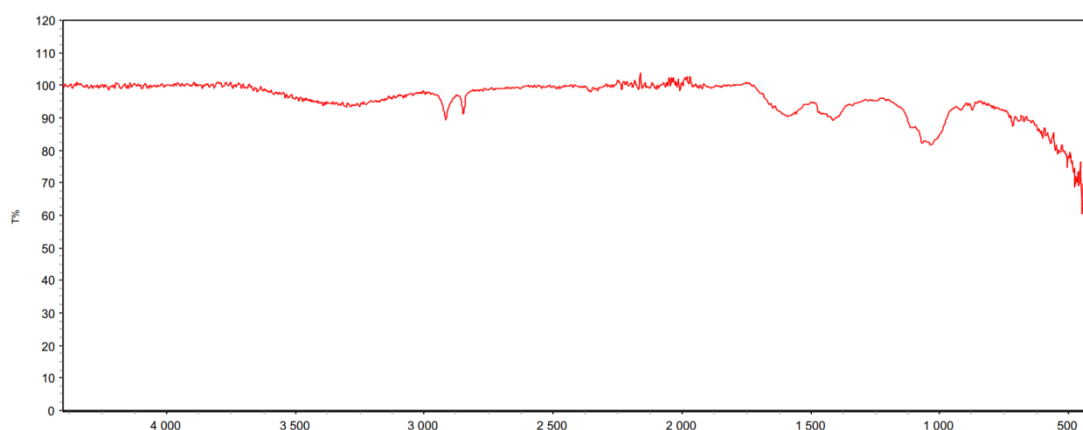
1.1.3.1 Échantillons du mois de février

****Échantillons1 (A.1 et A.2)***



Figure(23):Spectre FTIR de l'échantillon A.1 durant le mois de février.

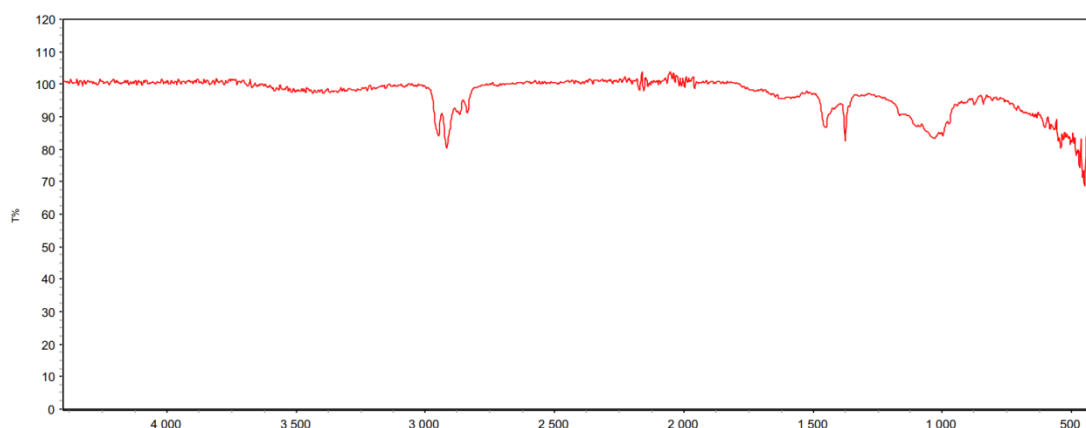
L'analyse FTIR de l'échantillon A1 au mois de février a révélé la présence d'une bande d'absorption à 1625 cm^{-1} , généralement attribuée aux vibrations des liaisons C=C dans les composés oxydés ou à l'absorption de l'eau adsorbée dans l'échantillon. Une bande nette à 1100 cm^{-1} a également été observée, associée aux vibrations des liaisons C–O ou C–C, caractéristiques des polymères ayant subi des processus d'oxydation ou de dégradation environnementale. En outre, des signaux ont été enregistrés à des nombres d'onde inférieurs à 500 cm^{-1} , correspondant aux vibrations structurales des chaînes polymériques. Sur la base de ces caractéristiques spectrales, il est probable que l'échantillon contienne des microplastiques dégradés, issus vraisemblablement de polymères courants tels que le polyéthylène ou le polypropylène après exposition à l'altération environnementale, bien que l'identification précise du type de polymère reste incertaine en raison de l'absence de certaines bandes diagnostiques essentielles.



Figure(24):Spectre FTIR de l'échantillon A.2 durant le mois de février.

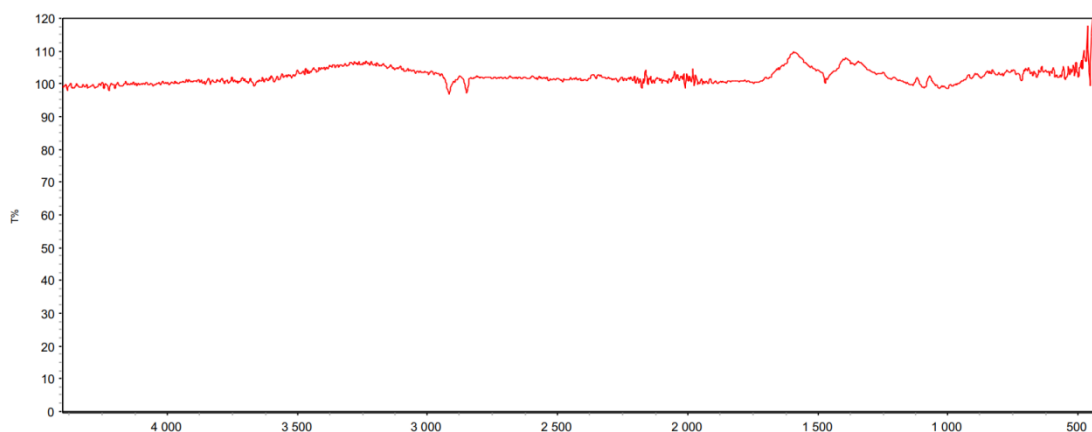
Le spectre FTIR de l'échantillon A2 présente des bandes d'absorption nettes dans la région $2920\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$, correspondant aux vibrations d'étirement des liaisons C–H aliphatiques des groupes CH_2 et CH_3 . Une bande est également observée autour de 1450 cm^{-1} , attribuée aux vibrations de déformation de ces groupes, ainsi qu'une bande dans la région $1000\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$. Sur la base de la position de ces pics et de l'allure générale du spectre, celui-ci correspond clairement à l'empreinte spectrale du polyéthylène (PE), ce qui permet de classer l'échantillon A2 comme étant du polyéthylène (PE).

*** Échantillons2 (B.1 et B.2 et B.3)**



Figure(25): Spectre FTIR de l'échantillon B.1 durant le mois de février.

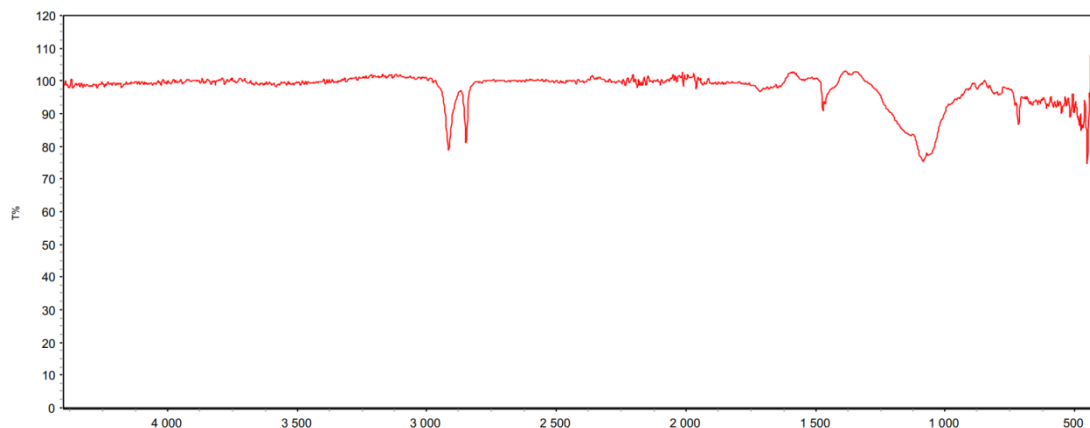
Le spectre FTIR de l'échantillon B1 a montré des pics d'absorption à 2950–2850 cm^{-1} (vibrations des liaisons C–H aliphatiques), vers 1470 et 1370 cm^{-1} (déformations des groupes CH_2 et CH_3), et une bande entre 1000 et 1100 cm^{-1} . L'absence de pic du carbonyle ($\text{C}=\text{O}$) a également été observée, ce qui confirme la nature hydrocarbonée non oxydée de l'échantillon. Sur cette base, l'échantillon est classé comme polypropylène (PP), en raison de la correspondance des pics caractéristiques des groupes CH_3 et de l'empreinte spectrale de référence du PP.



Figure(26): Spectre FTIR de l'échantillon B.2 durant le mois de février.

Les résultats de l'analyse FTIR de l'échantillon B2 ont montré que le polymère constituant est le polyéthylène haute densité (HDPE). Le spectre présente des bandes d'absorption caractéristiques dans la région 2950–2850 cm^{-1} , attribuées aux vibrations des liaisons C–H aliphatiques, ainsi qu'un pic autour de 1470 cm^{-1} correspondant aux vibrations des groupements CH_2 . Le spectre se caractérise également par l'absence de bandes liées aux groupes fonctionnels oxygénés, ce qui

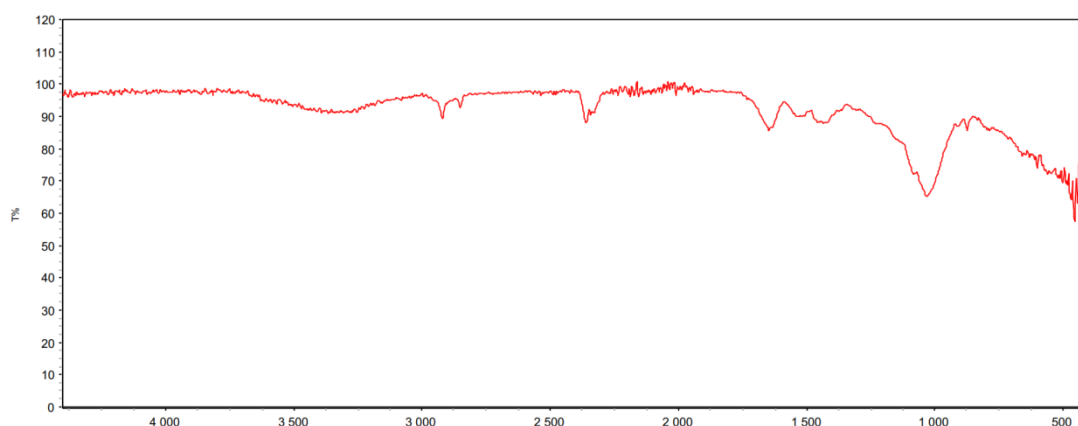
confirme la nature hydrocarbonée simple de l'échantillon. Ces caractéristiques spectrales correspondent parfaitement à l'empreinte chimique connue du polymère HDPE, considéré comme l'un des types de microplastiques les plus répandus dans les environnements aquatiques.



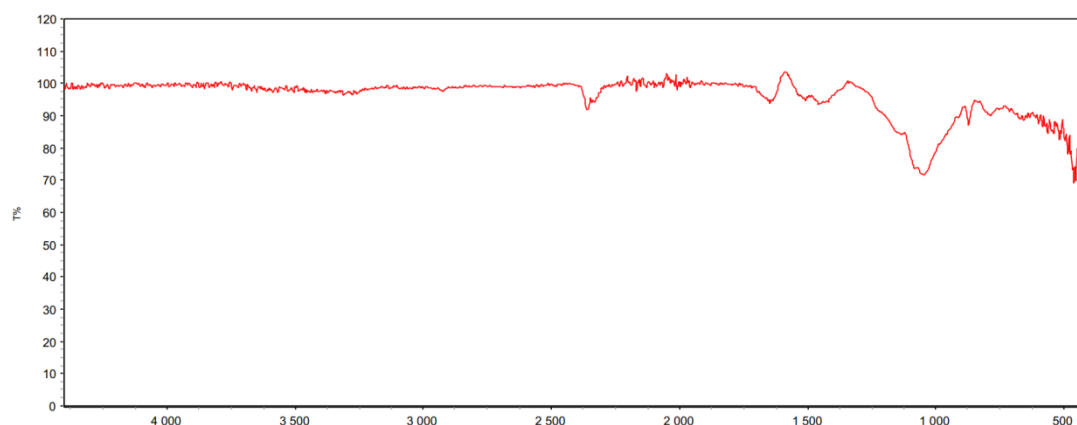
Figure(27): Spectre FTIR de l'échantillon B.3 durant le mois de février.

Le spectre FTIR de l'échantillon B3 présente des pics d'absorption nets dans la région $2950\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$, qui indiquent des vibrations d'étirement des liaisons C–H aliphatiques caractéristiques des chaînes hydrocarbonées saturées. Des bandes d'absorption faibles à modérées sont également observées autour de 1450 cm^{-1} , correspondant aux vibrations de déformation des CH_2 et CH_3 . En outre, une bande d'absorption dans la région $1000\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$ peut être attribuée aux vibrations des liaisons C–O. Sur la base de la position des pics et de l'allure générale du spectre, l'échantillon B3 est identifié comme un polyéthylène (PE), avec une forte probabilité qu'il s'agisse de polyéthylène haute densité (HDPE).

***Échantillons 3 (C.1 et C.2)**



Figure(28): Spectre FTIR de l'échantillon C.1 durant le mois de février.



Figure(29):Spectre FTIR de l'échantillon C.2 durant le mois de février.

L'analyse FTIR des deux échantillons C1 et C2 a révélé des pics d'absorption similaires dans la région $2950\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$, attribués aux vibrations des liaisons C–H aliphatique, ainsi que des bandes à 1450 et 1370 cm^{-1} correspondant aux groupes CH_2 et CH_3 , en plus d'une absorption dans la zone $1000\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$. Les deux spectres présentent un profil similaire indiquant une nature polymérique hydrocarbonée saturée. Par conséquent, les deux échantillons sont classés comme polypropylène (PP), avec une légère différence d'intensité de certaines bandes, probablement liée à un degré de dégradation ou à des effets environnementaux.

1.1.3.2 Échantillons du mois d'avril

***Échantillons1(A.1 et A.2)**

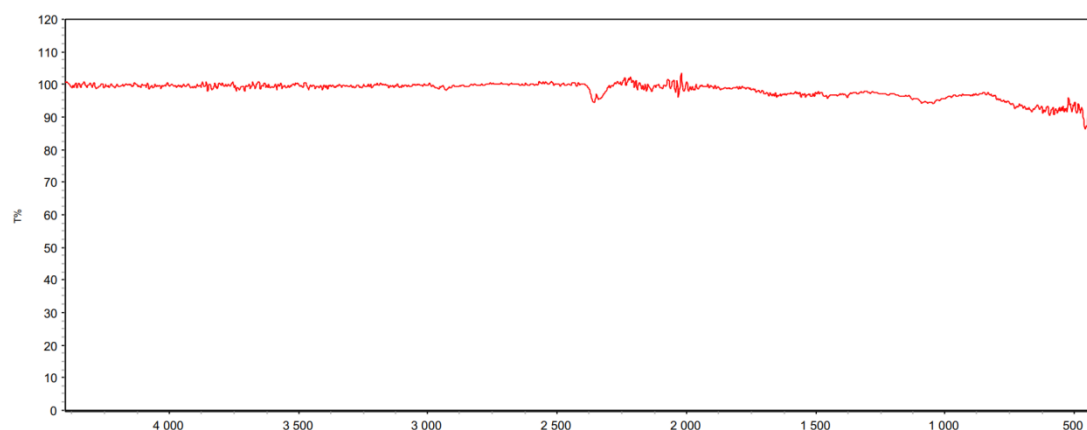


Figure (30) :Spectre FTIR de l'échantillon A.1 durant le mois d'avril

Le spectre FTIR de l'échantillon présente une courbe quasi stable avec la présence de faibles bandes d'absorption, notamment autour de $2350\text{--}2400\text{ cm}^{-1}$, attribuées à l'absorption du dioxyde de carbone (CO_2) présent dans l'atmosphère. De faibles signaux ont également été observés dans différentes régions spectrales, avec l'apparition de pics à des nombres d'onde inférieurs à 500 cm^{-1} . La comparaison du

spectre avec les spectres de référence n'a pas permis d'identifier clairement les empreintes caractéristiques du polyéthylène (PE), du polypropylène (PP) ou du polyéthylène téréphtalate (PET), ce qui suggère soit une faible proportion de matière plastique, soit une altération due à des processus de dégradation et de vieillissement. Par conséquent, l'identification du type de microplastiquedemeureincertaine.

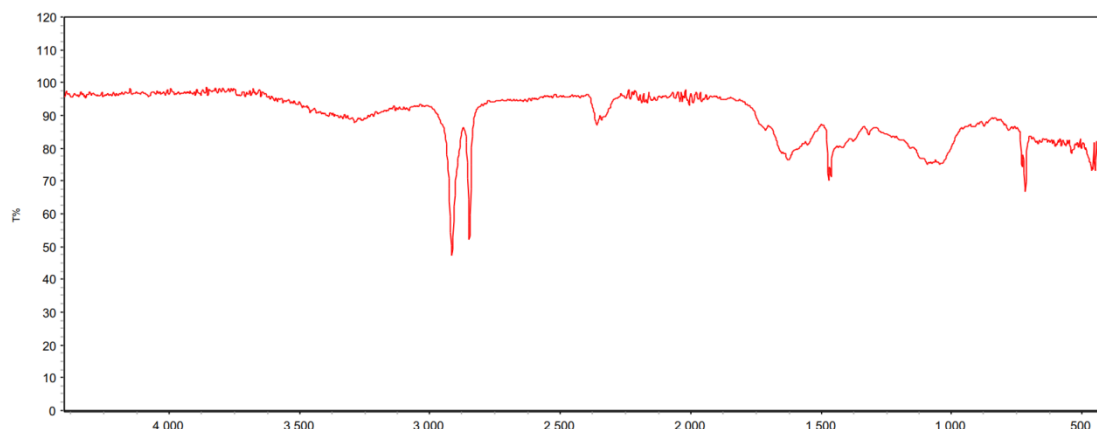


Figure (31) : Spectre FTIR de l'échantillon A.2 durant le mois d'avril

L'analyse FTIR de l'échantillon a révélé la présence de bandes d'absorption caractéristiques indiquant sa nature polymérique et son appartenance probable aux microplastiques. Des pics intenses ont été enregistrés dans la région $2915\text{--}2848\text{ cm}^{-1}$, correspondant aux vibrations des liaisons C–H aliphatiques, ainsi qu'un pic autour de 1460 cm^{-1} associé aux déformations des groupes CH_2 et CH_3 . Des bandes comprises entre 1100 et 1000 cm^{-1} ont également été observées, attribuées aux vibrations des liaisons C–O, avec des signaux dans la région d'empreinte spectrale en dessous de 800 cm^{-1} . Sur la base de ces pics, l'échantillon est principalement attribué au polyéthylène (PE), avec une possible présence de polypropylène (PP).

*** Échantillons 2(B.1 et B.2 et B.3)**

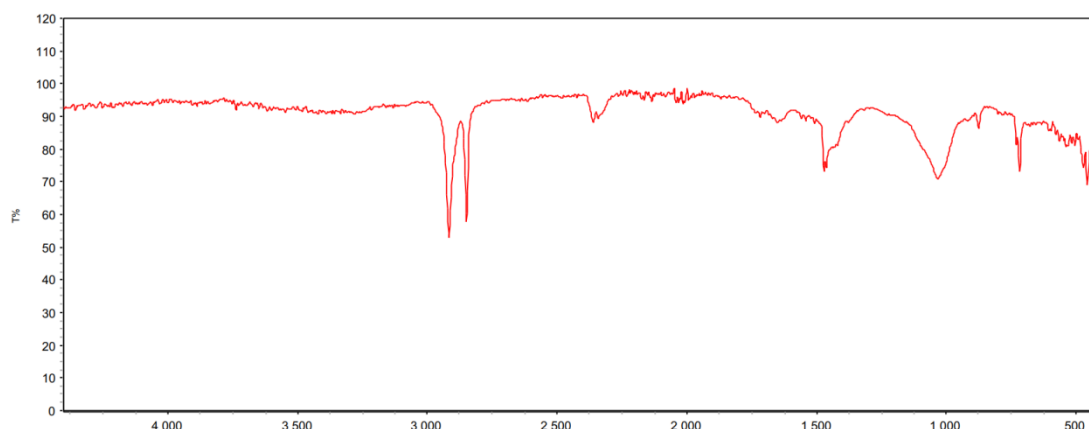


Figure (32) : Spectre FTIR de l'échantillon B.1 durant le mois d'avril

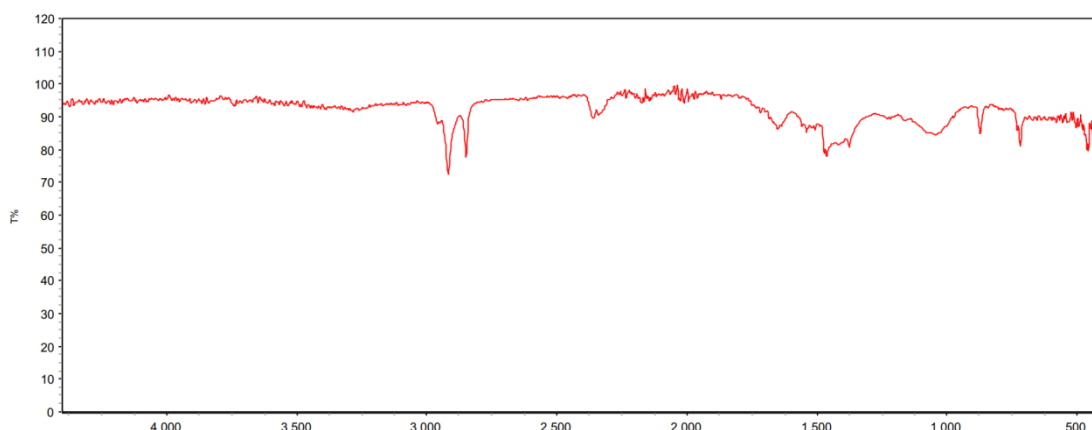


Figure (33) : Spectre FTIR de l'échantillon B.2 durant le mois d'avril

L'analyse FTIR des deux échantillons (B1 et B2 Avril) a révélé des spectres d'absorption très similaires en termes de position et d'intensité des pics, indiquant une forte ressemblance de leur composition chimique. Des bandes caractéristiques ont été enregistrées dans la région 2950–2918 cm^{-1} , correspondant aux vibrations des liaisons C–H aliphatiques, ainsi que des pics à 1400 et 1375 cm^{-1} associés aux déformations des groupes CH_3 , avec des signaux observés dans les régions 1000 et 800 cm^{-1} appartenant à la zone d'empreinte spectrale. Cette similarité des spectres suggère que les deux échantillons appartiennent au même type de polymère, probablement le polypropylène (PP), ce qui confirme la proximité de leurs propriétés chimiques.

***Échantillons 3(C.1 et C.2)**

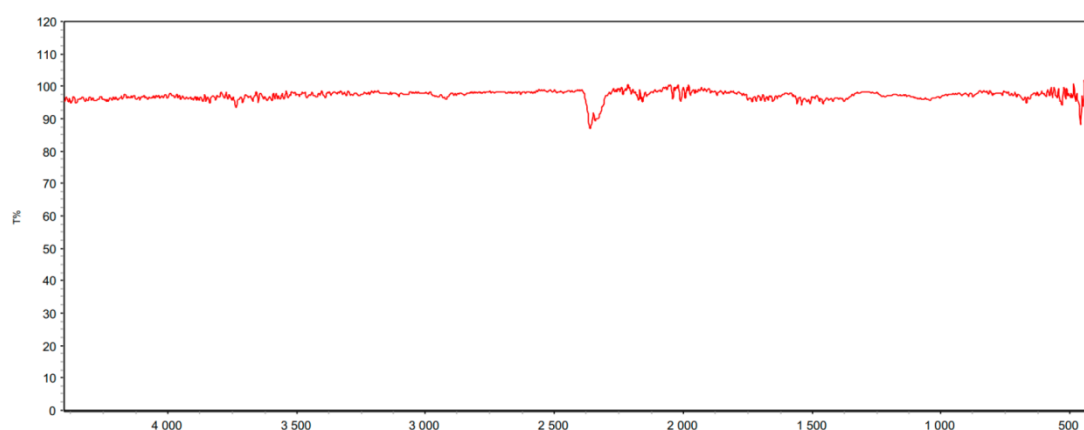


Figure (34) : Spectre FTIR de l'échantillon C.1 durant le mois d'avril

L'analyse FTIR de l'échantillon C1 a montré un spectre relativement faible avec l'absence de la plupart des bandes caractéristiques des polymères plastiques. Une faible bande d'absorption a été observée autour de 2350 cm^{-1} , attribuée probablement au dioxyde de carbone atmosphérique (CO_2), ainsi qu'une chute importante près de 500 cm^{-1} liée aux vibrations de composés inorganiques ou au bruit instrumental. De

plus, aucune bande nette n'a été enregistrée dans les zones caractéristiques des liaisons aliphatique C–H des matières plastiques, notamment entre 2915 et 2848 cm^{-1} . Ces résultats indiquent que l'échantillon ne présente pas une empreinte spectrale claire confirmant la présence de micro plastiques, et que les particules présentes pourraient être de nature non polymérique.

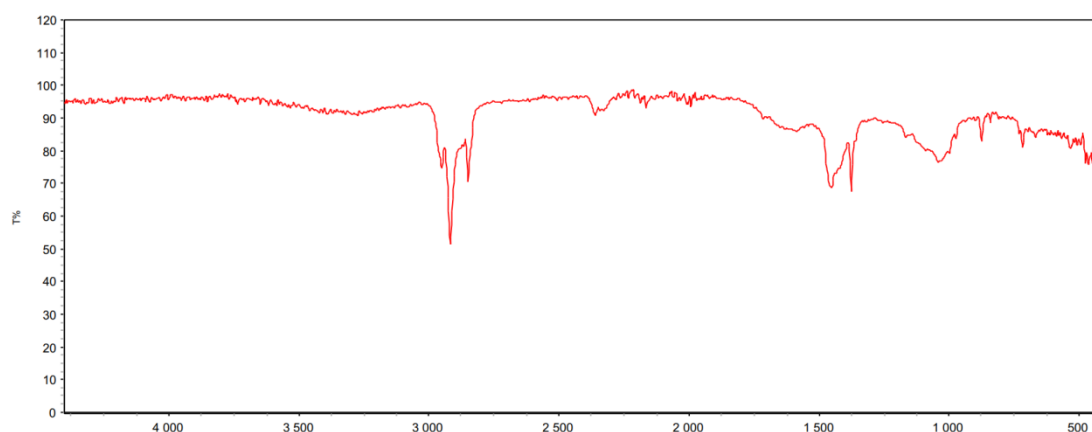


Figure (35) : Spectre FTIR de l'échantillon C.2 durant le mois d'avril

L'analyse FTIR de l'échantillon C2 a révélé la présence de bandes d'absorption caractéristiques indiquant la nature polymérique des particules isolées. Des bandes nettes ont été enregistrées dans la région 2915–2848 cm^{-1} , correspondant aux vibrations d'élongation des liaisons aliphatique C–H, caractéristiques des polymères plastiques tels que le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP). D'autres bandes ont également été observées autour de 1470 cm^{-1} et 1370 cm^{-1} , associées aux vibrations des groupes CH_2 et CH_3 . En outre, des bandes dans la région 1100–700 cm^{-1} traduisent les vibrations structurales des chaînes polymériques. Ces résultats suggèrent que les particules isolées appartiennent probablement au polyéthylène (PE), confirmant ainsi la présence de microplastiques dans l'échantillon étudié.

1.2 L'eau

1.2.1 Paramètres physico-chimiques

Afin d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac Chott, un ensemble de paramètres essentiels reflétant la qualité de l'eau a été analysé durant la période d'étude s'étendant sur les mois de février et d'avril. Cette analyse vise à comprendre les variations temporelles des propriétés physico-chimiques des eaux et à les relier à l'éventuelle influence sur la présence et la distribution des microplastiques dans le milieu aquatique. Les mesures des paramètres étudiés ont été réalisées au

laboratoire, et les résultats sont présentés dans les figures suivantes de manière à permettre le suivi des variations observées au cours de la période d'étude.

1.2.1.1 Température (T°)

La température constitue l'un des facteurs physiques les plus importants influençant la qualité de l'eau. Elle joue un rôle essentiel dans le contrôle des activités biologiques et chimiques au sein du milieu aquatique. Elle agit également sur la solubilité des gaz, notamment celle de l'oxygène dissous, influençant ainsi les conditions environnementales.

Les résultats des mesures de la température durant la période d'étude, présentés dans la (figure 36), montrent des variations entre les mois de février et d'avril, reflétant l'influence directe des conditions climatiques sur les eaux du lac.

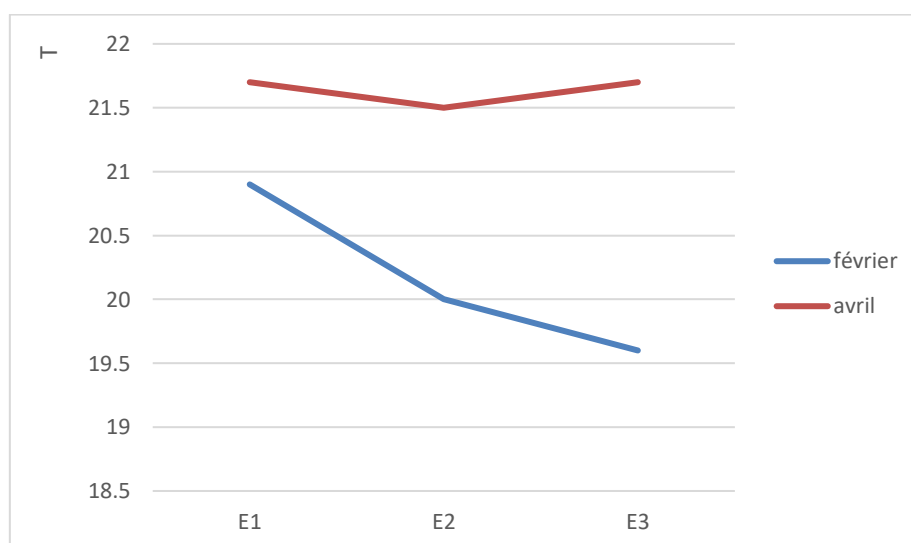


Figure (36): Variation de la température (T°) dans les stations étudiées durant les mois de février et d'avril

Description

Les résultats montrent la présence de légères variations entre les mois de février et d'avril dans les différentes stations étudiées (E1, E2, E3). Les valeurs de la température en février ont varié entre 19,6 et 20,9 $^{\circ}\text{C}$, avec une diminution progressive de la station E1 vers la station E3. En revanche, au mois d'avril, des valeurs légèrement plus élevées ont été enregistrées, oscillant entre 21,5 et 21,7 $^{\circ}\text{C}$, avec une relative stabilité entre les différentes stations.

Interprétation

Selon les normes algériennes relatives à la qualité des eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau potable (**Journal officiel algérien, 2011**), la limite recommandée pour la température est d'environ 25 °C. Ainsi, toutes les valeurs mesurées restent dans les limites autorisées. Cette légère augmentation observée en avril s'explique par les variations climatiques saisonnières liées à la transition de l'hiver vers le printemps. La proximité des valeurs entre les stations traduit également une certaine homogénéité des caractéristiques physiques de l'eau du lac.

Bien que les résultats soient conformes aux normes, l'élévation de la température peut entraîner une diminution de la solubilité de l'oxygène dissous et une augmentation de l'activité biologique, ce qui peut influencer les caractéristiques du milieu aquatique ainsi que le comportement et la distribution de certains polluants, notamment les microplastiques.

1.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène (pH) est un paramètre utilisé pour mesurer la concentration des ions hydrogène (H^+) dans un milieu aqueux, afin de déterminer sa nature, qu'elle soit acide, neutre ou basique. Ce facteur joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. Il influence également le comportement de certains éléments, en particulier les métaux, en augmentant ou en diminuant leur solubilité dans l'eau, ce qui affecte ainsi leur toxicité et leur biodisponibilité.

Les valeurs du potentiel hydrogène enregistrées au niveau des différentes stations lors des deux campagnes d'échantillonnage varient entre 7,52 et 8,93, ce qui indique que les eaux étudiées présentent un caractère basique (figure 37).

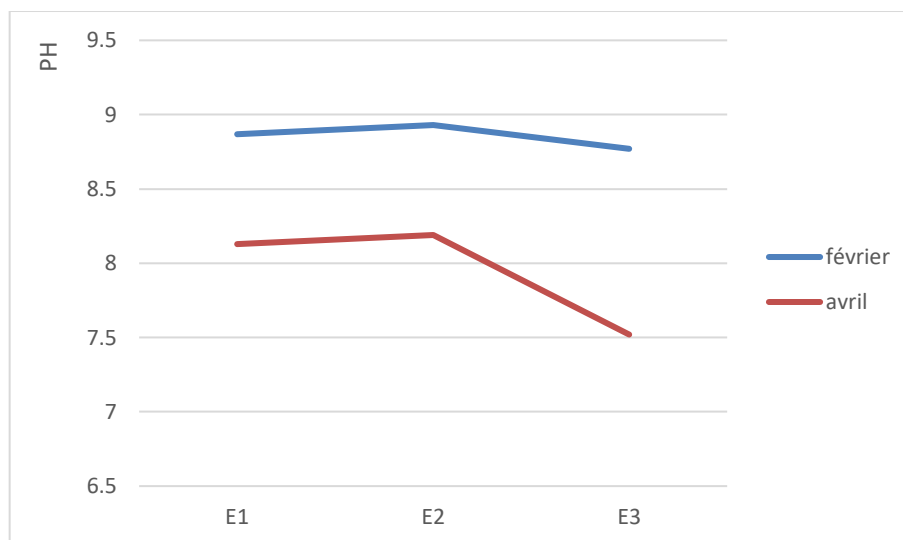


Figure (37) : Variation du potentiel hydrogène (pH) des eaux du lac au cours de la période d'étude

Description

On observe, à travers la figure, que les valeurs du potentiel hydrogène (pH) enregistrées durant le mois de février restent relativement stables entre les stations, variant entre 8,77 et 8,93. En revanche, au mois d'avril, des valeurs légèrement plus faibles ont été enregistrées, oscillant entre 7,52 et 8,19, avec la valeur la plus basse observée au niveau de la station E3 en avril.

Interprétation

L'alcalinité des eaux étudiées peut être expliquée par la nature géologique des régions environnantes, riches en sels minéraux et en carbonates, caractéristiques des zones sahariennes. Cette alcalinité peut également être liée à une activité importante de la photosynthèse des organismes aquatiques, entraînant la consommation du dioxyde de carbone dissous et, par conséquent, l'augmentation de la valeur du pH.

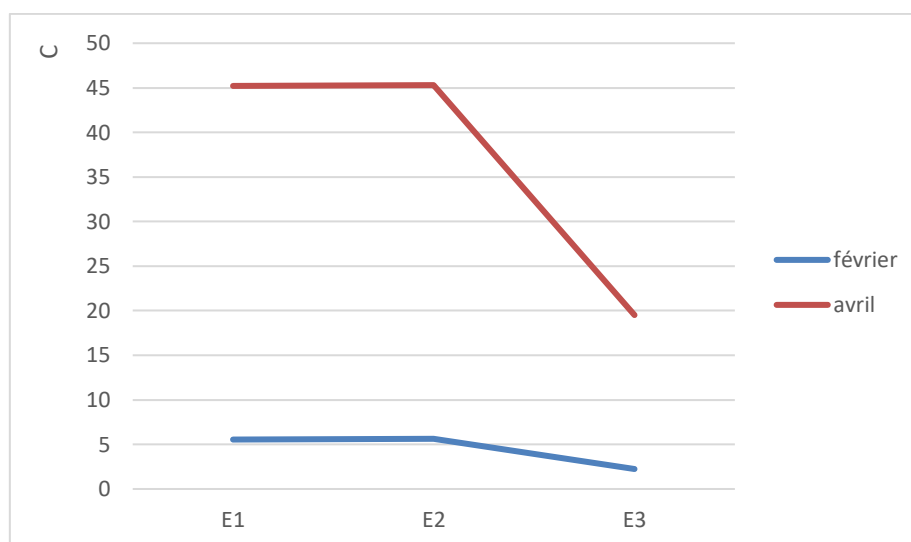
Quant à la légère diminution des valeurs du pH durant le mois d'avril, elle peut être liée aux variations naturelles des conditions environnementales, notamment l'augmentation de la température, l'accumulation de matières organiques ou l'intensification de l'activité biologique dans le milieu aquatique, favorisant ainsi une production plus importante de dioxyde de carbone dissous et une légère baisse du pH.

Malgré ces variations, les valeurs enregistrées restent globalement conformes aux normes algériennes relatives à la qualité des eaux superficielles, qui définissent un intervalle du potentiel hydrogène (pH) compris entre 6,5 et 9,5 (**Journal officiel algérien, 2011**). Les valeurs observées traduisent un milieu aquatique légèrement

basique, favorable au développement et à la croissance de nombreux organismes aquatiques.

1.2.1.3 Conductivité électrique

La courbe représente les résultats de la conductivité électrique obtenus dans la figure (38) ci-dessus



Figure(38):Variation de la conductivité électrique des eaux du lac au cours de la période d'étude

Description

Nous remarquons à travers la figure que les valeurs de la conductivité électrique enregistrées durant le mois de février étaient relativement proches entre les stations E1 et E2, tandis qu'une valeur plus faible a été enregistrée au niveau de la station E3.

Durant le mois d'avril, une augmentation importante des valeurs de la conductivité électrique a été observée dans toutes les stations, alors que la station E3 a présenté une valeur relativement plus faible. La courbe montre également une stabilité relative entre les stations E1 et E2 durant les deux périodes, contre une diminution nette au niveau de la station E3.

Interprétation

L'augmentation de la conductivité électrique au mois d'avril peut s'expliquer par l'élévation des températures et l'intensification de l'évaporation, ce qui entraîne une hausse de la concentration des sels et des ions dissous, ainsi que par l'influence de la nature géologique riche en minéraux. Quant à la diminution enregistrée au niveau de

la station E3, elle pourrait être due à la présence d'un couvert végétal contribuant à l'absorption d'une partie des sels, ou à un renouvellement relatif des eaux et à une baisse de la concentration des substances dissoutes par rapport aux autres stations. Malgré ces variations, les valeurs enregistrées restent inférieures à la limite maximale autorisée de la conductivité électrique, fixée à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon les normes algériennes de qualité des eaux de surface (**Journal officiel algérien, 2011**), ce qui indique que les eaux du lac conservent des caractéristiques physico-chimiques globalement acceptables.

1.2.1.4 Oxygène dissous

La courbe représente les résultats de l'oxygène dissous obtenus dans la figure (39) ci-dessus :

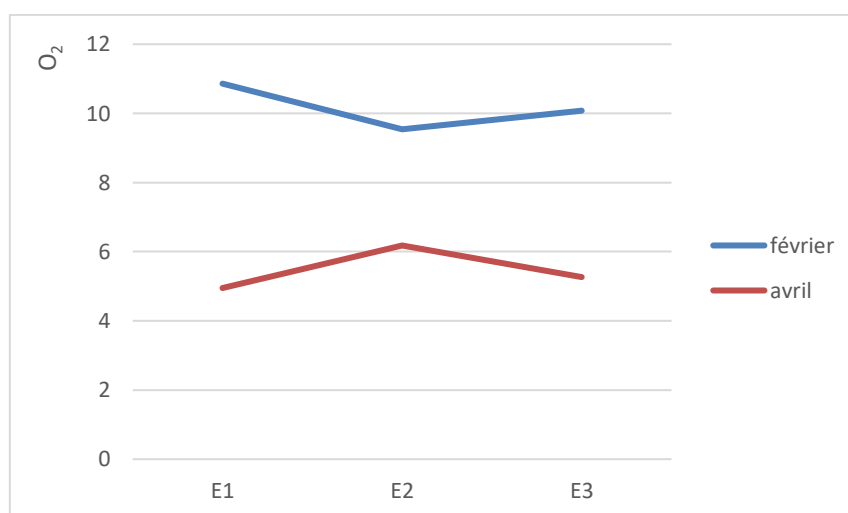


Figure (39) : Variation de l'oxygène dissous au cours des mois de février et d'avril à travers les différents échantillons.

Description

Nous remarquons à travers la figure que les valeurs de l'oxygène dissous (O_2) enregistrées durant le mois de février étaient relativement élevées dans toutes les stations. En revanche, durant le mois d'avril, une diminution nette des valeurs de l'oxygène dissous a été observée par rapport au mois de février dans l'ensemble des stations. La courbe montre également une différence remarquable entre les deux mois, les valeurs de l'oxygène dissous étant plus élevées en février qu'en avril.

Interprétation

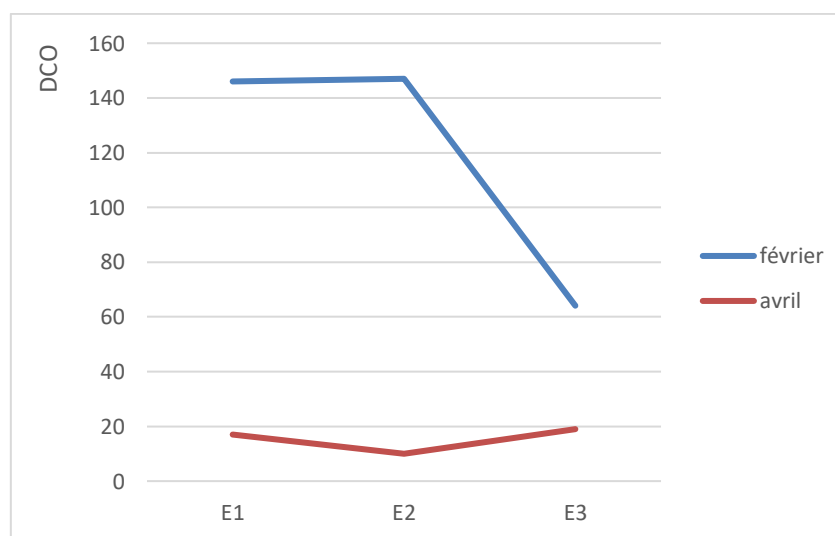
Les valeurs élevées d'oxygène dissous observées au mois de février peuvent s'expliquer par les basses températures hivernales, qui augmentent la solubilité de

l'oxygène dans l'eau. De plus, la diminution de l'activité biologique et le ralentissement des processus de dégradation de la matière organique contribuent au maintien de concentrations relativement élevées en oxygène dissous. En revanche, la diminution enregistrée au mois d'avril est principalement due à l'augmentation de la température de l'eau, ce qui réduit la solubilité de l'oxygène. Cette période est également caractérisée par une intensification de l'activité microbienne et une consommation accrue de l'oxygène dissous lors des processus de décomposition de la matière organique. Par ailleurs, la nature des eaux stagnantes et la teneur élevée en matière organique dans certaines stations peuvent également contribuer à accentuer cette diminution.

Du point de vue de la comparaison avec les normes algériennes de qualité des eaux, une concentration satisfaisante en oxygène dissous doit être ≥ 5 mg/L (Journal officiel algérien, 2011). Les valeurs inférieures à ce seuil sont considérées comme un indicateur de dégradation de la qualité de l'eau et d'une augmentation de la pollution organique. Ainsi, la baisse observée au mois d'avril peut, dans certaines stations, indiquer un début de dégradation de la qualité de l'eau, surtout lorsque les valeurs s'approchent ou passent sous ce seuil, reflétant ainsi l'influence des facteurs thermiques et biologiques sur l'écosystème aquatique.

1.2.1.5 Demande chimique en oxygène (DCO)

La courbe représente les résultats de la demande chimique en oxygène obtenus dans la figure (40) ci-dessus



Figure(40):Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux du lac au cours de la période d'étude

Description

On remarque que les valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) étaient très élevées durant le mois de février au niveau des stations E1 et E2, tandis qu'une valeur plus faible a été enregistrée au niveau de la station E3. En revanche, durant le mois d'avril, les valeurs ont nettement diminué dans toutes les stations, où la valeur la plus faible a été enregistrée à E2 et la plus élevée à E3.

Interprétation

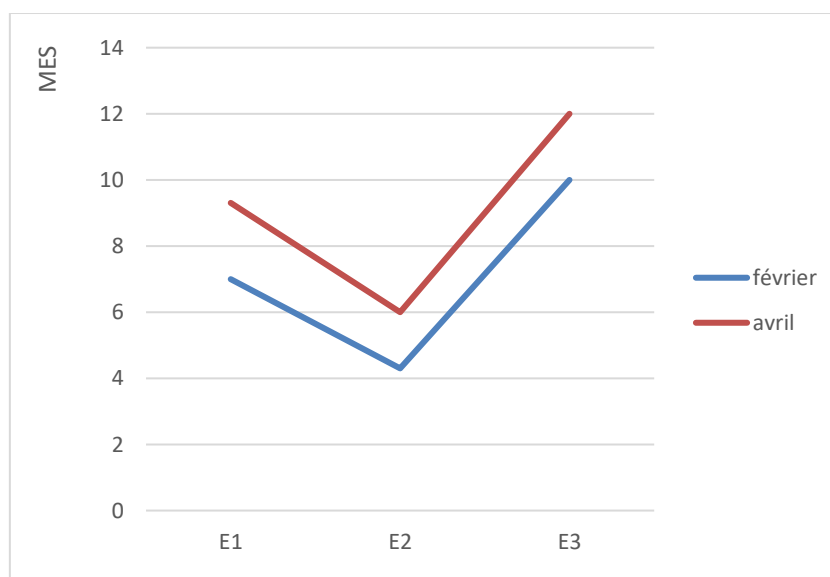
Les valeurs élevées enregistrées durant le mois de février indiquent la présence d'une grande quantité de matières organiques oxydables dans l'eau. Cela peut être dû à des rejets domestiques, au ruissellement de surface ou à l'accumulation de matières organiques.

Quant à la diminution remarquable observée durant le mois d'avril, elle traduit une amélioration relative de la qualité des eaux ainsi qu'une réduction de la pollution organique. Cela est probablement lié au renouvellement des eaux, à l'effet de dilution causé par les précipitations ou à la dégradation naturelle des matières organiques.

En comparant ces résultats aux normes algériennes de qualité des eaux de surface (**Journal officiel algérien 2011**), qui indiquent que l'augmentation des valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) traduit une dégradation de la qualité de l'eau, où les valeurs ≤ 30 mg/L correspondent à une bonne qualité, celles comprises entre 30 et 90 mg/L à une qualité moyenne, tandis que les valeurs > 90 mg/L reflètent une pollution organique élevée, il apparaît que les eaux du mois de février présentent une pollution organique relativement élevée, notamment pour les échantillons 1 et 2, alors que l'échantillon 3 se situe dans un niveau de pollution moyen. En revanche, les valeurs enregistrées au mois d'avril montrent une amélioration notable, toutes étant classées dans la catégorie de bonne qualité, ce qui indique une nette amélioration de la qualité des eaux et leur rapprochement des normes en vigueur.

1.2.1.6. Matières en suspension (MES)

La courbe représente les résultats des matières en suspension obtenus dans la figure (41) ci-dessus



Figure(41):Variation des matières en suspension (MES) des eaux du lac au cours de la période d'étude

Description

On remarque à travers la figure que les valeurs des matières en suspension (MES) enregistrées durant le mois de février étaient variables entre les stations. La valeur la plus faible a été enregistrée au niveau de la station E2 avec 4.3, tandis que la valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la station E3 avec 10. Quant à la station E1, elle a présenté une valeur intermédiaire de 7.

Durant le mois d'avril, une augmentation des valeurs des matières en suspension a été observée dans toutes les stations par rapport au mois de février. Les valeurs ont atteint 9.3 au niveau de la station E1, 6 à la station E2, tandis que la valeur la plus élevée a été enregistrée à la station E3 avec 12. La courbe montre également une évolution presque similaire durant les deux mois, avec une diminution au niveau de la station E2 suivie d'une augmentation nette à la station E3.

Interprétation

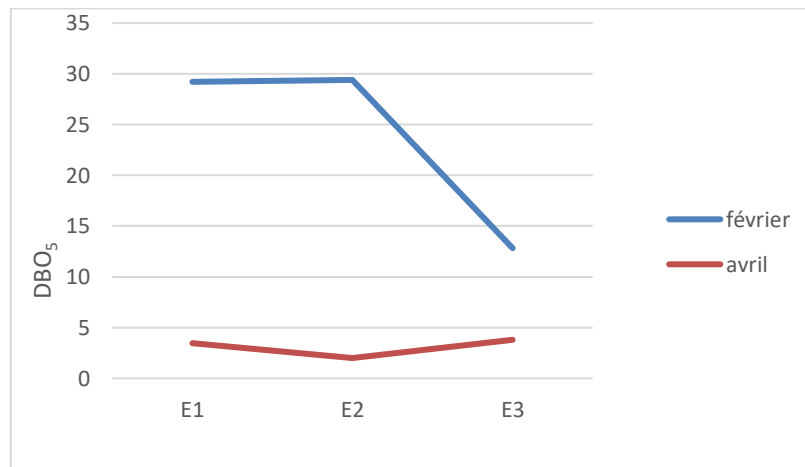
L'augmentation des valeurs des matières en suspension (MES) durant le mois d'avril peut être expliquée par une intensification du transport des sols et des matières organiques vers les eaux du lac sous l'effet des variations climatiques, de l'activité du vent ou du mouvement des eaux. Cela peut également être lié à une augmentation de la quantité des sédiments ou à la présence de rejets domestiques ou agricoles chargés en particules fines.

Par ailleurs, les valeurs élevées enregistrées au niveau de la station E3 par rapport aux autres stations peuvent indiquer une accumulation plus importante des sédiments et des matières en suspension dans cette zone, ou sa proximité avec des sources de pollution, ce qui entraîne une augmentation de la turbidité de l'eau et une diminution de sa transparence.

Selon les normes algériennes relatives à la qualité des eaux de surface (**Journal Officiel Algérien, 2011**), la limite maximale admissible des matières en suspension (MES) est fixée à 25 mg/L. Toutes les valeurs enregistrées durant les deux périodes d'étude restent inférieures à cette norme, ce qui indique que les eaux étudiées sont conformes aux normes algériennes de qualité des eaux superficielles. Toutefois, les valeurs relativement élevées observées au niveau de la station E3 traduisent une quantité plus importante de particules en suspension dans cette zone, ce qui pourrait être lié à l'accumulation des sédiments, au ruissellement de surface ou à la présence de certaines sources locales de pollution.

1.2.1.7. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La courbe représente les résultats de la demande biochimique en oxygène obtenus dans la figure (42) ci-dessus



Figure(42):Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) des eaux du lac au cours de la période d'étude

Description

Les résultats de l'analyse de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) montrent une différence nette entre les mois de février et d'avril dans les différentes stations d'étude. Durant le mois de février, des valeurs élevées ont été enregistrées, variant

entre 12,82 et 29,4 mg/L. En revanche, durant le mois d'avril, les valeurs ont fortement diminué, variant entre 2 et 3,8 mg/L.

Interprétation

L'augmentation importante des valeurs de la DBO₅ durant le mois de février peut être expliquée par la présence d'une quantité considérable de matières organiques biodégradables dans les eaux du lac, ce qui entraîne une consommation plus importante de l'oxygène dissous par les micro-organismes lors du processus de dégradation.

Quant à la diminution enregistrée durant le mois d'avril, elle est attribuée à une réduction de la pollution organique et à une amélioration relative de la qualité des eaux, ainsi qu'à l'effet de l'augmentation des températures et du renouvellement des eaux, qui contribuent à réduire l'accumulation des matières organiques.

Selon les normes algériennes relatives à la qualité des eaux de surface (**Journal Officiel algérien, 2011**), la valeur standard de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) est fixée à 7 mg/L. Les résultats obtenus durant le mois de février ont montré des valeurs élevées, dépassant la norme algérienne, ce qui indique la présence d'une pollution organique significative dans les eaux du lac durant cette période.

En revanche, au mois d'avril, les valeurs ont diminué et sont devenues conformes à la norme algérienne, ce qui reflète une amélioration relative de la qualité de l'eau et une réduction du niveau de pollution organique.

1.2.1 Influence des facteurs physico-chimiques sur la dégradation des plastiques

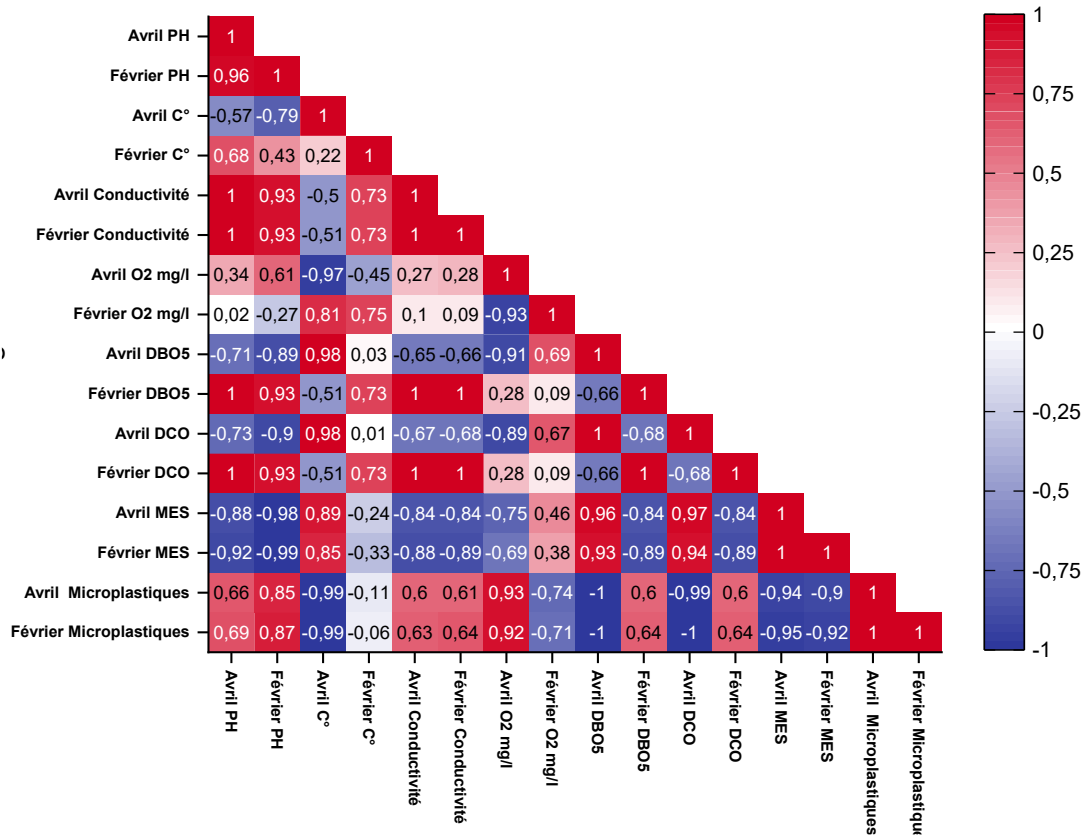
Le processus de dégradation du plastique dans le milieu aquatique est influencé par plusieurs facteurs physiques et chimiques qui contrôlent la vitesse et le mode de rupture des chaînes polymériques, conduisant progressivement à la formation de microplastiques. La température est l'un des facteurs physiques les plus importants, car elle augmente la vitesse des réactions chimiques et affaiblit la structure mécanique du matériau (**Andrady, 2011**). L'oxygène, en particulier en présence des rayons ultraviolets, contribue également à des réactions d'oxydation qui entraînent la fragmentation des chaînes polymériques en molécules plus petites, accélérant ainsi le processus de dégradation (**Gewert et al., 2015**). Les rayons ultraviolets (UV) jouent aussi un rôle majeur, car ils favorisent les réactions d'oxydation photochimique à la

surface exposée à la lumière, provoquant l’affaiblissement des liaisons polymériques et la fragmentation du matériau en particules fines, tandis que cet effet diminue en profondeur en raison de la faible pénétration du rayonnement **(Andrady, 2011)**.

Par ailleurs, les variations du pH influencent la stabilité de certains polymères en milieu aquatique et peuvent contribuer à accélérer leur dégradation chimique. De plus, les polluants organiques et inorganiques, tels que les métaux lourds, augmentent la susceptibilité du plastique à la dégradation, soit en favorisant les réactions chimiques, soit en modifiant la structure de surface du matériau **(Jahnke et al., 2017)**.

Enfin, la biodégradation constitue un mécanisme naturel important dans la fragmentation du plastique, où les micro-organismes sécrètent des enzymes telles que les lipases et les estérases qui contribuent à la rupture des chaînes polymériques. Cependant, ce processus reste lent et limité dans les conditions naturelles **(Heris, 2024)**.

3- *Corrélation entre les parametres physico-chimiques et la concentration des microplastiques*



Figure(43):matrice de corrélation (Pearson)

L'analyse de la matrice de corrélation révèle que la répartition des microplastiques est liée à plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau. Une très forte corrélation entre les microplastiques d'avril et de février ($r \approx 1$) suggère une stabilité spatiale ou des sources communes de contamination. Les microplastiques montrent une corrélation positive avec le pH et la conductivité, indiquant leur association avec des eaux plus alcalines et plus minéralisées. En revanche, une corrélation négative marquée avec la température, particulièrement en avril ($r \approx -0,99$), suggère une influence saisonnière sur leur dispersion. Les relations avec l'oxygène dissous, la DBO5 et la DCO varient selon la période d'échantillonnage, traduisant probablement l'effet des conditions environnementales et des apports anthropiques. Enfin, les matières en suspension (MES) présentent une corrélation négative forte avec les microplastiques ($r \approx -0,90$ à $-0,95$), suggérant des processus de sédimentation, de dilution ou un comportement particulier des polymères flottants. Globalement, ces résultats montrent que la distribution des microplastiques est influencée par les caractéristiques physico-chimiques du milieu, sans pour autant établir une relation causale directe.

Conclusion

Conclusion

Au terme de cette étude portant sur la pollution des eaux par les microplastiques dans le Chott d'El Oued, il ressort que cette zone humide subit des pressions environnementales croissantes en raison de l'accumulation des déchets plastiques. Les analyses de laboratoire ainsi que les observations microscopiques ont confirmé la présence de particules plastiques dans les échantillons d'eau étudiés, avec une augmentation notable de leur concentration durant le mois d'avril par rapport au mois de février, ce qui est lié à l'intensification des activités humaines et à l'influence de certains facteurs naturels tels que le vent.

La technique FTIR a également permis d'identifier les principaux polymères présents dans les eaux du chott, essentiellement le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP), qui figurent parmi les matières plastiques les plus utilisées dans les déchets domestiques et urbains, confirmant ainsi que les activités humaines constituent la principale source de cette pollution. En outre, les résultats des analyses physicochimiques, notamment la température, le pH et l'oxygène dissous, ont montré l'influence des conditions environnementales et climatiques sur la qualité des eaux et sur la répartition des polluants dans le milieu aquatique.

Les résultats de cette étude mettent en évidence que l'accumulation continue des microplastiques représente une menace réelle pour l'équilibre écologique et la biodiversité du Chott d'El Oued, en particulier pour les plantes halophytes et les oiseaux aquatiques migrateurs qui dépendent de cette zone comme habitat, espace d'alimentation et de reproduction.

Recommandations

- Sur la base des résultats obtenus, plusieurs recommandations peuvent être proposées afin de contribuer à la protection du lac du chott et à la préservation de sa durabilité environnementale, parmi lesquelles :

- * Renforcer l'application des lois interdisant le rejet anarchique des déchets ménagers et des déchets de construction à l'intérieur du lac et dans ses environs.

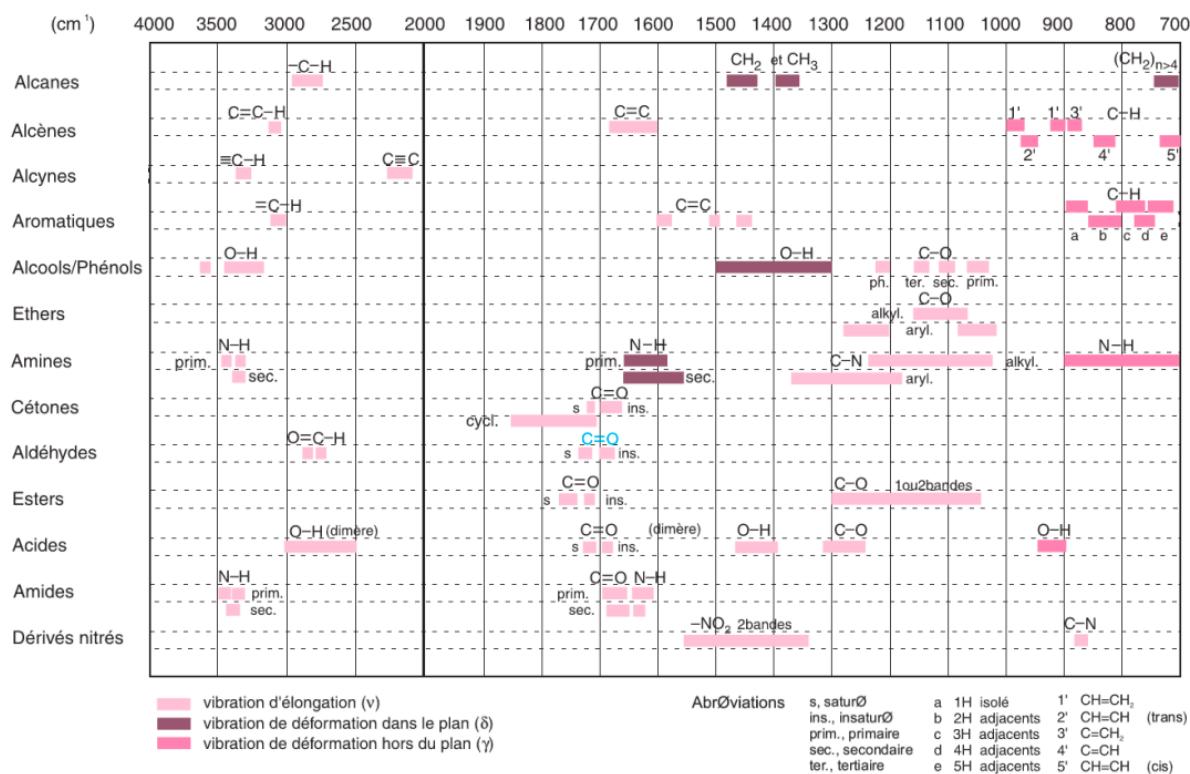
- * Organiser des campagnes de sensibilisation destinées aux habitants de la région et aux étudiants universitaires concernant les dangers du plastique et ses effets à long terme sur la chaîne alimentaire et la santé humaine.

- * Élargir le champ de la recherche scientifique à travers la réalisation d'études futures portant sur l'accumulation des microplastiques dans les sédiments et les tissus

biologiques des organismes vivant dans le lac, notamment les oiseaux aquatiques, tout en mettant en place des programmes de surveillance périodique des paramètres physicochimiques des eaux afin de détecter précocement les niveaux de pollution et de limiter leurs impacts environnementaux.

* Renforcer l'application de la Convention de Ramsar au niveau local à travers la protection du lac et son classement en réserve naturelle contribuant à la réduction des sources de pollution et au développement d'un écotourisme durable.

L'annexe



Références

Références

1. Andrady, A. L. (2011). *Microplastics in the marine environment*. Marine Pollution Bulletin, 62(8), 1596–1605.
2. Andrady, A. L. (2011). *Microplastics in the marine environment*. Marine Pollution Bulletin, 62(8), 1596-1605.
3. Annani Fouzi. (2013). *Essai de biotypologie des zones humides du Constantinois*. Thèse de doctorat, Département de biologie, Université Annaba, 227 p.
4. Barbier, E., Acreman, M., & Knowler, D. (1997). *Évaluation économique des zones humides : guide à l'usage des décideurs et planification*. Bureau de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 143 p.
5. Belhadje, L., Harkousse, R., Hmidatue, M., & Slimani, N. (2022). *Situation écologique de certaines zones humides de l'Oued Righ*. Mémoire de Master académique, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued, Algérie, 15 p.
6. Boubekour, F. Z. (2021). *Contribution à l'étude de la biodiversité des zones humides de l'Est algérien : état des lieux, gestion et valorisation*. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, Algérie.
7. Bouallala, M., & Chehma, A. (2012). *Biodiversité et palatabilité des plantes des parcours camelins à Talh "Acacia raddiana" dans la région de Tindouf (Algérie)*. Revue des Bioressources, 55–65.
8. Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. C. (2010). *Accumulation of microplastic on shorelines worldwide*. Environmental Science & Technology, 44(9), 3404–3409.
9. DGF. (2007). *Zones humides en Algérie*. Document photocopié, Direction Générale des Forêts, 15 p.
10. Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). *Microplastics in freshwater systems: A review*. Water Research, 75, 63–82.
11. Galloway, T. S. (2015). *Micro- and nano-plastics and human health*. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 343–366). Springer.

12. Gesamp. (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment.* imo/fao/unesco-ioc/unido/wmo/iaea/un/unep Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Reports and Studies, 90 p.
13. Gewert, B., Plassmann, M. M., & MacLeod, M. (2015). *Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment.* Environmental Science: Processes & Impacts, 17(9), 1513–1521.
14. Gueddoul, M., Mouane, A., Selmane, M., Chedad, A., & Bouzid, A. (2025). *The ornithological value of the urban wetland Chott El Oued (North-Eastern Algerian Sahara).* Zoology and Ecology, 35(2), 90–100.
15. Hachem, M., & Kelkemi, N. (2024). *Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux et les macro-invertébrés benthiques d'un lac urbain (Lac Echatt, El Oued).* Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued, Algérie.
16. Heris. (2024). *Microbial biodegradation of plastics: enzymatic mechanisms and environmental applications.*
17. Ibrahim, N., Abdul Rahman, A. M. N. A., Shafiq, M. D., Lockman, Z., Jaafar, M., & Kameda, Y. (2025). *Microplastic Pollution: Sources, Degradation Mechanisms, Analytical Advances, and Mitigation Strategies for Environmental Sustainability.* Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 263, 27. Springer.
18. Jahnke, A., et al. (2017). *Microplastics and associated chemical contaminants: sorption and environmental interactions.* Environmental Science & Technology, 51(16), 8739–8747.
19. Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean.* Science, 347(6223), 768–771.
20. Mokdadi, H., & Messai Ahmed, N. (2015). *Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, Chott Marouan, lac Sif El-Menadi et Chott Halloufa).* Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie.

21. Nkin, G. K. (2025). *Microplastic pollution: An in-depth review of its sources, formation mechanisms, quantification techniques, environmental impacts, toxicological effects and remediation strategies*. World Journal of Advanced Research and Reviews, 27(01), 228–262.
22. Noulet, J. (2005). *Les zones humides et leurs fonctions écologiques*. Éditions scientifiques.
23. Osman, A. I., Hosny, M., Eltawiel, A. S., Omar, S., Elgarahy, A. M., Farghali, M., et al. (2023). *Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review*. Environmental Chemistry Letters.
24. Qian, J., et al. (2021). *From source to sink: Review and prospects of microplastics in wetland ecosystems*. Science of the Total Environment, 758, 143.
25. Ramsar. (2013). *Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971)*. 4e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
26. Ramsar. (2016). *Introduction à la Convention sur les zones humides (anciennement Le Manuel de la Convention de Ramsar)*. 6e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
27. Rapinel, S. (2012). *Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides : de l'observation à la modélisation prospective*. Thèse de doctorat, Université Rennes 2, France, 385 p.
28. Saker, L., Baaloudj, A., Rizi, H., Bouaguel, L., Bouakaz, A., Laabed, S., Kannat, A., Ahouhamdi, I., Seddik, S., & Houhamdi, M. (2022). *Microbiological quality of water in an urban wetland: Lake Echatt (Wilaya of El-Oued, Algerian Sahara)*. Ukrainian Journal of Ecology.
29. Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). *Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: A short review*. Springer, 27, 21547.
30. Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). *Lost at sea: Where is all the plastic?* Science, 304(5672), 838.
31. Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). *The physical impacts of microplastics on marine organisms*. Environmental Pollution, 178, 483–492.

