



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
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

Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux et les macros invertébrés benthiques d'un lac urbain (Lac Echatt, El Oued)

Présentée par :

Hachem Manel

Kelkami Nadia

Devant le jury :

Président :

Mr Senigra Moussa

Maitre-Assistant « A »

Université d'El Oued

Directrice de thèse :

Mme GHERIB Amina

Maitre-conférence « B »

Université d'El Oued

Examinatrice :

Mme MERABET Soumia

Maitre-Assistant « A »

Université d'El Oued

Année universitaire : 2023-2024



Remerciement

Le fruit de notre travail est le résultat d'une longue persévérance, réalisé grâce à notre Créateur « Allah », Source de notre inspiration et de notre patience.

*Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadrante, la Docteure **Gherib Amina**, pour sa supervision, ses précieux conseils, ainsi que pour ses encouragements et la confiance qu'elle nous a accordés tout au long de ce travail.*

Nous lui exprimons notre profonde gratitude et notre respect.

*Nous tenons également à remercier les professeurs de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université **Hamma Lakhfadar à El Oued**.*

*Nous remercions aussi les membres du jury : **Dr. Snigra Moussa** et **Dr. Merabet Soumia** ; pour l'honneur qu'ils nous ont fait en présidant et en examinant notre mémoire.*

*Nous souhaitons également exprimer notre gratitude à tout le personnel de la station d'épuration de Kouinine **STEP 1**, et en particulier à l'ingénieure **Sai Khaoula**, qui nous a guidés tout au long de notre étude et nous a accueillis chaleureusement, nous permettant ainsi de bénéficier de ses connaissances pratiques lors des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau.*

*Remerciement à **Msr Soltan Abd Elhak**, responsable des laboratoires au niveau de l'université Echahid Hama Lakhfader. El Oued*

Enfin, nous sommes heureux de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.



Dédicace

Tout d'abord, je remercie Allah Qui m'a aidé à compléter ce mémoire

Je dédie ce mémoire à...

Mon père Messaoud

À la personne qui j'ai étudié pour lui à la personne qui ne me laisse jamais besoin d'aucune chose

Ma mère Fattoum

Sources de tendresse et d'amours pour leurs soutiens tout le long de ma vie scolaire qu'elle fait tout possible pour m'aider.

A mes très chères fille : Rafif, Ilaf.

A mes très chères frères : Farok, Sami, Azou, Rachad

A mes très chères sœurs : Woujdane, Iman

A tout les grandes familles : Kelkami et Abbassi.



Nadia



Dédicace

Tout d'abord, je remercie Allah Qui m'a aidé à compléter ce mémoire

Je dédie ce mémoire à...

Mon père Djamel

À la personne qui j'ai étudié pour lui à la personne qui ne me laisse jamais besoin d'aucune chose

Ma mère Bachra

Sources de tendresse et d'amours pour leurs soutiens tout le long de ma vie scolaire qu'elle fait tout possible pour m'aider.

A mes très chères enfants : Med .Nazim, Rinad.

A mes très chères frères : Hicham ,Dhiya

A mes très chères sœurs :Nadjah,Wahida,Rim

A tout les grandes familles : Hachem et Mennaguer .

Manel



Résumé

Lac Echatt (El Oued) caractérisé par la proximité urbaine donc, il est confronté à une pression croissante liée à diverses activités anthropiques. Cette étude a été réalisée entre Novembre 2023 et Avril 2024, afin d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux superficielles du lac, ainsi que faire un inventaire des macros invertébrés de cette zone humide. 08 paramètres physico-chimiques ont été considérés dans ce travail : la température, le pH, la conductivité électrique, la MES, l'oxygène dissous, le TDS et la salinité, DBO5. L'échantillonnage des eaux et macro invertébrés a été réalisé au niveau de 10 stations couvrant la majeure partie du lac.

Les résultats des analyses physicochimiques des eaux superficielles ont montré que la zone étudiée est trouble, une forte salinité, PH alcalin. Les valeurs de la conductivité électrique élevés, Les températures moyennes enregistrées ont varié entre 16.82°C et 18.52°C.

L'étude faunistiques nous a permis de recenser un totale de 1870 individus répartis en 22 espèces et 19 familles qui appartient au 03 embranchement suivante : Arthropodes, Annélides, Mollusques, lesquelles prédominaient les Arthropodes. La richesse spécifique la plus élevée était notée durant le mois de Novembre avec 9 espèces.

De telles informations peuvent fournir des éléments pour la gestion et la planification de la conservation de cette zone humide.

Mots clés : Zone humide, Lac Chott, El Oued, l'eau , Analyses physico-chimiques , Inventaire, Macro-invertébrés

ABSTRACT

Lake Echatt (El Oued) is characterized by its proximity to urban areas, therefore its susceptible to increasing pressures from various human activities.

This study was conducted between November 2023 and April 2024, aiming to evaluate the physico-chemical quality of the lake's surface waters and inventory the macro invertebrates in this wetland area.

The study considered eight physico-chemical parameters: temperature, pH, electrical conductivity, suspended solids (SS), dissolved oxygen, total dissolved solids (TDS), salinity, and biochemical oxygen demand over 5 days (BOD5). Water and macro invertebrate samples were collected from 10 stations covering most parts of the lake.

The results of the physico-chemical analyses of the surface waters showed that the study area is characterized by high turbidity, high salinity, and alkaline PH.

The electrical conductivity values were high, and the average recorded temperatures ranged between 16.82°C and 18.52°C.

The faunal study recorded a total of 1870 individuals distributed across 22 species and 19 families belonging to three phyla: Arthropoda, Annelida, and Mollusca, with Arthropoda being predominant.

The highest species richness was noted in November with 9 species. Such information can provide essential elements for the management and conservation planning of this wetland area.

Keywords: Wetland, Lake Chott, El Oued, Water, Physico-chemical analyses, Inventory, Macro invertebrates

ملخص

تتميز بحيرة الشط (الوادي) بقربها من المناطق الحضرية. وبالتالي، فإنها تواجه ضغطاً متزايداً ناتجاً عن الأنشطة البشرية المتنوعة.

أجريت هذه الدراسة بين نوفمبر 2023 وأفريل 2024، بهدف تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية للبحيرة، بالإضافة إلى عمل جرد لللافقاريات الكبيرة في هذه المنطقة الرطبة.

تم أخذ في الاعتبار 08 معايير فيزيائية وكيميائية في هذا العمل: درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، المواد العالقة، الأكسجين المذاب، المواد الصلبة الذائبة الكلية، الملوحة، والطلب البيولوجي على الأكسجين لمدة 5 أيام.

تم أخذ عينات المياه واللافقاريات الكبيرة من 10 محطات التي تغطي الجزء الأكبر من البحيرة .

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية أن المنطقة المدروسة ملوثة وعكرة ، ذات ملوحة عالية، ودرجة حموضة قلبية.

حيث كانت قيم الناقلية الكهربائية مرتفعة جدا ، وتراوحت درجات الحرارة المتوسطة المسجلة بين 16.82 C° و 18.52 C°. أتاحت لنا الدراسة الحيوانية تسجيل إجمالي 1870 فرداً موزعين على 22 نوعاً و 19 عائلة تنتمي إلى 03 شعب: المفصليات، الحلقيات، الرخويات، وكانت المفصليات هي الشعبة السائدة في البحيرة.

لوحظت أعلى ثراء نوعي خلال شهر نوفمبر حيث بلغت 9 أنواع .

يمكن أن توفر هذه المعلومات أساساً لإدارة هذه المنطقة الرطبة وتخطيط الحفاظ عليها بشكل فعال .

الكلمات المفتاحية : المناطق الرطبة ؛ بحيرة الشط بالوادي ؛ الماء؛ التحليلات الفيزيائية و الكيميائية للمياه جرد ؛ اللافقاريات الكبيرة ،

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Carte de répartition des zones humides) Torres <i>et al.</i> 2017)	10
2	Carte de répartition des zones humides classées site Ramsar Algérie (D.G.F, 2017).	11
3	Cycle de vie d'un Trichoptère (Ben slima et Ben nouar, 2020)	31
4	Situation géographique de la région d'El Oued	37
5	Histogramme des températures moyennes interannuelles (2012-2023)	40
6	Histogramme des Humidité moyennes interannuelles (2012-2023)	41
7	Histogramme des variations de répartition des pluies moyennes interannuelles (mm) (2012-2023)	42
8	Histogramme de variations de vitesse mensuelle des vents en (m/s) (2012_2023).	43
9	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN appliqué à la région d'Oued Souf (2012_2023).	44
10	Place de la Région d'Oued dans le diagramme d'OMBERGER (2012_2023).	45
11	La carte géographique de la zone d'étude (Hachem et Kelkami ,2024)	48
12	La carte géographique des stations de la zone d'étude (Kelkami et Hachem , 2024)	52
13	Variations mensuelles de la température des eaux du lac Echatt.	62
14	Variations spatio-temporelles de la température des eaux superficielles du lac Echatt	63
15	Les valeurs de PH pendant la période d'étude	64
16	Variations spatio-temporelles du PH des eaux du lac Echatt	64
17	Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des eaux du lac Echat	65
18	Variations Mensuelles de l'oxygène dissous des eaux du lac Echatt	66
19	Variations Stationnaires de l'oxygène dissous des eaux du lac Echatt	66
20	Variations Mensuelles de TDS des eaux du lac Ehatt	67
21	Variations spatio-temporelles de la MES des eaux superficielles du lac Echatt	69

22	Variations Mensuelles de la salinité des eaux du lac Ehatt	69
23	Variations stationnaires de la salinité des eaux du lac Echatt	70
24	Variations mensuelles du DBO5 des eaux du lac Echatt	71
25	Pourcentage de différents classes échantillonnés au niveau du lac Echatt	73
26	Abondances relatives des macro invertébrés benthiques du lac Echatt.	74
27	Répartition des macro invertébrés benthiques recensées au cours de la période d'étude (Novembre 2023 – Avril 2024) du lac Echatt	76
28	Répartition des macro invertébrés benthiques recensées au cours de la période d'étude (Novembre 2023 – Avril 2024) au niveau des 10 stations	77
29	Richesse taxonomique des différentes stations étudiées	78
30	La distribution d'abondance par ordre de la faune benthique au niveau des stations	79
31	La proportion de chaque ordre au niveau des dix stations.	79
32	Variation temporelle de l'Indice de diversité de Shannon et Weaver du peuplement des macro invertébrés du lac Echatt.	80
33	Variation temporelle de l'Indice d'équitabilité du peuplement des macroinvertébrés du lac Echatt	81

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Les types des zones humides selon le SDAGE (U.I.C.N, 1997)	4
2	Situation des 05 principales régions écologiques de l'Algérie (Saifouni et Bellatreche , 2020)	19
3	Quelques conventions et protocoles signés par l'Algérie (Ramsar, 2006)	20
4	Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Rodier et <i>al.</i> 1996)	24
5	Classe les eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO ₅ (Bremond et Vuichard, 1973)	26
6	Les températures moyennes mensuelles interannuelles (2012-2023) (Tutimpo.net)	40
7	Humidité relative moyenne mensuelle interannuelles (2012-2023) (Tutimpo.net)	41
8	Valeurs des précipitations moyennes interannuelles en (mm) (2012-2023) (TuTiempo.net)	42
9	Vitesse moyenne mensuelle du vent (2012_2023) (TuTiempo.net)	43
10	Localité des sites de prélèvements de l'eau et les macro-invertébrés.	50
11	Principaux paramètres physico-chimiques des eaux mesurés sur lac Ehatt	61
12	Richesse taxonomique des macro invertébrés benthique du lac Echatt	72
13	Répartition des espèces recensées au cours de période d'étude	75

LISTE DES PHOTOS

N°	Titre	Page
01	Lac Taleb Al-Arbi dans la région d'El Oued (C.F.2023)	14
02	Chott El-Dhiba dans la région d'El Oued (C.F.2023)	14
03	Chott Hallofa dans la région d'El Oued (C.F.2023)	15
04	Lac Sif El-Menadi (Mokdadi et Mesai ; 2015)	16
05	Station d'épuration des eaux usées de Kouinine (C.F. 2022)	16
06	Station d'épuration des eaux usées de Hassani Abdel Karim (Sahraoui et Daga ; 2021)	17
07	Station d'épuration des eaux usées de Sidi Aoun (STEP 3) (C.F.2023)	17
08	Vue générale du lac Echatt (Hachem et Kelkami, 2024)	48
09	Les stations de prélèvement au niveau de Lac Chott (Hachemet Kelkami, 2024)	51
10	A -Prélèvements des échantillons d'eau ; B-Conservation des échantillons (Kelkami et Hachem, 2024)	53
11	Mesure des paramètres in situ (Kelkami et Hachem, 2024)	54
12	Mesure des paramètres physico-chimiques au niveau de STEP 1 de Kouinine	56
13	Méthode d'échantillonnage des macros invertébrées (Kelkami et Hachem, 2024)	58
14	L'identification des macro invertébrées au niveau de laboratoire (Kelkami et Hachem ;2024)	60

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Signification
ONA	Office National de l'Assainissement
STEP 1 (STEP)	Station de traitement des eaux polluée
S.M.Q	Système Management de Qualité
ISO	Organisation internationale de normalisation
C. F	Conservation des forêts
D. G. F	La Direction Générale des Forêts
O.D	Oxygène dissous
Slnt	Salinité
MO	Matière Organique
T°	Température
PH	Potentiel d'hydrogène
M.E.S	Matières en suspension
T.D.S	Solides totaux dissous
DBO₅	Demande biochimique en oxygène en 5 jours
C.I	Continental Intercalaire.
U.N.E.S.C.O	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
C.E	Conductivité électrique
D.B.O₅	Demande biologique d'oxygène
Turb	La turbidité
PO₄	Le phosphate
Pt	Le phosphate total
S.M.E	Système de Management Environnemental
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
D.S.D	Déchets Spéciaux Dangereux
Eb	Eaux brute (entrée)
Et	Eaux traitée (sortie)
A.N.R.H	Agence Nationale des Ressources Hydriques

SOMMAIRE

Introduction	1
Partie théorique	
Chapitre 1 : Généralité sur les zones humides	
1. Définition des zones humides d'après la convention de Ramsar.....	3
2. Convention de Ramsar sur les zones humides.....	3
3. Différents types des zones humides.....	4
4. Valeurs des zones humides.....	6
5. Les différentes fonctions des zones humides.....	6
5.1.Fonctions hydrologiques	7
5.2.Fonctions biogéochimiques.....	7
5.3.Fonctions d'habitat/régulation des chaînes trophiques/ressources.....	7
5.4.Fonctions biologiques.....	7
5.5.Fonctions climatiques.....	7
5.6.Fonctions écologiques.....	7
6. L'importance des zones humides.....	8
7. Menaces des zones humides.....	8
8. Les zones humides dans le monde et en Algérie.....	9
8.1.Les zones humides dans le Monde.....	9
8.2.Les zones humides en Algérie.....	10
9. Utilisation des zones humides algériennes.....	11
9.1. Agriculture et pâturage.....	11
9.2.Pêche.....	11
9.3.Extraction de sel.....	11
10.Stratégie Nationale de préservation des zones humides.....	12
11. Les zones humides d'Oued Souf.....	13

11.1. Lac Taleb Al-Arbi.....	13
11.2. Chott El-Dhiba.....	14
11.3. Chott Hallofa.....	15
11.4. Lac Sif El Menadi.....	15
11.5. La station d'épuration de Kouinine (STEP1)	16
11.6. La station d'épuration de Hassani Abd El Kerim (STEP 2)	16
11.7. La station d'épuration de Sidi Aoun (STEP 3)	17
12. Distribution du nombre de zones humides à l'échelle nationale.....	18
12.1. La région Nord.....	18
13. Conservation.....	19
Chapitre 2 : Recueilles bibliographique sur les notions utilisées	
1. Généralités sur l'eau.....	22
1.1.Définition de l'eau.....	22
1.2.Source de l'eau.....	22
1.2.1. Eaux souterraines.....	22
1.2.2. Eaux de la surface.....	22
2. Les analyses de l'eau.....	23
2.1. Paramètre physique-chimique.....	23
2.1.1. Température de l'eau.....	23
2.1.2. Conductivité électrique.....	23
2.1.3. Potentiel hydrogène (pH)	24
2.1.4. Matières en suspension.....	24
2.1.5. Salinité.....	25
2.1.6. L'oxygène dissous (OD)	25
2.1.7. Turbidité (Transparence)	25
2.1.8. Demande biochimique en oxygène (DBO) ₅	26

2.2. Paramètres microbiologiques.....	26
2.3. Paramètre organoleptique.....	27
2.3.1. L’Odeur.....	27
2.3.2. Le gout.....	27
2.3.3. La coloration.....	27
3. Pollution des milieux aquatiques.....	27
3.1. Définition de la pollution.....	27
3.2. Pollution de l’eau.....	28
3.3. Source de pollution de l’eau.....	28
3.3.1. Pollution d’origine domestique.....	28
3.3.2. Pollution d’origine atmosphérique.....	29
3.3.3. Pollution d’origine industrielle.....	29
3.3.4. Pollution d’origine agricole.....	30
4. Généralités sur les macro-invertébrés aquatiques.....	30
4.1. Caractéristiques générales des principaux groupes des macro-invertébrés aquatiques.....	31
4.1.1. Embranchement des Spongiaires, Cnidaires et Bryozoaires.....	31
4.1.2. Embranchement des Mollusques.....	32
4.1.3. Embranchement des Annélides.....	32
4.1.4. Embranchement des Plathelminthes.....	32
4.1.5. Embranchement des Némathelminthes.....	33
4.1.6. Embranchement des Arthropodes.....	33
4.2. Importance des macro invertébrés.....	35
4.3. Avantages des macro invertébrés benthiques.....	35
Partie 2 : Expérimental	
Chapitre 01 : Matériel et méthodes	
1-Présentation de la région d’étude.....	36

1.1 - Situation géographique.....	36
1.2.La pédologie.....	37
1.3. Hydrogéologie.....	38
1.3.1. Nappe phréatique.....	38
1.3.2. Nappes profondes.....	38
1.3.3. Nappe du complexe terminal (CT)	38
1.3.4. Nappe continental intercalaire (CI).	38
1.3.5. Constat sur l'exploitation des nappes CI-CT.....	39
1.4-Étude des paramètres climatiques.....	39
1.4.1. La Température.....	39
1.4.2. Humidité	40
1.4.3. Précipitation.....	41
1.4.3. Le vent.....	42
1.5 . Synthèses des facteurs climatiques.....	43
1.5 .1. Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	43
1.5.2. Climagramme d'EMBERGER.....	44
1.6. Facteurs biotiques de la région du Souf.....	45
1.6.1.- Flore.....	45
1.6.2.- Faune.....	46
2.Présentation du Lac Echatt.....	47
2.1. Description de la zone d'étude Lac Echatt.....	47
2.2. La situation géographique de la zone d'étude (Lac Chott)	48
3. Méthodologie du travail.....	49
3.1. Choix et description des stations d'étude.....	49
3.2.Les analyse physico-chimique.....	52
3.2.1. Détermination des matières en suspension (MES).....	54
3.3.2. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO) ₅	55

3.3.3. Détermination de la turbidité.....	55
3.4.Echantillonnage des macros invertébrées.....	57
3.4.1 Méthode d'échantillonnage.....	57
3.4.2. Conservation des échantillons.....	59
3.4.3. Tri et détermination.....	59
CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION	
1. Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux.....	61
1.1.Température (C°).....	61
1.2. Potentiel hydrogène (pH).....	63
1.3. La conductivité électrique.....	65
1.4.Oxygène dissous (OD)	66
1.5. Total de solides dissous (TDS)	67
1.6.Matière en suspension (MES)	68
1.7. Salinité.....	69
1.8. Demande biologique d'oxygène (DBO5).....	70
2. L'analyse faunistique.....	71
2.1 Analyse globale de la structure des Macroinvertébrés.....	71
2.2 L'analyse quantitative et qualitative de la faune benthique.....	73
3. Analyse temporelle.....	74
4.La répartition spatial des macro invertébrés dans les 10 stations du lac Echatt	76
4 . Les indices de diversité.....	77
4 . 1. Richesse taxonomique.....	77
4.2. Abondance.....	78
4.3.L'indice de diversité de Shannon et Weaver (H')......	80
4.4. L'indice d'équitabilité (E).....	80
5. Les macro-invertébrés en relation avec les facteurs environnementaux.....	81
6.la relation entre les paramètres physico-chimiques et la distribution des macro invertébrés	82

Références bibliographiques

Introduction

Les zones humides sont des terrains inondés ou imprégnés d'eau, où la végétation est adaptée à l'humidité. Elles agissent comme des zones de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, offrant une biodiversité riche et jouant un rôle crucial sur le plan écologique, hydrologique et socio-. Economique, comprenant diverses zones telles que les lacs, les marais, les rivières, les barrages, les chotts, les sebkas et les gueltas (**Messai Boubaker et Reguia 2017 ; Berthelin et al,2011 ; Hammouda, 2013**).

Ces zones acquièrent à travers toute la planète une importance de plus en plus grande. Ces milieux sont non seulement exceptionnellement riches en biodiversité et extrêmement productifs, mais ils jouent également un rôle capital dans la conservation et la gestion des eaux douces. Ce sont des écosystèmes très complexes, vulnérables et dont le fonctionnement n'est cependant ni bien connu ni bien compris (**Raachi, 2007**). Ces zones présentent un fort intérêt à la fois scientifique, économique et esthétique qui justifie la mise en place de mesures conservatoires (**Khedimallah, 2019**).

Le Sahara algérien est célèbre pour son climat aride, représentant 84% de la superficie du pays. Il abrite d'importantes réserves d'eau souterraine stockées dans deux grands aquifères, le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Les eaux de surface y sont rares et très irrégulières, se limitant généralement aux zones de Sebkhass et de Chotts, situées principalement dans les bassins endoréiques près des oasis.

La détérioration de la qualité des eaux dans les écosystèmes aquatiques est un enjeu de plus en plus important en Algérie, comme ailleurs dans le monde et plus particulièrement dans le contexte méditerranéen où les ressources en eau sont limitées, fragiles et menacées. En effet, ces ressources souffrent surtout de la surexploitation (**Barkat .2016**).

L'évaluation de la qualité des cours d'eau repose sur l'analyse biologique de ces écosystèmes, ainsi que sur la morphologie et l'hydrologie des cours d'eau. Ces méthodes sont complémentaires et indispensables (**Bouatiet Boualleg, 2019**). Par conséquent, la mesure et la quantification des paramètres physiques et chimiques de

l'eau sont considérées comme le principe le plus important pour déterminer la nature et la qualité de l'eau dans les écosystèmes aquatiques (**Belghiti et al .2013**).

Nous prenons le lac Echatt (El Oued) comme exemple, situé à proximité des zones résidentielles mais relativement méconnu, la qualité des ces eaux superficielles se dégrade sous l'effet des rejets des eaux usées, de déchets urbains et industriels, aggravant ainsi les problèmes sanitaires et environnementaux.

A cette raison notre recherche se focalise sur l'analyse des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac Echatt dans la région du Souf, en raison de leur potentiel en tant que vecteurs de pathogènes pouvant affecter la santé publique. Nous examinerons des paramètres tels que le pH, la conductivité électrique, l'Oxygène dissous,ect

Par ailleurs, en plus la thématique principale de la thèse fixée au départ et au vu de notre présence au lac, nous avons profité de cette opportunité pour faire un inventaire plus ou moins complet des macros invertébrés qui le fréquentent.

Les macro-invertébrés sont des bioindicateurs sensibles aux perturbations environnementales et les variations interspécifiques de cette sensibilité permettent l'observation d'un gradient de réponses des communautés selon l'intensité et la nature du stress (**Lewis et al., 2001**). De ce fait, les macro-invertébrés constituent d'excellents indicateurs de la qualité de leur milieu (**Tenkiano, 2017**).

Cette étude est subdivisée en deux parties essentielles :

La première partie présente une synthèse bibliographique dans laquelle nous apportons un premier chapitre qui expose des généralités sur les zones humides, un second chapitre qui présente des contextes généraux : Recueilles bibliographiques sur les notions utilisées (les analyses physicochimiques de l'eau, les macro-invertébrés aquatiques) .

La deuxième partie, expérimentale, répartie en deux chapitres dans ce mémoire, le premier chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisées lors du travail expérimental. Le deuxième chapitre expose l'ensemble des résultats obtenus et leur discussion. Et enfin, nous nous finirons par une conclusion.

Introduction

Les zones humides sont des terrains inondés ou imprégnés d'eau, où la végétation est adaptée à l'humidité. Elles agissent comme des zones de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, offrant une biodiversité riche et jouant un rôle crucial sur le plan écologique, hydrologique et socio-. Economique, comprenant diverses zones telles que les lacs, les marais, les rivières, les barrages, les chotts, les sebkas et les gueltas (**Messai Boubaker et Reguia 2017 ; Berthelin et al,2011 ;Hammouda, 2013**).

Ces zones acquièrent à travers toute la planète une importance de plus en plus grande. Ces milieux sont non seulement exceptionnellement riches en biodiversité et extrêmement productifs, mais ils jouent également un rôle capital dans la conservation et la gestion des eaux douces. Ce sont des écosystèmes très complexes, vulnérables et dont le fonctionnement n'est cependant ni bien connu ni bien compris (**Raachi, 2007**). Ces zones présentent un fort intérêt à la fois scientifique, économique et esthétique qui justifie la mise en place de mesures conservatoires (**Khedimallah, 2019**).

Le Sahara algérien est célèbre pour son climat aride, représentant 84% de la superficie du pays. Il abrite d'importantes réserves d'eau souterraine stockées dans deux grands aquifères, le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Les eaux de surface y sont rares et très irrégulières, se limitant généralement aux zones de Sebkhass et de Chotts, situées principalement dans les bassins endoréiques près des oasis.

La détérioration de la qualité des eaux dans les écosystèmes aquatiques est un enjeu de plus en plus important en Algérie, comme ailleurs dans le monde et plus particulièrement dans le contexte méditerranéen où les ressources en eau sont limitées, fragiles et menacées. En effet, ces ressources souffrent surtout de la surexploitation (**Barkat .2016**).

L'évaluation de la qualité des cours d'eau repose sur l'analyse biologique de ces écosystèmes, ainsi que sur la morphologie et l'hydrologie des cours d'eau. Ces méthodes sont complémentaires et indispensables (**Bouatiet Boualleg, 2019**). Par conséquent, la mesure et la quantification des paramètres physiques et chimiques de

l'eau sont considérées comme le principe le plus important pour déterminer la nature et la qualité de l'eau dans les écosystèmes aquatiques (**Belghiti et al .2013**).

Nous prenons le lac Echatt (El Oued) comme exemple, situé à proximité des zones résidentielles mais relativement méconnu, la qualité de ces eaux superficielles se dégrade sous l'effet des rejets des eaux usées, de déchets urbains et industriels, aggravant ainsi les problèmes sanitaires et environnementaux.

A cette raison notre recherche se focalise sur l'analyse des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac Echatt dans la région du Souf, en raison de leur potentiel en tant que vecteurs de pathogènes pouvant affecter la santé publique. Nous examinerons des paramètres tels que le pH, la conductivité électrique, l'Oxygène dissous,ect

Par ailleurs, en plus la thématique principale de la thèse fixée au départ et au vu de notre présence au lac, nous avons profité de cette opportunité pour faire un inventaire plus ou moins complet des macros invertébrés qui le fréquentent.

Les macro-invertébrés sont sensibles aux perturbations environnementales et les variations interspécifiques de cette sensibilité permettent l'observation d'un gradient de réponses des communautés selon l'intensité et la nature du stress (**Lewis et al., 2001**). De ce fait, les macro-invertébrés constituent d'excellents indicateurs de la qualité de leur milieu (**Tenkiano, 2017**).

Cette étude est subdivisée en deux parties essentielles :

La première partie présente une synthèse bibliographique dans laquelle nous apportons un premier chapitre qui expose des généralités sur les zones humides, un second chapitre qui présente des contextes généraux : Recueilles bibliographiques sur les notions utilisées (les analyses physicochimiques de l'eau, les macro-invertébrés aquatiques) .

La deuxième partie, expérimentale, répartie en deux chapitres dans ce mémoire, le premier chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisées lors du travail expérimental. Le deuxième chapitre expose l'ensemble des résultats obtenus et leur discussion. Et enfin, nous nous finirons par une conclusion.

PARTIE
Bibliographiques

CHAPITRE 1.

Généralités sur

les zones humides



Chapitre 1 : Généralités sur les zones humides

1. Définition des zones humides d'après la convention de Ramsar :

Les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Les critères à retenir pour la définition des zones humides sont relatifs à la morphologie des sols liée à la « présence prolongée d'eau d'origine naturelle et à la présence éventuelle de plantes hygrophiles. En l'absence de végétation hygrophile, la morphologie des sols suffit à définir une zone humide » (**décret n°2007-135 du 30 janvier 2007**).

Les milieux humides sont, à l'échelle d'un bassin versant, présents tant en altitude qu'en plaine. Ils peuvent se situer sur des versants, des zones de rupture de pentes, dans le fond des vallées, sur de vastes étendues à faible relief, en bordure de lac, d'estuaire et sur le littoral maritime. Les zones humides sont interdépendantes du fait de la circulation de l'eau. Toute intervention humaine, sur quelque niveau que ce soit, a un impact sur l'ensemble du système (**Ramsar, 2013**).

2. Convention de Ramsar sur les zones humides :

La convention sur les zones humides est un traité intergouvernemental qui a été adopté le 2 février 1971 dans la ville iranienne de Ramsar, sur les berges méridionales de la mer Caspienne. Il s'agit du premier traité intergouvernemental moderne, d'envergure mondiale, sur la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles (**Ramsar, 2013**).

La convention sur les zones humides sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources à l'échelle régionale, voire mondiale (**Ramsar, 2016**).

Depuis janvier 2016, 169 pays sont devenus Parties contractantes à la Convention et plus de 2220 zones humides, couvrant 214 millions d'hectares ont été inscrites sur la Liste des zones humides d'importance internationale.

Selon les termes de la convention de Ramsar, la sélection des zones humides à inclure dans cette liste devrait être basée sur leur importance écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique à l'échelle internationale (**Ramsar, 2016**).

3. Différents types des zones humides :

Selon le SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux), il existe 13 types de zones humides (**Tab.01**) regroupées en 3 catégories :

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

Tableau 01 : Les types des zones humides selon le SDAGE(U.I.C.N , 1997)

Nbr de type	Typologies SDAGE	Typologie SAGE (sous type)
Eaux marines		
1	Grands estuaires	<u>Herbier</u> Récif
2	Baies et estuaires moyens et plats	Vasière Prés-salé
3	Marais et lagunes côtiers	Arrière-dune Lagune
4	Marais saumâtres aménagés	Marais salant Bassin aquacole
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

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, cariçaie)
9	Petits plans d'eau et bordures de plans d'eau	Végétation submergée
10	Marais et lands humides de plaines et plateaux	Land humide
		Plainetourbeuse
11	Marais et lands humides de plaines et plateaux	Petit lac
		Mare
		Tourbière
		Pré-salé continental
12	Marais aménagés dans un but agricole	Rizière
		Prairie amendée
		Peupleraie
13	Zones humides artificielles	Réservoir-barrage
		Carrière en eau
		Lagunage

4. Valeurs des zones humides :

Les zones humides fournissent souvent des avantages économiques considérables, tels que l'alimentation en eau (quantité et qualité) ; les pêcheries (plus des deux tiers de la pêche mondiale dépend de zones humides en bon état) ; l'agriculture, grâce au renouvellement des nappes phréatiques et à la rétention des matières nutritives dans les plaines d'inondation; le bois d'œuvre et autres matériaux de construction; les ressources énergétiques telles que la tourbe et la litière ; la faune et la flore sauvages ; le transport; toute une gamme d'autres produits des zones humides, y compris les plantes médicinales (**Ramsar, 2016**).

Les zones humides, par leur beauté naturelle ainsi que par la diversité de la vie animale et végétale que l'on y trouve, sont des destinations touristiques idéales. Les sites les plus beaux sont protégés dans des parcs nationaux ou des biens du patrimoine mondial et peuvent générer un revenu considérable du tourisme et des utilisations pour les loisirs. Dans certains pays, ce revenu est un poste non négligeable de l'économie nationale (**Degroot, 2006 ; Mea, 2005**).

5. Les différentes fonctions des zones humides

Les zones humides peuvent servir aux loisirs (chasse, pêche, promenade, activité nautique), être le site d'activité agricoles spécialisées (vannerie, taillis à courte et très courte rotation, riziculture,) et enfin servir de support pédagogique (**Bidois, 1999**). Par ailleurs, les zones humides sont souvent qualifiées d'infrastructures naturelles, dans le sens où elles remplissent des fonctions économiques évidentes : production biologique, piscicole, et cynégétique. Ces dernières peuvent faire l'objet de production valorisable : le bois, les roseaux ou encore les écorces, ainsi que le sel. On peut aussi souligner l'activité liée au tourisme, grâce à la composante paysage (**Seyrig, 2007 ; Costanza et al 1997**).

Ont estimé la valeur totale des services fournis à l'échelle mondiale par les zones côtières et les écosystèmes de zones humides à USD 15,5 mille milliards par an, soit 46% de la valeur totale des services que fournirait l'ensemble des écosystèmes de la planète. Pour améliorer l'appréhension des diverses fonctions, tant par les scientifiques de différentes disciplines que par les nombreuses institutions impliquées dans la protection des zones humides, les différentes fonctions ont souvent été regroupées en plusieurs catégories :

5.1.Fonctions hydrologiques :

Contrôle des crues, recharge/décharge des nappes, dissipation des forces érosives...

5.2.Fonctions biogéochimiques :

Rétention des sédiments, rétention et élimination des nutriments et des contaminants, dynamique du carbone...

5.3.Fonctions d'habitat/régulation des chaînes trophiques/ressources :

Productivité primaire, poissons, faune sauvage, ressources agricoles...

Fonctions de récréation, d'éducation, culturelles...

Encore à l'heure actuelle, les zones humides nourrissent approximativement la moitié de la population mondiale grâce à la pêche et à la riziculture (**Bidois,1999**).

5.4.Fonctions biologiques :

Les zones humides constituent un fabuleux réservoir de biodiversité ou de diversité biologique, offrant aux espèces animales et végétales, les fonctions essentielles à la vie des organismes.

5.5.Fonctions climatiques :

Les zones humides participent à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température atmosphérique peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains et de la végétation qui caractérisent les zones humides, économiques et sociaux importants. ».

5.6.Fonctions écologiques :

Les zones humides sont des milieux qui accueillent une très grande diversité d'espèces animales et végétales ainsi qu'une grande diversité d'habitats. Les caractéristiques des habitats des milieux humides sont déterminées par l'hydrologie et l'hydrodynamique, la minéralité du substrat, la disponibilité en azote et en phosphore ainsi que l'usage de la végétation. Un grand nombre d'habitats de zones humides sont d'intérêt communautaire et constituent pour la faune des lieux de vie complets

ou partiels mais indispensables, comme la reproduction ou le repos lors des migrations (Fustec et Lefeuvre, 2000).

6. L'importance des zones humides :

Les zones humides, bien qu'occupant une petite partie de la surface terrestre, jouent un rôle vital en tant que systèmes essentiels, agissant comme les artères et les veines du paysage. Elles fournissent des services écologiques précieux, tels que la purification de l'eau, la protection côtière, et servent de habitat pour de nombreuses espèces .

De plus, elles stockent d'importantes quantités de carbone et sont cruciales pour l'agriculture et la pêche. Historiquement, les civilisations se sont développées en étroite relation avec les zones humides, les considérant comme des sources de vie abondantes et parfois même divines.(Chilasse et al, 2001)

7. Menaces des zones humides :

D'après Barbier et al, (1997) ,les zones humides sont des écosystèmes dynamiques en constante évolution, soumis à des changements naturels tels que la sédimentation, le comblement par des matières organiques, la subsidence, la sécheresse et l'élévation du niveau de la mer. Certaines zones humides sont destinées à évoluer et éventuellement à disparaître, tandis que de nouvelles se forment ailleurs. Cependant, les activités humaines, directes et indirectes, ont considérablement accéléré ce processus de changement. Malheureusement, le taux de disparition des zones humides dépasse largement celui de leur création. De plus, les zones humides sont souvent adjacentes ou superposées aux terres agricoles.

Les habitats des zones humides sont extrêmement fragiles et sensibles à la pollution de l'eau causée par les pratiques agricoles. L'équilibre biologique de ces zones est fortement influencé par la qualité et la quantité d'eau disponibles(Degroot, 2006)

Ainsi, l'utilisation d'engrais et le drainage des terres environnantes peuvent avoir des conséquences désastreuses sur la biodiversité des zones humides.

D'après Barbier et al, (1997) l'idée erronée selon laquelle les zones humides sont des espaces inutiles, souvent due à un manque de compréhension de leur importance en termes de services écologiques, a conduit à leur transformation au profit de l'agriculture intensive, de l'industrie ou de la construction résidentielle.

De plus, certaines zones humides disparaissent également en raison de la pollution, des déchets, de l'exploitation minière ou de l'extraction excessive des eaux souterraines.

8. Les zones humides dans le monde et en Algérie :

8.1. Les zones humides dans le Monde :

Les zones humides constituent les écosystèmes les plus riches et les plus diversifiés en espèces animales et végétales à l'échelle planétaire. Bien que les écosystèmes d'eau douce ne couvrent que 1% de la superficie terrestre, ils contiennent plus de 40 % d'espèces végétales et 12 % des espèces animales de la planète (**Chilasse et al., 2001 ;Zadri, 2009**).

Elles fournissent de précieux avantages sociaux, économiques et environnementaux à l'échelle mondiale. Parmi les fonctions importantes des zones humides, on peut citer le stockage de l'eau, la recharge des nappes souterraines, la protection contre les tempêtes, l'atténuation des crues, la stabilisation du littoral, la maîtrise de l'érosion et le captage du carbone, des matières nutritives, des sédiments et des polluants(**Ben Kaddour, 2010**).

Plusieurs auteurs insistent sur l'importance des fonctions des zones humides dans le développement durable dans de nombreuses régions. Ils définissent ce rôle comme la capacité des processus naturels à fournir des biens et des services afin de satisfaire les besoins de l'homme. Autrement dit, en plus de leur intérêt économique se résumant notamment dans les activités de chasse et de pêche, il y a cette importance scientifique, notamment les études touchant les différents phénomènes et interactions qui peuvent surgir entre les différents éléments constituant cet écosystème.(**Torres et al. 2017**)

Les zones humides pâtissent des activités humaines et comptent parmi les milieux et les paysages les plus menacés ; les principaux dangers qui pèsent sur elles sont l'urbanisation, la pollution par le versement des eaux usées et à un moindre degré le drainage amenant des charges plus ou moins importantes d'engrais, d'herbicides lorsque ceux-ci sont utilisés de manière intensive en agriculture (**Ben Kaddour, 2010**).

la répartition des zones humides à l'échelle mondiale est représentée dans la **Fig.01** ci-dessous :



Figure.01 : Carte de répartition des zones humides(Torres *et al.* 2017)

8.2.Les zones humides en Algérie :

Selon le **D.G.F(2004)**, l'Algérie est un pays riche en zones humides. Ces milieux :

- Qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle.
- Qui représentent des infrastructures naturelles où l'eau est le facteur déterminant
- Sont indispensables, voire vitales, en raison des services éco systémiques qu'elles procurent.

Réservoir d'eau douce dans un pays au climat sec et à la sécheresse récurrente et plus ou moins intense, les zones humides sont, en effet, d'un apport important en biens et services liés à la biodiversité, permettent de :

- Maîtriser les crues, rechargent les nappes souterraines et concourent à l'atténuation des effets du changement climatique. L'ensemble de zones humides classées couvre une superficie de 2,99 millions d'hectares. En outre, 10 autres sites sont en cours de classement, ce qui permettra d'atteindre une superficie de 3,5 millions d'hectares d'espaces classés.

L'Algérie dispose au total de 1451 zones humides dont 762 naturelles et 689 artificielles.(**Doudou 2016**). La répartition des zones humides à l'échelle national est représentée dans la (**Fig.02**) ci-dessous :

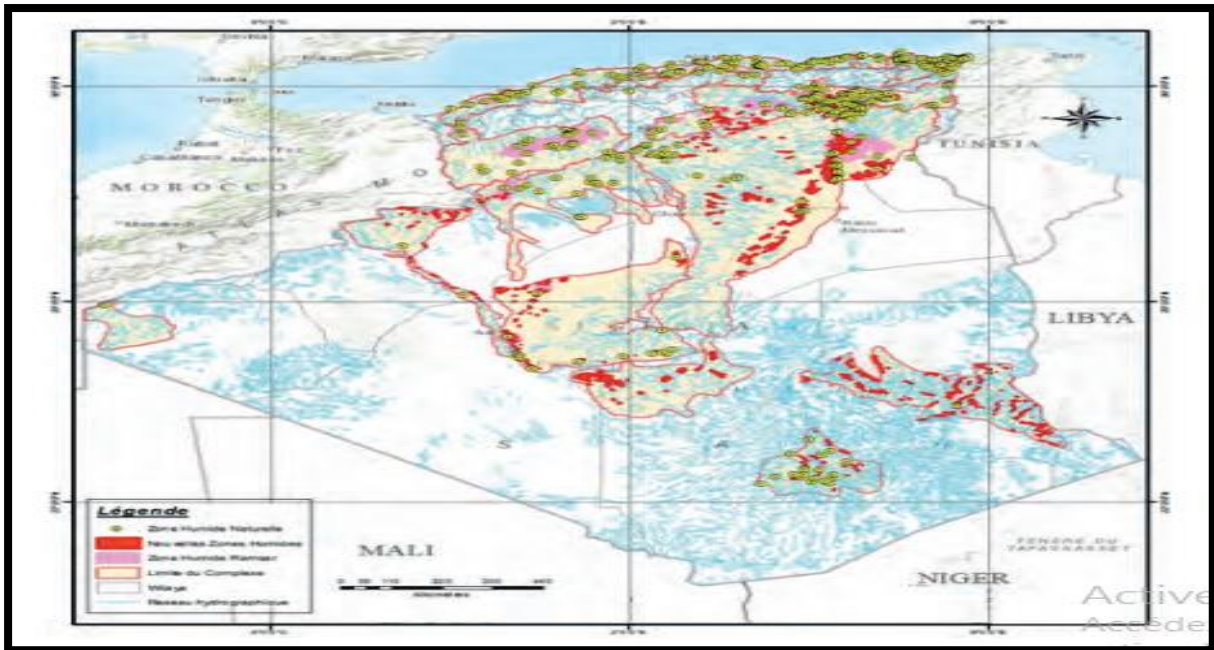


Figure 02 : Carte de répartition des zones humides classées site Ramsar Algérie

(D.G.F, 2017).

9. Utilisation des zones humides algériennes :

Selon **Ben Kaddour(2010)** les zones humides algériennes, offrent aux communautés locales de nombreuses ressources, elles fournissent gratuitement des biens pour les riverains, grâce à différentes activités qui y sont menées :

9.1. Agriculture et pâturage :

Les zones humides du Nord et des Hauts plateaux, sont le siège d'une agriculture. Elles assurent une ressource en eau (pour la consommation humaine, pour l'agriculture et les besoins industriels). Elles permettent aussi la production de végétaux (plancton, roseaux, bois) et d'animaux (poissons, coquillages, oiseaux), capitale pour le maintien de la pêche, la chasse ou l'élevage. Elles fournissent aussi des matériaux de construction du fourrage et du pâturage pour l'agriculture

9.2. Pêche :

Plusieurs zones humides algériennes connaissent des activités de pêche. C'est le cas notamment des zones de la région d'El-Kala. Citons le cas du lac Tonga, où l'on pêche principalement l'anguille. La lagune du lac Mellah et le lac Ouberia, sont également des lieux de pêche importants sur le plan économique, en raison de leur productivité primaire élevée.

9.3. Extraction de sel :

On utilise ces catégories des zones humides (les Chotts et les Sebkhass), principalement pour l'extraction du sel, notamment ; comme chott Merouane occupe une zone d'exploitation de sel sur superficie de 70 ha avec une production annuelle de 100.000 tonnes, destiné à la consommation locale et à l'exportation.

10.Stratégie Nationale de préservation des zones humides :

Selon **D.G.F (2010)**, dans le cadre de sa stratégie nationale, la direction générale des forêts vise la concrétisation de ces objectifs importants :

- L'élaboration, dans le cadre de la coopération avec des bilans des recensements hivernaux internationaux des oiseaux d'eau.

Ces bilans ont permis le recensement en moyenne près de 200 000 sujets d'oiseaux d'eau migrateurs qui transitent par l'Algérie.

- Formation des gestionnaires des zones humides en direction des cadres exerçant dans les structures déconcentrées de l'administration des forêts.

- Reconnaissance et classement international des zones humides répondant aux critères de la liste Ramsar.

- Projet de classement au niveau national des zones humides en réserves naturelles et établissement des plans d'action au niveau national.

Dans le cadre de la gestion rationnelle des zones humides et leur utilisation durable, l'administration des forêts d'Algérie envisage d'initier un programme d'action sur 5 ans pour les sites classés sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale.

Ce programme d'action présenté sous forme de projet de développement, se fera sur financement propre. Les principales actions prévues dans le cadre de ce programme sont :

- La fixation des dunes pour fixer le sable et atténuer l'atterrissement des lacs.
- Le reboisement des rives de certaines zones humides.
- La correction torrentielle pour la régulation des écoulements des eaux et la lutte contre l'érosion.

- La construction de points d'eaux et forages au profit des populations pour soulager les zones humides des pompages excessifs.
- L'ouverture et aménagement de pistes pour le désenclavement des populations.
- La construction de postes d'observations pour la surveillance et le suivi scientifique.
- La création de centres d'accueil et d'information du grand public. Aussi, afin de parachever le processus de préservation de ces espaces fragiles, il est prévu le classement en réserve naturelle et réserve de la faune sauvage, au niveau national, de l'ensemble des zones humides classées sur la liste Ramsar.
- Programmes d'éducation, d'information et de sensibilisation du grand public et particulièrement des enfants sur les valeurs et fonctions des zones humides et la nécessité de les protéger durablement (D.G.F, 2010)

11. Les zones humides d'Oued Souf :

Elle s'étend sur une superficie de 3,000Km², la population est évaluée à 380.000 habitants. Oued Souf souffre actuellement des conséquences négatives de la remontée des eaux de la nappe phréatique. Qui a engendré l'inondation de plusieurs Ghouts ainsi que des zones basses de la ville et de sa périphérie. Le Ghout est un critère abritant des palmeraies et qui représente un modèle original de palmeraies dans l'ensemble du Sahara.

La vallée de Souf se distingue par la présence de plusieurs lacs, dont :

11.1. Lac Taleb Al-Arbi :

Ce lac est situé à 72km au nord-est de la capitale de la wilaya d'EL Oued, près de la ville de El-Taleb El-Arbi (7°30'33'E, 7°90'41'E, 33°44'38'N à 33°44'32 'N) (**photo.1**). Ce lac est un biotope dépressionnaire sec et salé qui est alimenté par les eaux usées non traitées de la commune d'ElTaleb El-Arbi. Le lac s'étend dans une direction Est-ouest, mesure 0,71 kilomètres de long, varie en largeur de 0,23 à 0.48 kilomètre et couvre une superficie d'environ 12 hectares. L'altitude du chott est comprise entre 36m et 39m. Les espèces végétales les plus répondues sont : *Zannichelliapalustris*, *Aeluropuslittoralis* et *Scirpus*.



Photo 01 : Lac Taleb Al-Arbi dans la région d'El Oued (C.F.2023)

11.2. Chott El-Dhiba :

Chott Edhiba est situé à 47 km au nord-est de la capitale provinciale d'EL Oued, près de la ville de Magrane ($5^{\circ}22'42''E$, $5^{\circ}21'52''E$, $31^{\circ}57'30''N$ à $31^{\circ}59'02''N$) (**photo.2**). Il est situé à l'est de la route nationale de Biskra 48° El oued (19 km sur la droite). La route municipale 49 coupe le sentier d'ouest en est. Le site est situé près de la ville de Daïra de Magren, à 40 kilomètres à l'ouest du département d'El Oued (Souf).

Selon **Khechekhouch et al., (2020)**, Chott Edhiba est un lac salé naturel alimenté par les eaux usées traitées d'une station d'épuration à travers le système lagunaire de Kouinine (Wilaya d'El Oued). Le chott s'étend dans une direction nord-sud, mesure 9,73 kilomètres de long, varie en largeur de 0,8 à 1,52 kilomètre et couvre une superficie d'environ 600 hectares. L'altitude du chott est comprise entre 6m et 22m. La texture du sol est sable, n ,use, riche en calcaire, plus ou moins salin, mais pauvre en matière organique (**Khadraoui, 2005**).



Photo 02 : Chott El-Dhiba dans la région d'El Oued (C.F.2023)

11.3. Chott Hallofa:

Sur 47 km, au nord de la ville d'El Oued, s'étend le canal Sud-Nord à double compartiments, constituant le moyen de transfert gravitaire (**photo 03**), des eaux usées épurées par les stations de lagunage aéré et les eaux de drainage. Ce point de rejet est localisé non loin du chott Mérouane et à proximité du grand chott Melghir, il y a lieu de noter que ce dernier site est classé zone humide d'importance internationale (**O.N.A,2012**).



Photo03: Chott Hallofa dans la région d'El Oued (C.F.2023)

11.4. Lac Sif El Menadi :

Le lac Sif EL menadi se trouve à 100 km au Nord-ouest du Chef-lieu de la région d'EL Oued et à proximité la commune Hamraïa. Cette zone humide se localise à gauche de la route nationale N48 et elle se trouve à une altitude égale à -23m au niveau de la mer (longitude'' '57°33 Nord et 6°22'3,92'' de longitude Est) Elle fait partie de la commune de Reguiba qui située au Nord–Ouest de la région d'EL Oued.

Ce lac (**Photo.4**) est alimenté par le surplus des forages éruptif et des eaux de drainage eau saumâtre. La salinité est due à la lessive du sol et non pas des eaux des forages. La superficie approximative du Sif El menadi est environ 30 ha (**Laiz et Menacer, 2020**).



Photo04 : Lac Sif El-Menadi (Mokdadi et Mesai ; 2015)

11.5. La station d'épuration de Kouinine (STEP1) :

Cette station occupe une superficie de l'ordre de 100 hectares (**Photo 5**), permet de répondre aux besoins fonciers. La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle, orienté sud – nord, dont les dimensions sont : **-largeur : 500 à 800 m.**

- longueur : 500 à 1400 m.



Photo05 :Station d'épuration des eaux usées de Kouinine (C.F. 2022)

11.6. La station d'épuration de Hassani Abd El Kerim (STEP 2) :

La station d'épuration des eaux usées N°2 (STEP2) (**Photo6**) est celle de type lagunage aérée à Hassani Abd El Kerim, elle a commencé à travailler en 2011, La station sert à collectée les eaux usées des communes de Débilla, Guemmar, Taghzout, Hassani Abdel Karim, qui a été

choisie pour réaliser ce projet en raison qu'elle appartient au groupe de la vallée et ne nécessite pas d'accès d'énergie pour l'arrivée d'eau.

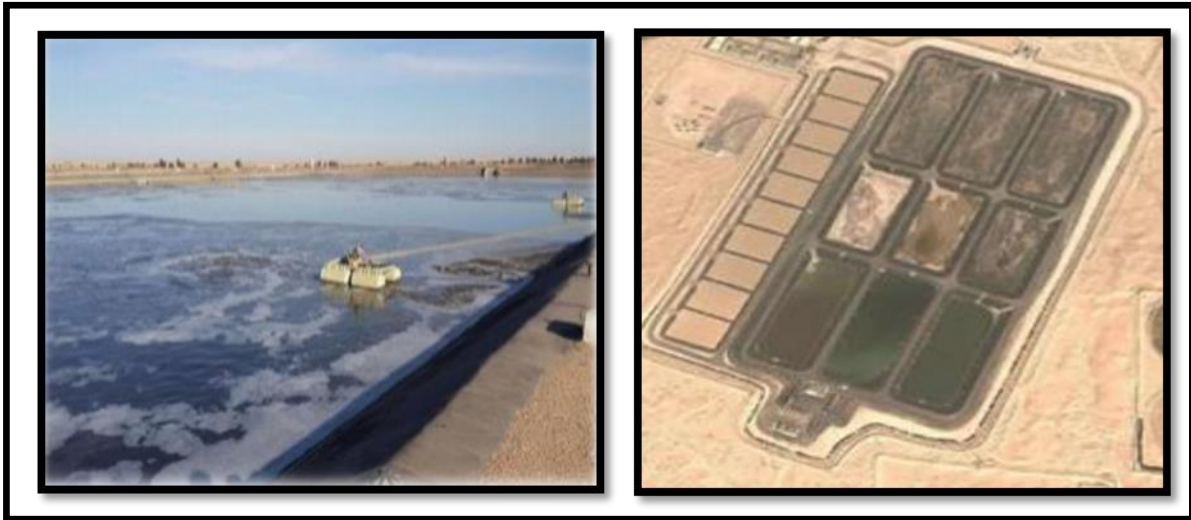


Photo 06 : Station d'épuration des eaux usées de Hassani Abdel Karim

(Sahraoui et Daga ;2021)

11.7. La station d'épuration de Sidi Aoun (STEP 3) :

La station d'épuration des eaux usées dans la commune de Sidi Aoun(**Photo.7**), est une installation importante visant à traiter les eaux usées utilisées dans la région. Cette station fait partie de l'infrastructure d'assainissement et joue un rôle essentiel dans la protection de l'environnement et la fourniture de ressources en eau propres.



Photo07 : Station d'épuration des eaux usées de Sidi Aoun (STEP 3) (C.F.2023)

12. Distribution du nombre de zones humides à l'échelle nationale :

Les résultats sont présentés par wilaya et par région écologique (**Tab.02**)

12.1. La région Nord :

La distribution des sites humides à l'intérieur de chacune des trois régions écologiques du Nord se présente comme suit :

➤ La région écologique du Nord-Est: avec 1585 sites humides, occupe la première position. Dans cette région, le plus grand nombre de sites humides est localisé dans les Wilaya de Skikda (342 sites), Jijel (266 sites), Annaba (249 sites) et Mila (246 sites).

➤ La région écologique du Nord-Centre:avec 1479 sites humides, occupe la seconde position. Les zones humides sont concentrées essentiellement dans 04 Wilayas:Béjaia (257 sites), Alger (225 sites), Tipaza (181 sites) et Boumerdès (165 sites)(**Saifouni et Bellatreche, 2020**)

➤ La région Nord-Ouest: c'est la région qui offre le moins de zones humides (585 sites). Le plus grand nombre de zones humides de cette région est enregistré dans les wilayas d'Oran (144 sites), Tlemcen (112 sites) et d'Ain-Temouchent (111 sites).(Saifouni et Bellatreche, 2020)

12.2. La région des Hauts-Plateaux :

La région des Hauts-Plateaux totalise 1095 zones humides (20,26%). Dans cette région, le plus grand nombre de sites humides est concentré dans 03 Wilayas: Batna (147 sites), Djelfa (132 sites), Laghouat (96 sites) et Sétif (95 sites).(Saifouni et Bellatreche, 2020)

12.3. La région du Sud :

La région du Sud totalise 660 zones humides, soit 12,21% du total national. La majorité des sites humides de cette région sont localisés dans la Wilaya d'Adrar (314 sites) (**Saifouni et Bellatreche, 2020**).

Le **Tab.02**est présentée les 05 régions écologiques avec indication des Wilayas correspondantes.

Sur le plan biogéographique, les 05 régions écologiques sont situées à l'intérieur de 03 domaines biogéographiques : domaine Maghrébin Méditerranéen, domaine Maghrébin Steppique et domaine Saharien (**Quezel et Santa ,1962 ;Barry et al, 1974**).

Tableau02 : Situation des 05 principales régions écologiques de l'Algérie (Saifouni et Bellatreche, 2020)

Régions biogéographiques	Domaines	Régions écologiques	Wilayas
Région Méditerranéenne (39 Wilayas)	Domaine Magrébin Méditerranéen (25 W)	NordEst (08 W)	Jijel, Skikda, Annaba, El-Tarf, Mila, Constantine, Souk-Ahras et Guelma.
		NordCentre (10 W)	Chlef, Aïn Defla, Blida, Tipaza, Boumerdes, Tizi Ouzou, Bejaia, Bouira, Médéa et Alger.
		Nord Ouest (07 W)	Oran, Mostaganem, Aïn Témouchent, Mascara, Sidi Bel-Abbes, Tlemcen et Relizane.
	Domaine Magrébin Steppique (14 W)	Hauts-plateau (14 W)	Sétif, Bordj, Bou Arreridj, Batna, Oum El-Bouaghi, Tébessa, Khenchela, M'Sila, Djelfa, Laghouat, Saïda, Tiaret, Tissemsilt, Nâama et El-Bayadh.
Région Saharienne (09 Wilayas)	Domaine Saharien (09 W)	Sud (09 W)	Biskra, Ghardaïa, Ouargla, El-Oued, Bechar, Adrar, Tindouf, Tamnassert et Illizi.
02 Régions biogéographiques	03 Domaines	05 Régions écologiques	48 wilayas

13. Conservation :

Les acteurs engagés dans la préservation des zones humides sont confrontés à des défis méthodologiques cruciaux pour élaborer des stratégies de gestion durable de ces espaces. Ces défis incluent la prise en compte de la diversité des milieux naturels et l'intégration des acteurs et des politiques pour développer des approches innovantes et viables. Bien que la participation des communautés à la gestion des zones humides soit reconnue comme essentielle dans l'histoire de la Convention de Ramsar, les orientations à ce sujet étaient limitées pour les Parties contractantes.

La décision de protéger les zones humides et d'allouer des budgets pour leur conservation relève de décisions politiques, influencées en partie par la valeur que la société accorde à ces milieux.

Aujourd'hui, il est largement reconnu que la préservation et l'utilisation durable des zones humides nécessitent l'engagement et la participation active des populations locales dans la gestion intégrée, nécessitant une meilleure compréhension des aspects sociaux et économiques liés à l'utilisation des ressources.

L'émergence de la protection de la nature, marquée par la création des premières aires protégées comme le parc national de Yellowstone en 1872 (Benessaiah, 1998 ; Fustec et Lefevre, 2000 ; Ramsar, 2000 ; Bonnet et al, 2005)

Pour conserver la biodiversité et les écosystèmes, l'Algérie a signé et ratifié plusieurs conventions à l'échelle régionale et internationale (Tab 03), parmi les plus importantes à titre d'exemple :

Tableau 03: Quelques conventions et protocoles signés par l'Algérie (Ramsar, 2006)

Conventions	Date et lieux de signature et ratification
La convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles;	Signée à Alger en 1968 et ratifiée en 1982
La convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats de la sauvagine;	Signée à Ramsar (Iran) en 1971 et ratifiée en 1982 ;
la convention sur la diversité biologique;	Signée à Rio de Janeiro en 1992 et ratifiée en 1995
la convention internationale pour la	Ratifiée en 2002
La convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage;	Faite à Bonn en 1979 et ratifiée par l'Algérie en 2005



le protocole relatif aux aires spécialement protégées et la diversité biologique en Méditerranée.	Signé à Barcelone en 1995 et ratifié en 2006.
L'Accord sur la convention des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie (AEWA)	Fait à La Haye en 1996 et ratifié en 2006

CHAPITRE 2.

Recueilles bibliographiques sur les notions utilisées

Chapitre 2 : Recueilles bibliographique sur les notions utilisées

1. Généralités sur l'eau

1.1. Définition de l'eau :

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, la molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H₂O. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à 0 C°, il peut devenir vapeur à 100C° (**Hamed et al.,2012**).

1.2. Source de l'eau :

Selon le mode de gisement, deux sources principales d'eau :

1.2.1. Eaux souterraines :

Les eaux souterraines résultent de l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se ruissellent vers les nappes. Il existe plusieurs types. La nappe libre est directement alimentée par les eaux de ruissellement. Elle est très sensible à la pollution (**Cardot, 2002**) in (**Ben abdarrezzak, 2010**). Les eaux souterraines alimentent un grand nombre de petites municipalités. Elles ont des caractères très diversifiés. Elles sont généralement limpides, incolores, peu minéralisées et ne contiennent pas de microorganismes dangereux. Elles sont potables variable, selon la nature du sous-sol, et la profondeur du puits (**Degremont, 1997 in Ben abdarrezzak, 2010**).

1.2.2. Eaux de la surface :

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs (**Lahouel, 2010**).

2. Les analyses de l'eau :

2.1. Paramètre physique-chimique :

2.1.1. Température de l'eau :

La température elle est un facteur important dans la réparation de la vie végétale dans les eaux courantes. Ses variations ont une grande influence sur la vie aquatique, en particulier sur les phénomènes respiratoires (les eaux froides étant plus riches en oxygène que les eaux chaudes). Ses variations peuvent tuer certaines espèces, mais également, elles en favorisent le développement d'autres (**Arrigon , 1991**).

Une élévation de température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique).

Elle peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique, qui peut être mis en valeur par l'aquaculture (**Gaujous, 1995**).

2.1.2. Conductivité électrique :

Conductivité électrique La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (**Rodier, 1984**). D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible, en particulier dans les zones à substrat acide ou à sous-sol siliceux. Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, qu'elle soit naturelle ou due à des rejets salins (**Mehennaoui, 1998**).

On peut admettre que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une conductivité de l'eau supérieure à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fait considérer une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. Pour les usages industriels, l'interprétation des résultats doit se faire en fonction d'une analyse complète de l'eau. Il faut retenir, pour le contrôle des rejets industriels, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et ne permet pas d'identifier les éléments chimiques en cause (**Rodier et al.1996**). Il existe une relation non linéaire entre la mesure de la conductivité électrique et le taux de minéralisation(**Tab.04**).

Tableau 04 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Rodier et al.1996)

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
$CE < 100 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
$100 < C.E < 200 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
$200 < C.E < 333 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation Moyenne
$333 < C.E < 666 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < C.E < 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
$C.E > 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

2.1.3. Potentiel hydrogène (pH) :

Le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivants que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (**Hamed et al., 2012**). Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (**Ezzaouaq, 1991 ; Himmi et al., 2003**).

2.1.4. Matières en suspension :

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (**Rodier, 1984**).

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de

l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (**Hébert et Légre, 2000**).

2.1.5. Salinité :

Elle est définie comme la somme des matières solides en solution contenues dans une eau, après conversion des carbonates en oxyde, après oxydation de toutes les matières organiques et après remplacement des iodures et bromures par une quantité équivalente de chlorure (**Bentekhici et Zebbar, 2008**).

2.1.6. L'oxygène dissous (OD) :

C'est un constituant vital de tous les tissus vivants, végétaux et animaux. Ils ont besoin, pour vivre de dioxygène à l'état libre ou combiné. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique.

C'est l'un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau (**Bontoux, 1983**).

Le dosage de l'oxygène dissous est d'une importance capitale dans les études portant sur la qualité des eaux, et ce, parce qu'il régit les réactions d'oxydoréduction (**Belhadj, 2006**). La concentration en oxygène est directement influencée par la température et la salinité : une eau moins salée est plus froide dissout relativement plus d'oxygène (**Sacchi et Testard, 1971**).

2.1.7. Turbidité (Transparence) :

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, microorganismes,) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur. En France on mesure la turbidité par la méthode normalisée NTU (Nephelometric Turbidity Unit) par spectrométrie.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse). La turbidité de l'eau peut aussi être mesurée en cm par une autre méthode beaucoup

plus simple avec un disque de Secchi. (Prononcezséki) C'est un disque de 20cm de diamètres lestés qui est descendu horizontalement au bout d'une cordelette (qui peut être graduée en cm) dans l'eau d'un lac, d'une rivière, d'un bassin de station d'épuration.

2.1.8. Demande biochimique en oxygène (DBO)₅ :

La demande biochimique en oxygène (DBO)₅ constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la dégradation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Le rejet des matières organiques fermentescibles par un émissaire d'égout, par exemple, provoque immédiatement une déplétion de la teneur en oxygène dissous par dégradation sous l'action des bactéries aérobies, qui va s'atténuer dans le sens du courant (**Ramade, 2003**). L'indicateur utilisé est généralement la DBO₅ qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) (**Tab.05**) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. L'analyse de la DBO₅ est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes (**Bremond et Vuichard, 1973**).

Tableau 05 : Classe les eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO₅(Bremond et Vuichard, 1973)

DBO ₅	Qualification de l'eau
DBO ₅ < 1 mg/l d'O ₂	Excellente qualité
DBO ₅ = 2 mg/l d'O ₂	Bonne qualité
DBO ₅ = 3 mg/l d'O ₂	Qualité Moyenne
DBO ₅ = 5 mg/l	Eaumoyennement polluée
DBO ₅ > 10 mg/l	Eaupolluée

2.2. Paramètres microbiologiques :

On trouve naturellement dans les eaux de surface une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la

matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastro-entérites et des infections cutanées (**Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2013**).

2.3. Paramètre organoleptique :

Les propriétés organoleptiques sont toutes ces descriptions des caractéristiques physiques de l'eau en général, telles qu'elles sont perçues par les sens, telles que son goût, son odeur, sa couleur (**Fall ,2007**).

2.3.1. L'Odeur :

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde (**Ladjel, 2006**).

2.3.2. Le gout :

Ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune qui est perçu lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (**Rejesk, 2002 ; Rodier, 2005**).

2.3.3. La coloration :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand la substance en suspension y ajoute leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et des eaux de faible turbidité. La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle (éléments métalliques, matières humiques, microorganismes liés à un épisode d'eutrophisation etc), soit associée à la pollution (composés organiques colorés). Elle est donc très souvent synonyme de la présence des composés dissous (**Thomas, 1995**).

3. Pollution des milieux aquatiques :

3.1. Définition de la pollution :

C'est une modification défavorable d'un milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme le sous-produit d'une activité humaine. Une pollution résulte de l'introduction dans un milieu d'éléments plus ou moins nuisibles. Cette pollution se caractérise par un déséquilibre à plus ou moins long terme du milieu. Il existe différentes formes de pollutions : chimiques (produits toxiques, pesticides), organiques (déjections, micro-organismes), thermiques (eau chaude) ; radioactives.... Au-delà d'un certain seuil, la pollution devient nocive pour l'homme (**Elisabeth, 2014**).

3.2. Pollution de l'eau :

La pollution de l'eau est décrite généralement par l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (**Nsikak, 2008**). La pollution de l'eau douce (par exemple par le biais de l'eutrophisation, l'acidification, et la pollution des eaux souterraines) est celle qui diminue sa pureté (**Park, 2007**). En revanche, la pollution des eaux est l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du patrimoine naturel. Des dommages causés à ce milieu récepteur pourraient à long terme constituer un réel danger à l'humanité et mettre en péril la vie de la flore et de la faune aquatique. Selon la définition donnée par GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) dans le cas particulier de l'environnement marin, le terme de pollution désigne l'introduction direct ou indirect par l'homme de substance ou d'énergie dans le milieu marin lorsqu'elle a, ou a eu, des effets nuisibles (**Bentata, 2015;Belhafiane, 2016**). Le terme de pollution désigne donc l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physico-chimiques et/ou biologique et bactériologique de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux (**Chenaifia, 2012 ; Bentata, 2015**).

3.3. Source de pollution de l'eau :

3.3.1. Pollution d'origine domestique :

Elle provient des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement Jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux
- De fortes teneurs en matières organiques
- Des sels minéraux (azote, phosphore)
- Des détergents

En sortie de station d'épuration, on retrouve les mêmes éléments en quantités moindres (50 à 90% extraits) mais concentrés en un point de rejets (**Gaujous, 1995**).

3.3.2. Pollution d'origine atmosphérique :

D'origine rejets naturelle ou anthropique, les substances émises peuvent être de nature physique (radioactivité, énergie. . .), chimiques (gaz, particules, aérosols. . .) ou biologiques (pollens, acariens, moisissures. . .). Cette première partie présente succinctement les sources de la pollution atmo-sphérique ayant directement ou indirectement un impact sur la santé et en se limitant aux chimiques d'origine anthropique (hors gaz à effet de serre et hors semi-volatils comme les pesticides). Ces pollutions sont dites primaires lorsqu'elles s'échappent directement des pots d'échappements, des cheminées ou des surfaces agricoles, etc. Elles vont ensuite se disperser, se diluer, se transporter voire se transformer en d'autres composés dits « secondaires » comme l'ozone ou le nitrate d'ammonium (**Charpin et al., 2016**).

3.3.3. Pollution d'origine industrielle :

Les industries, en particulier chimiques, métallurgiques et même électroniques, constituent une cause essentielle de la pollution des eaux. Celle-ci prend place non seulement au niveau des usines mais aussi au niveau de l'utilisation des substances produites et au niveau des objets manufacturés, en fin de cycle du produit, avec les déchets (**Ramade, 1984**).

Elle est caractérisée par une très grande diversité, selon l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution...etc.). Nous pouvons donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine : Des matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissage), Hydrocarbures (raffineries), acides, bases et produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques) (**Gaujous, 1995**).

3.3.4. Pollution d'origine agricole :

Elle dépend de plusieurs types d'activités : agricoles, d'élevages et liée à l'habitat.

L'agriculture est devenue une cause importante de pollution des sols et des eaux par suite de l'usage systématique des engrais chimiques et des pesticides. L'élevage traditionnel abouti au fumier qui constitue des litières souillées de déjections animales (fertilisant naturel). Il présente de fortes charges organiques.

Aux activités précédemment décrites s'ajoutent une pollution de type domestique liée à l'habitat du monde rural (**Viala et Botta, 2005**). Certaines de ces pollutions ont un effet cumulatif et retardé (cas des nitrates dans les nappes phréatiques). Ce qui ne facilite pas l'étude de ces phénomènes et la lutte contre leurs effets (**Afnor, 1992**).

4. Généralités sur les macro-invertébrés aquatiques :

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu (**Moisan, 2010**). D'après la définition de **Cummins (1975)**, Les macroinvertébrés sont représentés par des organismes dont la taille (en fin de développement larvaire ou au stade imaginal) est souvent supérieure à un millimètre. La plupart des espèces ont un cycle de vie complexe d'environ un an, allant jusqu'à quelques années (**Moisan, 2010**).

Les macroinvertébrés aquatiques englobent des milliers d'espèces avec des stratégies de cycle de vie variées, mais la plupart comprennent trois stades morphologiques distincts : le stade larvaire, le stade nymphal et le stade adulte, Le moment, la durée et le développement de ces stades varient d'une espèce à l'autre (**Fig.03**) (**Tachet, 2000**).

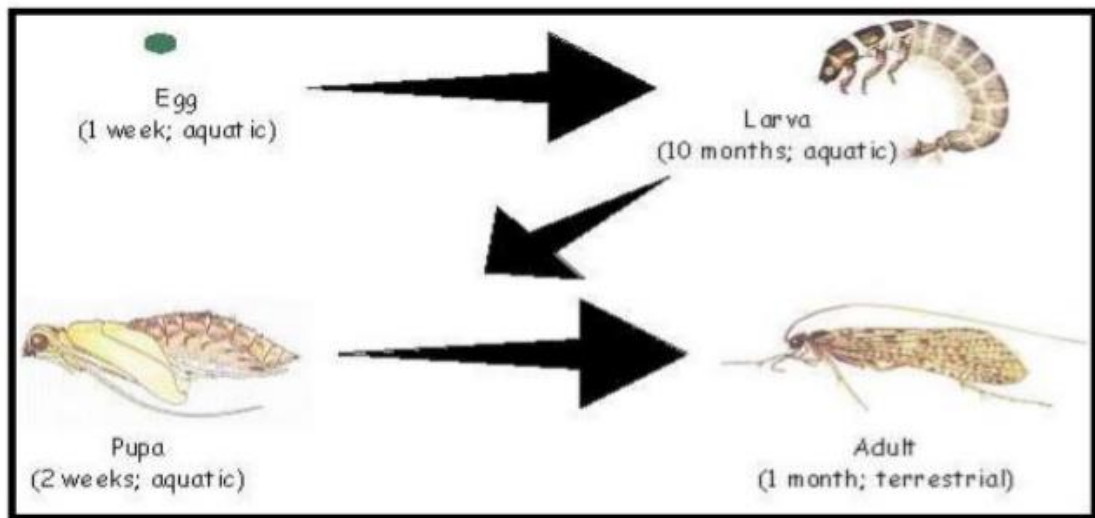


Figure 3 : Cycle de vie d'un Trichoptère (Ben slima et Ben nouar,2020)

4.1. Caractéristiques générales des principaux groupes des macro-invertébrés aquatiques :

La répartition biogéographique des espèces aquatiques est liée en grande partie aux exigences de chaque espèce en termes de température et d'oxygène. En réponse aux variations naturelles ou anthropiques de la température, ils initient une réponse adaptative au stress thermique qui inclus un grand nombre de modifications biochimiques, physiologiques et comportemental.

La température de l'eau influence de façon importante de nombreux processus biochimique, métaboliques et physiologiques, faisant de la température le facteur abiotique maitre, influençant la croissance, la reproduction et le comportement (Boissonaut.2006).

4.1.1. Embranchement des Spongiaires, Cnidaires et Bryozoaires:

Nous considérons ces trois embranchements ensemble, car, ils présentent biologiquement de nombreux points de convergences. Leurs représentants sont peu nombreux dans les eaux douces, macroscopiquement leur forme évoque beaucoup plus un végétal qu'un animal ce qui explique qu'ils passent souvent inaperçus. (Haouchine, 2011). Les éponges d'eau douce ont longtemps été considérées comme des végétaux, mais ce sont (Comme toutes les éponges) des animaux pluricellulaires primitifs d'organisation très simple (Métazoaires). Dans le monde, il existe plus de 10 000

espèces d'éponges regroupées dans les Spongiaires (en 3 classes et nombreuses familles), seules quelques espèces vivent dans l'eau douce ces dernières appartiennent toutes à une seule et même sous-famille (les Spongillinae). (Tachet et al., 1980). Les Cnidaires sont représentés essentiellement par trois Hydrozoaires (Hydridae, Clavidae et Olindiidae). Ces derniers se caractérisent par une taille qui ne dépassant pas quelques millimètres, à Corps formé d'un tube creux couronné de tentacules, la plupart de ces animaux sont coloniaux. (Focellini et al., 2011). Les Bryozoaires, sont des animaux fixés assez « discrets ». De taille assez modeste (quelques centimètres en moyenne), ces animaux ne sont pas vus rapidement par les plongeurs. Ce sont des êtres vivants en colonies, l'ensemble étant rigide ou mou, mais toujours très fragile (Haouchine, 2011).

4.1.2. Embranchement des Mollusques :

Comprend 100.000 espèces vivantes dont 99% appartiennent aux bivalves et aux gastéropodes. Malgré leur immense diversité, les différents groupes de mollusques présentent des homologies anatomiques qui proviennent d'un seul et même ancêtre. Les mollusques sont des invertébrés à corps mou dont la plupart possèdent une enveloppe externe dure, la coquille. (Tachet et al., 1980) . Ils renferment deux classes vivant dans les eaux douces les Gastéropodes et les Bivalves (Grassé et al., 1970)

4.1.3. Embranchement des Annélides :

Les annélides ou vers polymères ont un corps à symétrie bilatérale, divisé en segments successif (métamères) ayant sensiblement les mêmes constituants. (Grassé et Doumenc, 1998) Ils vivent dans la mer, les eaux saumâtres, en eau douce et sur la terre bien qu'ils soient confinés a des microhabitats humides (Jurd et Richard, 2000) . Cet embranchement compte près de 15 000 espèces, dont la taille varie entre moins de 1 mm et 3 mm, ils renferment deux classes les Oligochètes et les Achètes par exemple (Tachet et al, 1980)

4.1.4. Embranchement des Plathelminthes :

Sont des animaux Métazoaires triploblastiques ; Ce sont des animaux vermiformes aplatis dorso ventralement, (vers plats). L'embranchement comporte

plusieurs classes, dont les trois classes les plus connues : Classe des Turbellariés, Classe des Trématodes et Classe des Cestodes (**Lounaci, 2005**).

4.1.5. Embranchement des Nématelminthes :

Les nématodes (**Fig16**) sont généralement des vers long, cylindrique aux extrémités effilées arrondies bien que quelques formes parasites aient une forme qui ressemble à un sac (**Jurd et Richard, 2000**)

4.1.6. Embranchement des Arthropodes :

Occupe une place considérable dans le monde animal tant par sa diversité morphologique par la multiplicité des biotopes qu'il occupe dont les 9/10 sont des insectes. Les insectes sont les Invertébrés les plus hautement organisés. Il existe actuellement 1 million d'espèces recensées d'arthropodes qui se répartissent en trois sous-embranchements : les **Trilobitomorphes**, les **Chélicérates**, les **Antennates** (ou **Mandibulates**) et en 5 classes :

Les insectes, les myriapodes, les crustacés, les arachnides (araignées, scorpions) et les mérostomes (limules). Il faut ajouter une classe uniquement fossile : les trilobites qui ont vécu durant toute la durée de l'ère primaire. 400 espèces ont été recensées (**Haouchine, 2011**).

✚ Classe des Crustacés :

Les *crustacés* sont les seuls Arthropodes à posséder deux paires d'antennes, trois paires d'appendices ou plus forment des pièces buccales, notamment des mandibules rigides, leurs émergent du thorax, et contrairement aux insectes, ils possèdent des appendices sur l'abdomen. Les Crustacés peuvent régénérer un appendice perdu. (**Tachet et al, 1980**).

Ce sont tous des animaux au genre de vie extrêmement variable, organisés pour vivre dans l'eau, et l'immense majorité de ces êtres habitent la mer, un très petit nombre de formes seulement se sont adaptées à la vie terrestre. La plupart des Crustacés sont libres pendant toute leur existence, mais on observe aussi, parmi eux, des exemples de parasitisme.

Ces organismes vivant en eau douce possèdent un minimum de cinq paires de pattes articulées (exception faite des ostracodes) (**Moisan, 2010**).

Acôté des micro crustacés (Cladocères, Copépodes...), les eaux douces hébergent également les macros crustacées. Ces animaux contiennent deux sous-classes (les *Branchioures* et les *Branchiopodes*) (Tachet *et al.*, 1980).

✚ Classe des Arachnides :

Les Arachnides d'eau douce sont représentés par un seul ordre des Trombi de formes (*Hydracariens*) qui se caractérisent par une tête et corps fusionnés, avec 4 paires de pattes chez les adultes (Moisan, 2010).

✚ Classe des Insectes :

Les Insectes, et plus particulièrement leurs larves, constituent l'essentiel des macro invertébrés aquatiques ils sont représentés par une douzaine d'ordres soient les **Éphéméroptères**, les **Coléoptères**, les **Diptères**, les **Mégaloptères**, les **Odonates**, les **Hétéroptères**, les **Trichoptères** et les **Plécoptères**, renfermant chacun de nombreuses familles (Tachet *et al.*, 1980).

✚ Classe des Myriapodes :

Les myriapodes, communément appelés « mille-pattes », sont des animaux au corps allongé et segmenté, pourvus de nombreuses pattes, formant un sous-embanchement des arthropodes.

Il existe actuellement quatre classes de myriapodes, dont les plus connus sont les **chilopodes** et les **diplopedes**. On attendance aux retrouvés dans les mêmes niches écologiques. Ils sont tous fortement dépendants d'un taux d'humidité important et vont préférer les habitats humides comme la litière, le sol, sous les troncs ou sous les rochers (Tachet *et al.*, 1980).

✚ Classe des mérostomes :

Classe aquatique, presque tous fossiles. Genres actuels (ex. *Limule*, *Euryptérides*) Marins dont le corps est en forme de bouclier suivi d'un telson en forme d'aiguillon caudal mobile.

- Respiration branchiale.
- Protégés par une épaisse carapace articulée.
- Pédipalpes identiques aux pattes.
- Se nourrit surtout de mollusques et de vers marins (Grassé *et al.*, 1970).

4.2. Importance des macro invertébrés :

Dans l'écosystème aquatique, les macros invertébrés sont des « consommateurs », comme les poissons. Ils se nourrissent de la végétation aquatique, et participent activement à la destruction des feuilles et du bois qui tombent dans l'eau.

A l'autre bout de la chaîne, ils servent eux-mêmes de nourriture pour les poissons. Les macros invertébrés sont de bons bioindicateurs, et reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau.

Les espèces à niche écologique étroite réagissent très vite aux changements survenant dans leur environnement. Leur présence, ou au contraire leur disparition après une présence attestée, ou une modification notable de leur fréquence, montre si l'état du cours d'eau est satisfaisant ou non (**Focellini et al .,2011**)

4.3. Avantages des macro invertébrés benthiques :

Les macroinvertébrés benthiques existent dans divers types de rivières, quelle que soit leur taille (**Camargo et al. 2004**). Par conséquent, nous pouvons effectuer un échantillonnage partout. Ce sont des organismes vivants qui intègrent de multiples composants de l'environnement, tels que les habitats et les polluants, car leur durée de vie est assez longue, qui peut varier de quelques mois à deux ou trois ans (**Camargo et al. 2004**). Contrairement à l'analyse chimique, les macros invertébrés benthiques peuvent être utilisés pour détecter les interférences qui se sont produites, même si elles n'existent plus au moment de l'échantillonnage (**Camara et al .2014**). Au contraire, dans de nombreux cas, que ce soit l'été ou l'automne, une activité d'échantillonnage MIB peut évaluer avec précision la qualité de l'eau de la rivière. Par conséquent, les macros invertébrés benthiques reflètent la dégradation des rivières en termes de pollution organique et chimique (**Pauw et Vanhooren, 1983**).

Ils jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire aquatique car ils sont la principale source de nourriture pour de nombreux poissons, insectes et amphibiens. (**Borrer et White,1999**).

PARTIE
EXPERIMENTALE



CHAPITRE 1.

Matériel et méthodes

Chapitre01 : Matériel et méthodes

Objectifs :

Dans ce travail, notre objectif principal, dans ce chapitre, nous présentons un aperçu des principales analyses effectuées sur les échantillons d'eaux afin de déterminer la qualité des eaux.

- Caractérisation et identification des éléments abiotiques du site par l'analyse de certains paramètres physicochimiques de l'eau (température, pH, conductivité électrique, salinité, DBO₅, oxygène dissous, matières en suspension et turbidité).
- Valorisation de l'écosystème en mettant en valeur l'impact des riveraines dans ces zones humides.
- Inventaire des macro invertébrés du lac Echatt

1-Présentation de la région d'étude :

1.1 - Situation géographique :

La région d'Oued Souf est une partie de la wilaya d'EL-Oued, située dans le Sud-est Algérien et au Nord du grand Erg oriental (**Boukhezn, 2007**), aux confins septentrionaux du Grand Erg Oriental, entre les parallèles (33° et 34°) Nord, et (6° et 8°) Est. Cette immense étendue sablonneuse se trouve, d'une part, à mi-chemin entre la mer méditerranée au Nord et la limite méridionale du Grand-Erg Oriental au Sud, et d'autre part, à égales distances entre le golfe de Gabès à l'Est et l'Atlas Saharien à l'Ouest.

La zone est délimitée par :

- La frontière Algéro-Tunisienne (chotts El-Djerid : région de Tozeur) à l'Est.
- Le chott Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra).
- L'Oued-Righ (région de Touggourt) à l'Ouest (**Boulifa, 2012**).

L'altitude moyenne d'El-Oued est de 80 m, alors que celle des Chotts, situés au Nord, elle descend jusqu'à moins 40 m (surface topographique) au-dessous du niveau de la mer. Après le découpage administratif (**Fig.04**), la wilaya d'El-Oued est délimitée par :

- Les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa, au Nord.
- La frontière Algéro-Tunisienne à l'Est

- Les wilayas de Touggourt, El M’Ghaieret Ouargla, à l’Ouest
- La wilaya d’Ouargla au Sud



Figure 04 : Situation géographique de la région d’El Oued (Gheraissa et Askri , 2020)

1.2.La pédologie :

La région d’Oued Souf est caractérisée par des sols légers, à prédominance sablonneuse, à structure particulière. Ces sols sont connus par de faibles taux de matière organique, une forte salinité, un pH alcalin et une bonne aération (E.N.A.G.E.O.,1993).

L’autre aspect est appelé localement « Shounes » (plusieurs Sahane), où la surface du sol est parfois caillouteuse avec des croûtes gypseuses entourées par de hautes dunes (Ghroud) qui leur donnent ainsi une forme de cratères (Achour,1995).

Les résultats de l’étude géophysique de la terre d’Oued Souf permettent de caractériser quatre étages (E.N.A.G.E.O.,1993):

- Terrain superficiel, d’une épaisseur variable, allant de 30 à 50 m, correspondant aux sables dunaires
- Terrain ayant une épaisseur variable, allant de 50 à 80 m, correspondant aux sables argileux et aux argiles sableuses

- La troisième couche n'existe pas dans toute la région, son épaisseur est plus importante et varie entre 5 à 90 m, elle correspond aux argiles sableuses
- La quatrième couche correspond au sub stratumargileux.

1.3. Hydrogéologie :

Les principaux aquifères des bassins sédimentaires du Sahara septentrional sont principalement développés dans des séquences gréseuses, mais aussi dans des roches calcaires fracturées, formant des complexes aquifères multicouches plutôt que des entités géologiques singulières (**Dubost, 1991**).

1.3.1. Nappe phréatique :

Dans la région du Souf la nappe phréatique s'étend sur toute la superficie. Elle repose sur le plancher argilo-gypseux de Pontien supérieur (**Voisin, 2004**). Elle est constituée principalement par des dépôts de sable quaternaire. Son épaisseur atteint les 67 mètres et sa profondeur varie de 01 à 40 mètres selon la topographie du terrain et sa salinité oscille entre 5 et 7 g/l (**D.H. W, 2010**). Elle est actuellement exploitée pour l'irrigation.

1.3.2. Nappes profondes :

Entre le massif du Tassili et l'Atlas Saharien, se situe une fosse tectonique de 600.000 Km², très profonde, remplie par des sédiments de Trias, Jurassiques et Crétacés (**Voisin, 2004**).

Les forages d'Oued Souf exploitent la nappe dite du Pontien inférieur qui est constituée par des alluvions sableuses déposées pendant le Miocène supérieur sur 200 à 400 m d'épaisseur (**Voisin, 2004**).

1.3.3. Nappe du complexe terminal (CT) :

D'après **Meziani et al. (2008)**, elle est composée des trois nappes : les deux premières correspondent aux nappes des sables d'âge Mio-Pliocène et Pontien, la troisième est la nappe des calcaires d'âge non Éocène. La première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal (CT), elle est constituée par du sable peu grossier, se trouve à une profondeur moyenne de 280 m, et couvre presque tout le Souf. La deuxième nappe de sable est d'âge Pontien (Éocène Supérieur), elle prend position entre la 1ère nappe et celle du calcaire. Sa profondeur varie entre 400 et 480 m avec une épaisseur moyenne de 50 m (**Saïbi, 2003**).

1.3.4. Nappe continental intercalaire (CI) :

La nappe du continental intercalaire est capté à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60°C, et un résidu sec de 2 à 3g/l (Anrh, 2009).

1.3.5. Constat sur l'exploitation des nappes CI-CT :

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée. Elle est exploitée par environ 10.000 puits traditionnels à une profondeur moyenne de 40m. Le recours aux forages profonds pour l'irrigation a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée, notamment la remontée des eaux dans le Souf. Cette situation a perturbé l'écosystème des oasis de la vallée considéré déjà assez fragile (Anrh, 2009).

1.4-Étude des paramètres climatiques :

Le climat affecte une grande partie des activités humaines, telles que la production agricole, la production et la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources, comme l'eau, aspects importants de l'environnement directement liés à la climatologie. Elle a permis d'évaluer l'offre des réserves souterraines. Par définition : le climat est déterminé par tous les phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère. Un point donné à la surface de la terre.

1.4.1. La Température :

La température joue un rôle clé dans le climat. Dans notre zone d'étude le type désert il est plus étendu et a une grande influence sur d'autres paramètres, les conditions météorologiques telles que l'évaporations et l'humidité atmosphérique.

C'est donc une détermination des paramètres dans le calcul du bilan hydrologique à partir du (Tab.06) et de l'histogramme des changements de température moyennes mensuelles (Fig.05) on voit que la température moyenne mensuelle est élevée on peut observer de très forte avec des variations saisonnier (35,15C ° en mois Juillet et 11,2C ° en mois Janvier).

La température maximale enregistrée est de 41,99 C° en Juillet, par contre la minimale est de l'ordre de 5,9 C°.

Tableau 06 : Les températures moyennes mensuelles interannuelles (2012-2023)

(Tutimpo.net)

	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Déc
Tm	5,9	6,88	10,79	14,96	19,47	24,5	27,41	27,07	23,73	17,58	11,04	6,57
TM	17,9	19,81	24,27	28,71	33,29	39,11	41,99	40,78	36,64	30,7	23,34	18,72
T(C°)	11,9	13,35	17,73	22,09	26,71	29,57	35,15	34,14	30,2	24,11	16,99	12,26

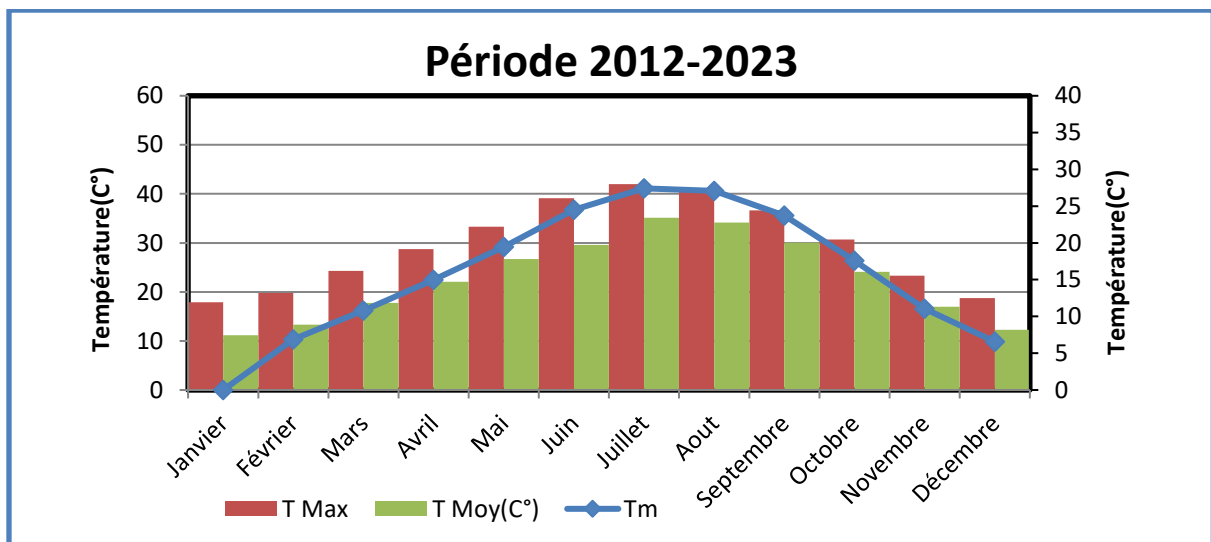


Figure 05: Histogramme des températures moyennes interannuelles (2012-2023)

1.4.2. Humidité.

Le (Tab.07) donne les valeurs d’humidité relative moyenne, observées en 13 ans d’observations (2012_2023). L’histogramme (Fig.06) qui en découle permet de distinguer les mois secs des mois relativement humides. On remarque que les mois « humides » (H Moy > 47.85%), sont janvier, février, mars, octobre, novembre, décembre et les mois « secs » caractérisant le reste de l’année. En ce qui concerne les variations interannuelles, on remarque que le mois plus humide est le mois de Décembre 61,2 %et les plus basses le mois de Juillet 25,94 %.

Tableau07 : Humidité relative moyenne mensuelle interannuelles (2012-2023)
(Tutimpo.net)

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Déc
H %	54,62	46,86	42,56	37,59	32,56	29,18	25,94	30,11	39,25	39,70	52,88	61,2

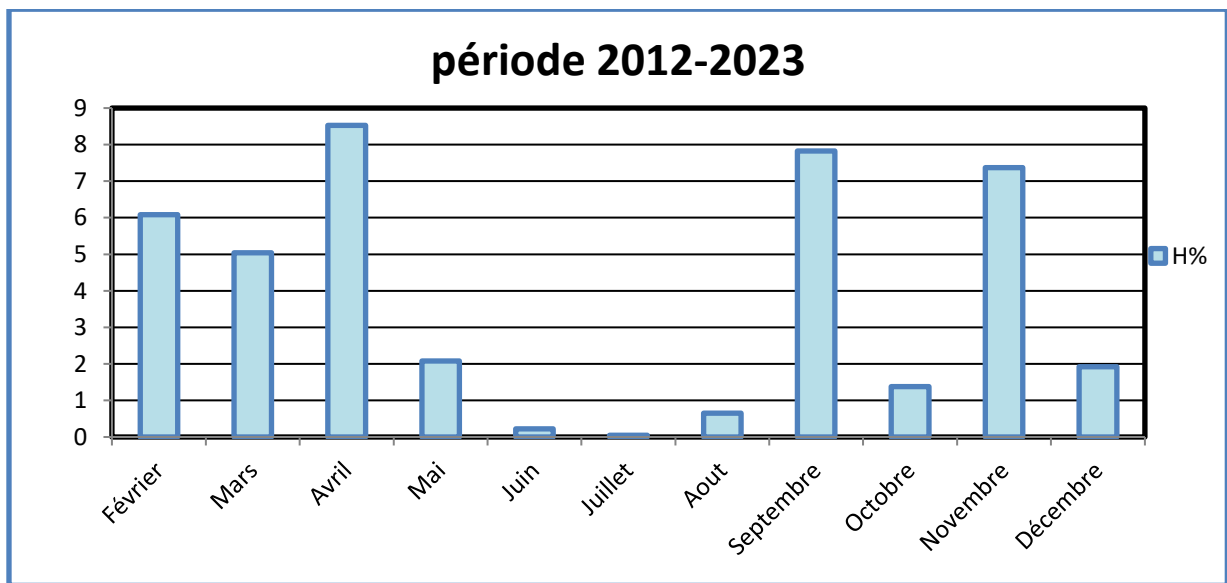


Figure 06 : Histogramme des Humidité moyennes interannuelles (2012-2023)

1.4.3. Précipitation :

D'après les données du (Tab.08) nous avons établi l'histogramme de variations moyennes précipitations mensuelles interannuelles (Fig.07) on peut dire que la région d'Oued Souf est caractérisée par des faibles précipitations ,la précipitation annuelle est estimée à (42,29) mm, ce qui est une valeur faible pour la région car elle a une valeur d'évaporation élevée. En revanche, la valeur de précipitation la plus élevée était de 8,53mm en avril et la valeur la plus faible était de 0,05 mm en Juillet.

Tableau 08 : Valeurs des précipitations moyennes interannuelles en (mm) (2012-2023)
(TuTiempo.net)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Déc
P(mm)	1,14	6,08	5,04	8,53	2,08	0,22	0,05	0,65	7,83	1,38	7,37	1,92

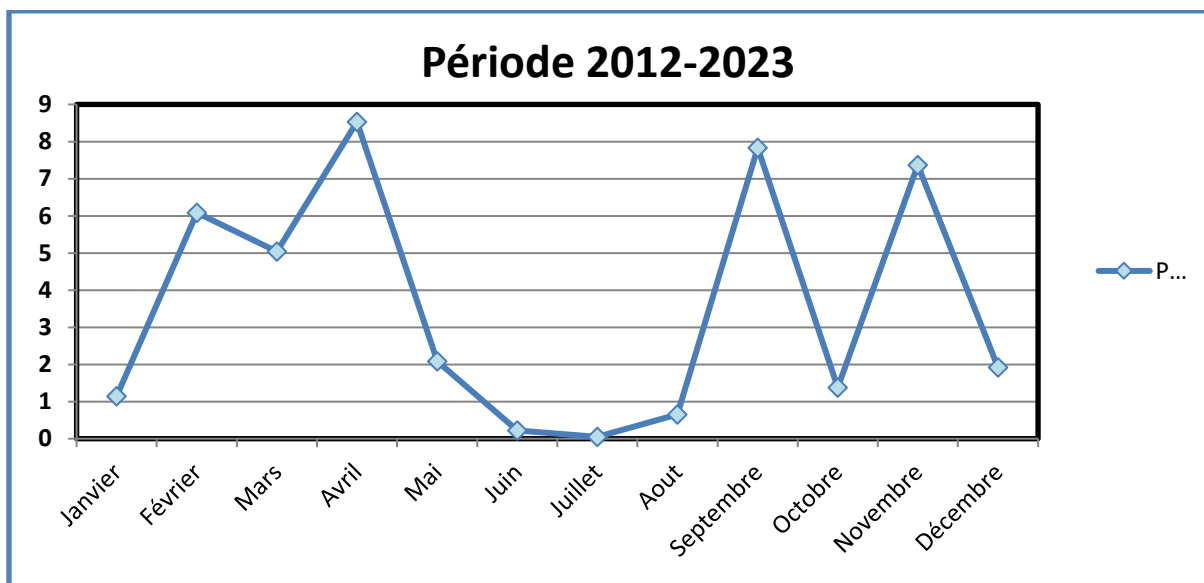


Figure 07 : Histogramme des variations de répartition des pluies moyennes interannuelles (mm) (2012-2023)

1.4.3. Le vent :

Est l'élément le plus caractéristique du climat. Il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. Le vent soufflant d'est en nord-est est le vent le plus dominant de la Méditerranée, et ils sont pleins d'humidité. Le vent soufflant du sud au sud-ouest est moins fréquent (chaleur sèche).

Le vent du printemps est plus fort, et le vent d'est communément appelé EL BAHRI souffle principalement d'avril à juillet. L'été apporté de la fraîcheur, mais le printemps est rarement apprécié, car il produit des vents de sable qui jaunissent le ciel, et peuvent durer jusqu'à trois jours, avec une vitesse moyenne de 40 à 50 km/h. Dans la région d'Oued Souf, la vitesse maximale du vent très augmentée dépend toute l'année. Enregistrée durant le mois d'Avril

avec de 11.70m/s, l'augmentation causent un véritable danger. Tandis que la valeur du vent la plus faible est notée durant le mois de Octobre de 6.46 m/s(Fig.08 ;Tab 09).

Tableau 09 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (2012_2023) (TuTiempo.net)

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Déc
V (m/s)	7,53	8,61	10,02	11,70	10,90	10,80	9,58	9,36	9,01	6,46	7,28	6,95

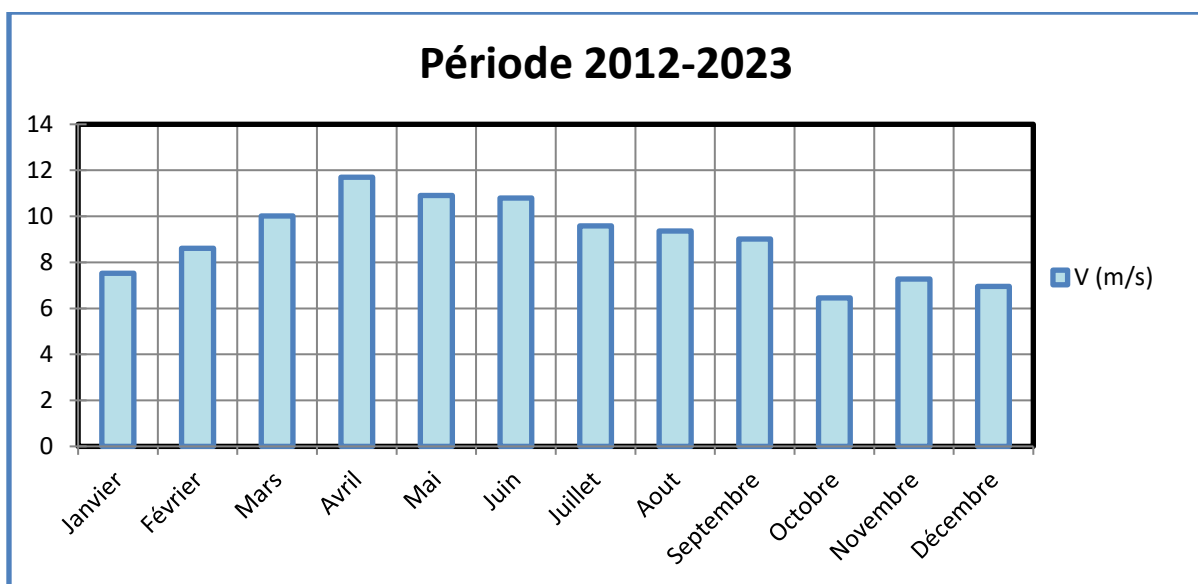


Figure 08 : Histogramme de variations de vitesse mensuelle des vents en (m/s) (2012_2023).

1.5 . Synthèses des facteurs climatiques :

1.5 .1. Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN :

Les valeurs de précipitations et de températures enregistrées au cours des 12 années à la station d'Oued Souf peuvent être utilisés pour construire une carte pluie chaleur suivant Gausсен L'analyse de niveau diagramme de la région d'étude, montre que la période sèche dans la région d'El-Oued pour la période (2012-2023),Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portés sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température(Fig .09).

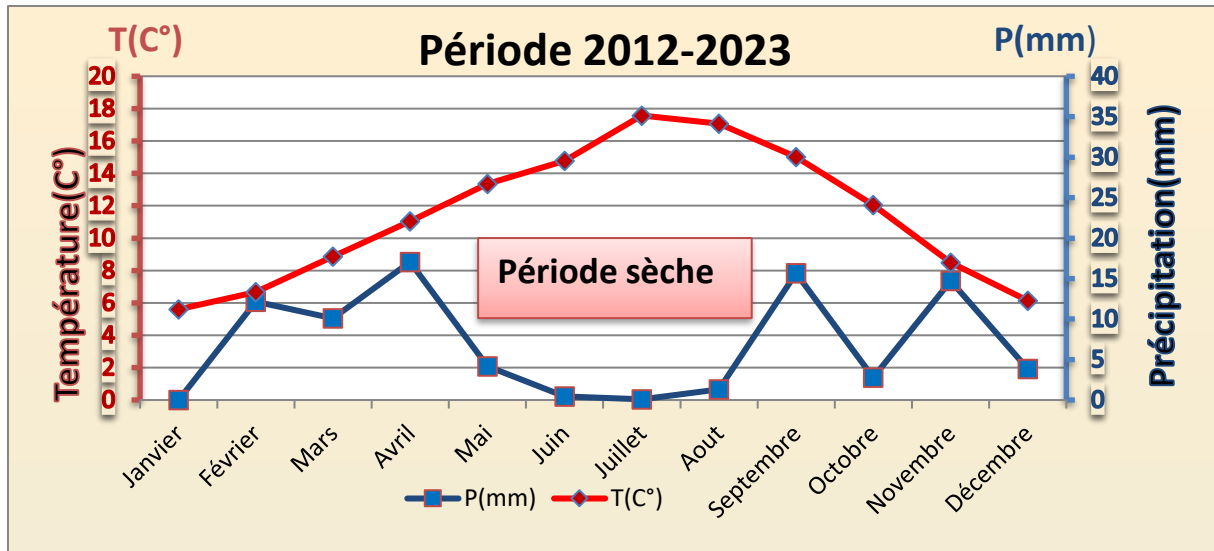


Figure 09 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN appliqué à la région d'Oued Souf (2012_2023).

1.5.2. Climagramme d'EMBERGER :

Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q_2) est, rappelons-le, un indice climatique établi par (Emberger, 1930 à 1955 et Sauvage, 1961). Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté par le quotient pluviométrique (Q_2) d'EMBERGER.

L'indice est égal au quotient pluviométrique d'EMBERGER, il peut s'écrire :

$$Q_2 = 1000P / [(M+m)/2] (M-m)$$

- **Q₂**: Quotient pluviothermique d'EMBERGER.
- **P**: Précipitations annuelles en mm
- **(M+m)/2** : Moyenne des températures annuelles M et m en °C
- **(M-m)** : Amplitude thermique extrême

Il existe beaucoup de modification, suite aux travaux d'EMBERGER. Ainsi, (Stewart ; 1969) estime que le rapport $1000 / [(M+m)/2]$ reste constant et peut être assimilé à 3.43.

Q_3 prend la forme suivante :

$$Q_3 = 3.43 [P / (M-m)]$$

Selon **Dajoz (1985)**, le quotient pluviométrique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide ,avancent également que cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne et qu'en fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes :

- Humides pour $Q > 100$;
- Semi humides pour $100 > Q > 50$;
- Semi-arides pour $50 > Q > 25$;
- Arides pour $25 > Q > 10$;
- Désertiques pour $Q < 10$.

D'après Le Climatogramme pluviothermique d'EMBERGER(**Fig.10**) ; La vallée du Souf est située dans l'**étage bioclimatique saharien à hiver doux**.

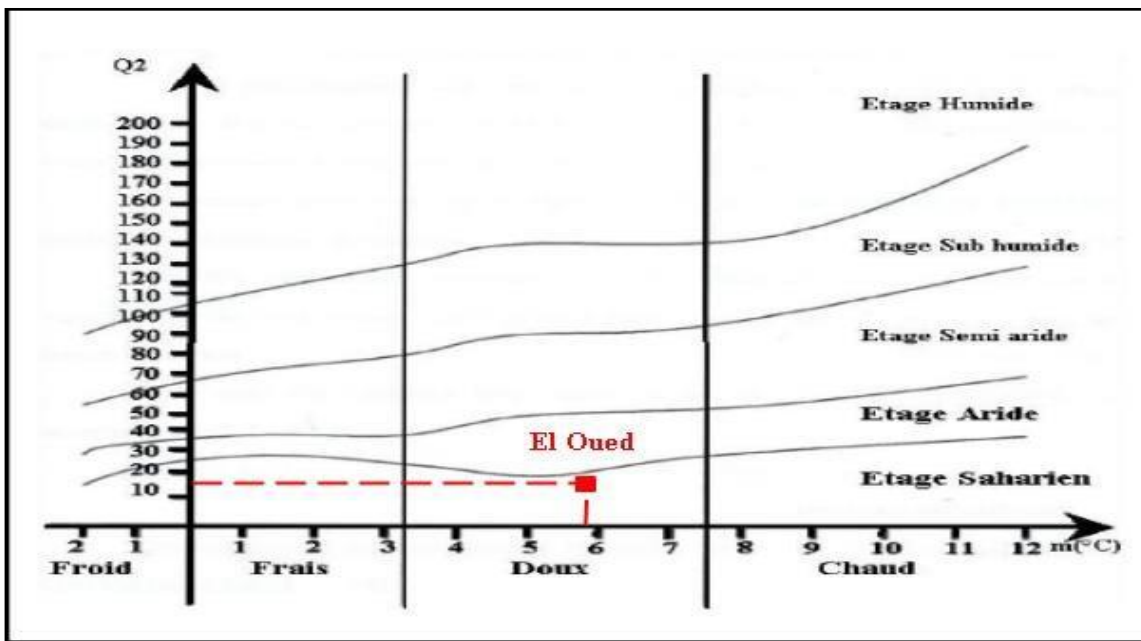


Figure 10 : Place de la Région d'Oued dans le diagramme d'OMBERGER (2012_2023).

1.6. Facteurs biotiques de la région du Souf :

Ces facteurs sont représentés par des données bibliographiques sur la flore et la faune caractérisant la région d'étude.

1.6.1.- Flore :

La flore du Souf est représentée par des arbustes et des touffes d'herbes espacées croîtront au pied des dunes. Les plantes spontanées sont caractérisées par un certain nombre de traits qui sont déterminés par la rapidité d'évolution, l'adaptation au sol et au climat. Ces plantes sont généralement regroupées dans les familles suivantes : Poaceae ,Citaceae, Fabaceae, Cyperaceae,Asteraceae et Liliaceae. En général, la flore de la région du Souf est représentée à peu près par 80 espèces végétales appartenant à 26 familles différentes (Nadjah,1971 ; Voisin, 2004;Côte, 2006;Acoureneet *al.*, 2007;Halis, 2007; Senoussi et *al.*, 2012;Chenchouni,2012;Demnatiet *al.*, 2012;Slimani et *al.*, 2013; Bouallalaet *al.*, 2014;Medjber, 2014, Alia, 2018). Parmi les familles les plus riches en espèces, les Poaceae occupent le premier rang avec presque de 15 espèces, comme deux types de plantes ont été distingués : plantes spontanées et plantes cultivées

- **Plantes cultivées :** Il y a 5 types des plantes cultivées réparti sur 14 Famille et 21 espèces, comme (Concombre et Palmier dattier et Pommier ,,.,.,.,).
- **Plantes spontanées :** Il se caractérise par 16 Famille et 29 espèces.

1.6.2.- Faune :

Invertébrées :

Ababsa et *al.* (2011); Alia et *al.* (2011, 2012 et 2013) ; Ababsa (2012) ; Selmane (2015), Selmane et *al.* (2016) ; Kherbouche et *al.* (2016) ; Aouimeur *etal.* (2017) ; Khechekhouche et *al.* (2011 et 2018) ont inventorié dans la région du Souf, 129 espèces d'Arthropodes appartenant à 14 ordres différents dont la majorité sont des insectes. Parmi les familles les plus riches en espèces, les Coleoptera occupent le premier rang avec presque de 48 espèces, comme exemple *Pimelia angulata* (Solier, 1836) et *Scarites occidentalis* (Redel, 1895).

Poissons, Amphibiens et Reptiles de la région du Souf :

Pour les poissons, une seule famille est notée, celle des Poeciliidae avec l'espèce *Gambusia affinis*. Les amphibiens sont représentés par deux espèces *Bufo viridis* et *Pelophylaxsaharicus*. Les principales espèces de reptiles présentes dans la région du Soufont constituées de 20 espèces, la famille la plus riche en espèces est celle des Scincidae suivie par celles des Phyllodac-tylidae, des Agamidae, des Lacertidae, des Colubridae, des Psammophiidae et des Viperidae.

Oiseaux

Plusieurs auteurs, notamment **Isenmann et Moali (2000)**; **Alia et al. (2012)**; **Ababsa et al. (2011, 2013 et 2016)**; **Guezoul et al. (2013 et 2017)**; **Demnati et al. (2012)**; **Alia (2018)** ont signalé 28 espèces d'oiseaux regroupés dans 12 familles pour la région du Souf. Parmi ces dernières il est à citer les Strigidae (*Bubo asclaphus*) et Passeridae (*Passer domesticus*).

Mammifères

Les mammifères de la région du Souf ont été traités par plusieurs auteurs, notamment **Le Berre (1989,1990)**; **Kowalski et Rzebik-kowalska (1991)**; **Voisin (2004)**; **Alia et al. (2012, 2013, 2014 et 2015)**; **Khechekhouche et al. (2018)**. Au total, 20 espèces réparties entre 7 familles et 6 ordres sont inventoriées

2.Présentation du Lac Echatt :

2.1.Description de la zone d'étude Lac Echatt :

Lac Echatt est une dépression dunaire urbaine située dans la partie nord de la ville d'El-Oued, (6°51'28'E, 6°51'48'E, 33°23'21'N à 33°22'46 'N) juste à proximité de l'université. Il est composé de deux plans d'eau séparés par une route (**Fig.11 ; Photo.01**) et reçoit en continu les eaux usées de cette ville, occupant une superficie totale de 150 hectares. Sa profondeur varie entre 0,5 et 1 mètre et il abrite une diversité aviaire exemplaire dépassant largement 50 espèces, parmi lesquelles les Anatidés (sarcelle marbrée *Marmaronettaangustirostris*, fuligule nyroca *Aythya nyroca*, canard souchet *Spatula clypeata*, canard siffleur *Anas acuta*), les Phoenicopteridés (le flamant rose *Phoenicopterus roseus*), les Rallidés (la foulque macroule *Fulica atra* et la gallinule poule-d'eau *Gallinula chloropus*), les limicoles, les gravelots et les chevaliers. La végétation bordant les deux plans d'eau est principalement composée de plantes halophiles, parmi lesquelles les Zygophyllacées représentées par le *Zygophyllum cornutum*, les Amaranthacées (*Salsola vermiculata* et *Salicornia tucousefr*), et des touffes de *Tamarix gallica* observées notamment dans le plan d'eau nord et jouant un rôle dans le maintien de l'avifaune aquatique (**Saker et al ,2022**)

Ce lac connaît une fluctuation saisonnière de son niveau d'eau, avec des hausses en hiver et des baisses en été. De plus, il présente des zones de pollution causées par les déchets et les débris de construction jetés par l'homme.



Photo 08 : Vue générale du lac Echatt (Hachem et Kelkami, 2024)

2.2. La situation géographique de la zone d'étude (Lac Chott) :

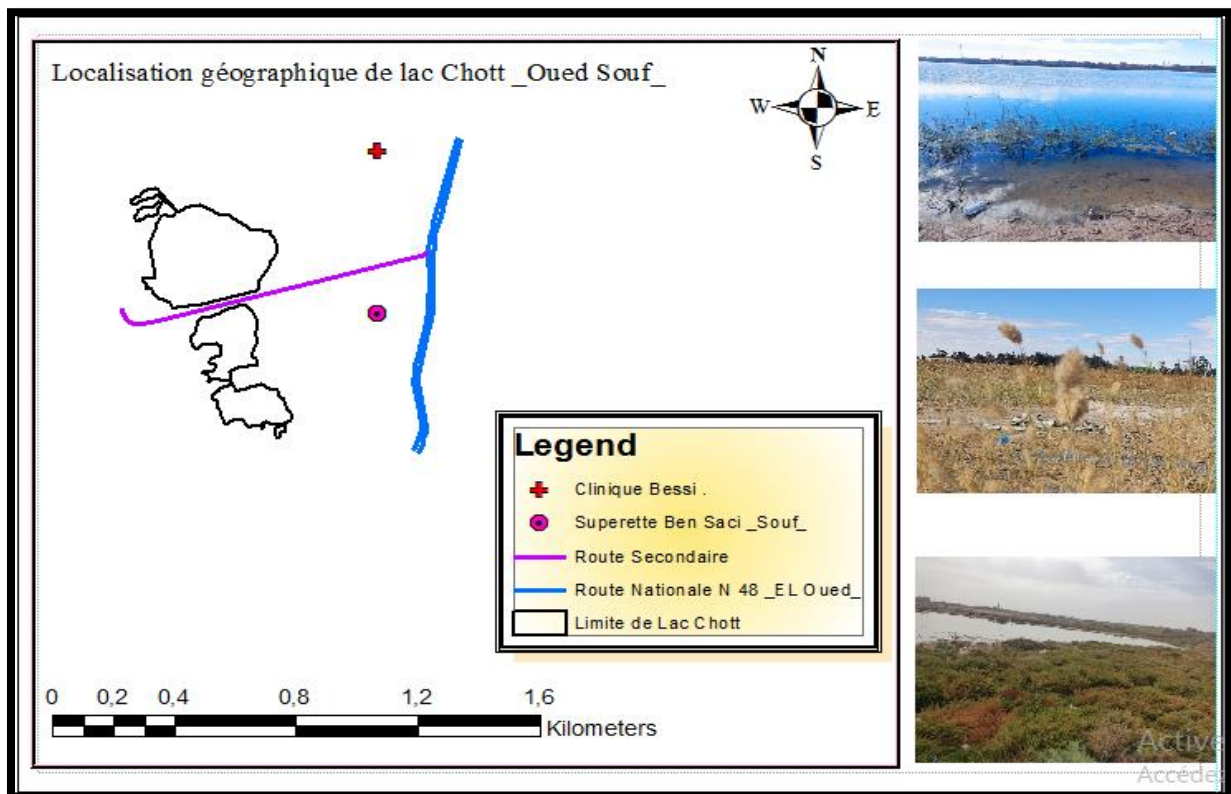


Figure 11 : La carte géographique de la zone d'étude (Hachem et Kelkami ,2024)

3. Méthodologie du travail

3.1. Choix et description des stations d'étude :

La sélection des sites s'est principalement appuyée sur la présence d'eau dans les zones humides à étudier, en tenant également compte de facteurs tels que l'accessibilité sécuritaire et le transport vers les stations d'étude

A cet effet, l'utilisation de plusieurs stations d'échantillonnage à travers le plan d'eau nous a permis de réaliser une caractérisation générale et une identification des secteurs où la qualité de l'eau est dissemblable (**Messaoudiet Bouchemal, 2023**).

Afin de mener bien cette étude, 10 stations ont été choisies. Ces stations ont été sélectionnées en fonction de leur accessibilité et de la proximité des rejets probables de polluants. C'est l'une des régions où on observe le plus les problèmes de dégradation de l'écosystème (**Tab.10, Photo.09**).

Tableau 10 : Localité des sites de prélèvements de l'eau et les macro-invertébrés .

N°	Coordonnéesgéographiques	Discription
S1	E 30°8'26.727" N 36°96'205.327"	C'est une zone contaminée comprenant des résidus textiles, des déchets ménagers, du plastique, des débris de papier, des microplastiques, des algues microscopiques, et des particules de pneus.
S2	E30°8'35.194" N 36°96'251.894"	C'est une région caractérisée par la présence de cadavres, de phytomasse sèche n'excédant pas 20 cm de hauteur, et une formation de croûte saline avec la présence des déchets culturelles
S3	E 30°9'83.361" N 36°96'218.027"	Est une zone moins de pollution que la station précédente contient des petites plantes et des algues.
S4	E 30°11'31.528" N 36°96'137.594"	Est une zonequicontient des plantes plus de 50 cm et autres plus du 1 mètre et est lieu du sanitaire.
S5	E 30°11'81.27" N 36°95'956.618"	C'est une zone où des déchets domestiques sont présents, avec une coloration de l'eau présentant une obscurité notable le long des voies routières adjacentes.
S6	E 30°9'35.736" N 36°95'849.727"	Est une zonequicontient des plantes ne dépasse pas 50 cm,l'eau légèrement noir par rapport la station passe.
S7	E 30°8'50.011" N 36°96'32.819"	Est unezonequi contient des restes des légumes du fait de sa présence devant le marché et contient aussi des déchets ménagers
S8	E 30°10'60.62" N 36°95'832.793"	C'est une zone caractérisée par la présence de déversements d'eaux usées, ce qui entraîne une coloration sombre de l'eau et une mauvaise odeur.
S9	E 30°11'32.586" N 36°95'644.409"	Est une zonequi contient des vestiges du bâtiment.
S10	E 30°12'58.528" N 36°95'458.142"	Est une zonequi contient des cadavres des animaux.



Photo 09: Les stations de prélèvement au niveau du Lac Echatt (Hachem et Kelkami, 2024)

3.2.3. La distribution géographique des stations de la zone d'étude :

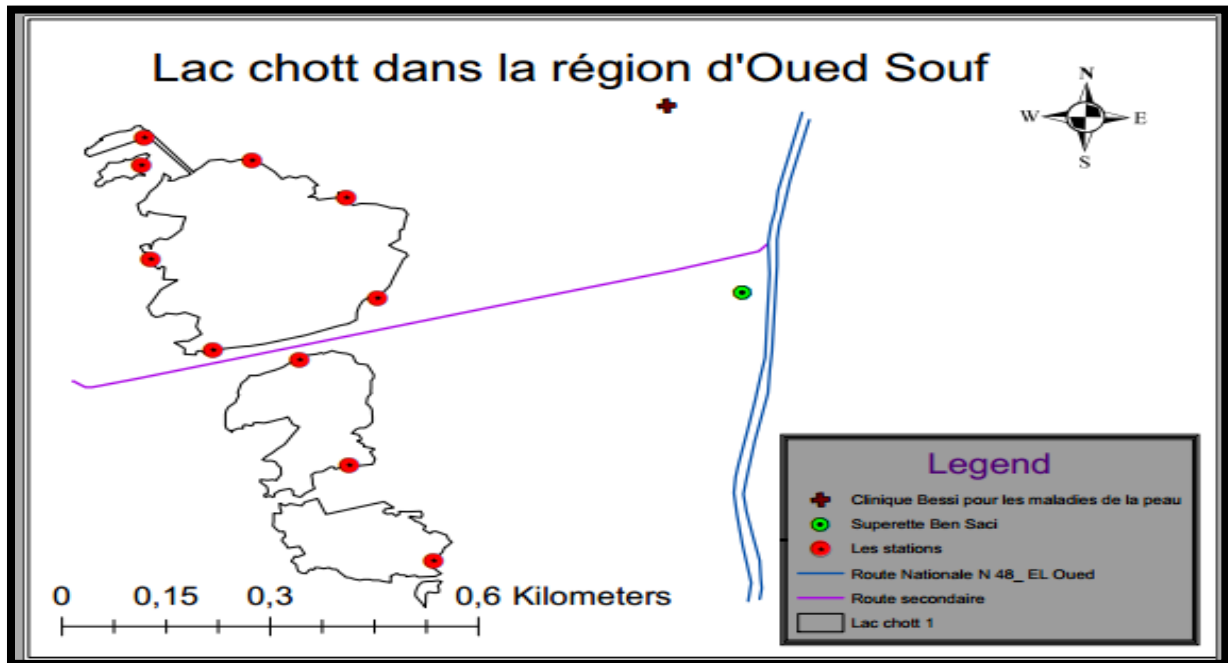


Figure 12 : La carte géographique des stations de la zone d'étude (Kelkami et Hachem , 2024)

3.3. Les analyses physico-chimiques :

Nous avons mesuré les paramètres physico-chimiques qui décrivent la qualité générale de la colonne d'eau tels que : MES, température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, TDS, salinité, La demande biologique en oxygène (DBO_5). Certains paramètres ont été mesurés in situ pour les 10 stations d'étude à l'aide d'un multi-paramètre portatif Multi 3620 IDS WTW, d'autres sont étudiés au niveau du laboratoire de L'ONA (STEP 1 Kouinine)

La collecte d'un échantillon d'eau requiert une grande précision ; elle conditionne les résultats des analyses et leur interprétation ultérieure. L'échantillon doit être homogène, représentatif de la réalité de l'eau, et obtenu sans altérer ses caractéristiques physico-chimiques.

Les opérations de prélèvement s'effectuent à travers les 10 stations précédemment citées le matin pendant une durée de 6 mois (novembre, décembre, janvier, février, mars, avril). Avant de prélever des échantillons d'eau, les flacons en plastique de 1,5 L (en polyéthylène) sont d'abord rincés trois fois avec de l'eau distillée. Ensuite, sur le terrain, ils sont rincés avec

l'eau à analyser pour éviter toute contamination croisée. Après le prélèvement, les bouteilles sont immédiatement fermées pour empêcher l'évaporation. **(Photo 10).**

Les résultats affichés par l'appareil sont ensuite reportés sur des fiches préalablement préparées pour éviter que les résultats ne soient erronés, les sondes sont bien rincées à l'eau distillée puis tamponnées avec des papiers absorbants après chaque mesure (03 essai pour chaque station et chaque échantillon) **(Ouali, 2018).**

Elle doivent être emballés les flacons par du papier aluminium et étiquètes portent le numéro et le nom de la station, la date et l'heur de prélèvement de l'échantillon les échantillons d'eau ont été ensuite transportés dans une glacière à 4 °c au laboratoire de l'ONA **(Ahouidi et al., 2015 ; Naili et al, 2021) (Photo 10)**



**Photo 10 :A -Prélèvements des échantillons d'eau ; B-Conservation des échantillons
(Kelkami et Hachem, 2024)**

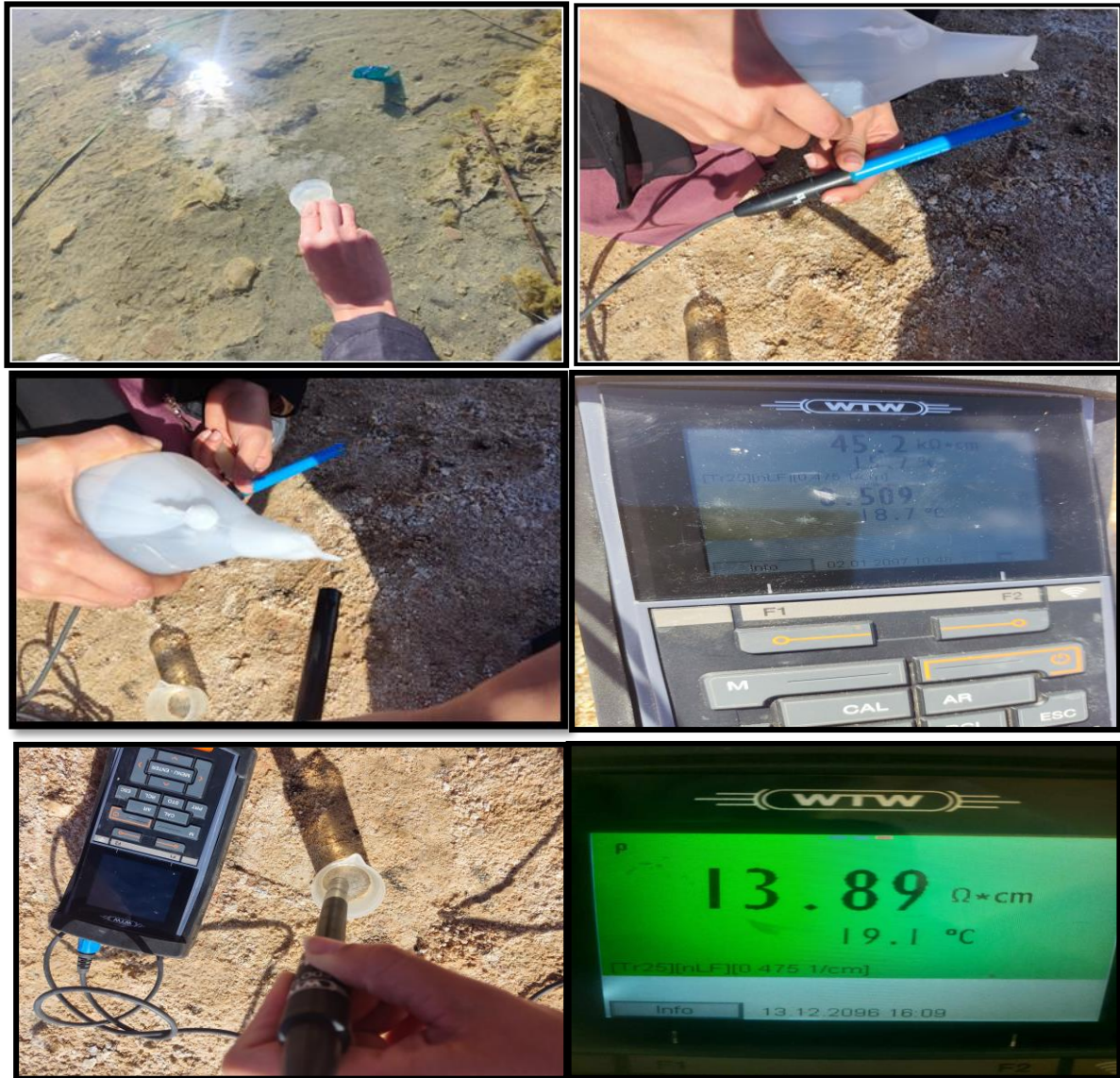


Photo 11 : Mesure des paramètres in situ (Kelkami et Hachem ;2024)

Puisque toutes les analyses physico-chimiques ne peuvent pas être effectuées sur un seul appareil de Multi Paramètre, nous avons décidé de nous rendre à la station de traitement des eaux usées à Kouinine STEP 1 afin de compléter les analyses restantes, qui comprennent MES, DBO₅ et TDS (**Photo .2**).

3.3.1. Détermination des matières en suspension (MES) :

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée .

Pour déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau usée, Où cette analyse est effectuée à l'aide d'appareils :

- ✓ Papier filtre en verre diamètre 47 μm ;
- ✓ Rampe de filtration sous vide ;
- ✓ Pompe à vide ou sous vide
- ✓ Etuve chauffé (105°C) ;
- ✓ Balance (0.001 g de précision);
- ✓ Le dessiccateur.

Formule: $M.E.S = \frac{(P_1 - P_0)}{V_{\text{total}}}$

V_{total}

- ✓ **P₁**: Poids de filtre en plein
- ✓ **P₀**: Poids de filtre en vide

3.3.2. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5)

On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une tête numérique (Abid et Lechaari , 2017)

Où cette analyse est effectuée à l'aide d'appareils :

- ✓ Réfrigérateur conservant à une température de 20C°.
- ✓ Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml.
- ✓ Barrou-magnétique.
- ✓ Pastilles de NaOH. .
- ✓ Tête numérique.

3.3.3. Détermination de la turbidité :

La mesure de la permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un multi paramètres, en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et séchées remplie avec l'eau à analyser (Hamdi., 2011)

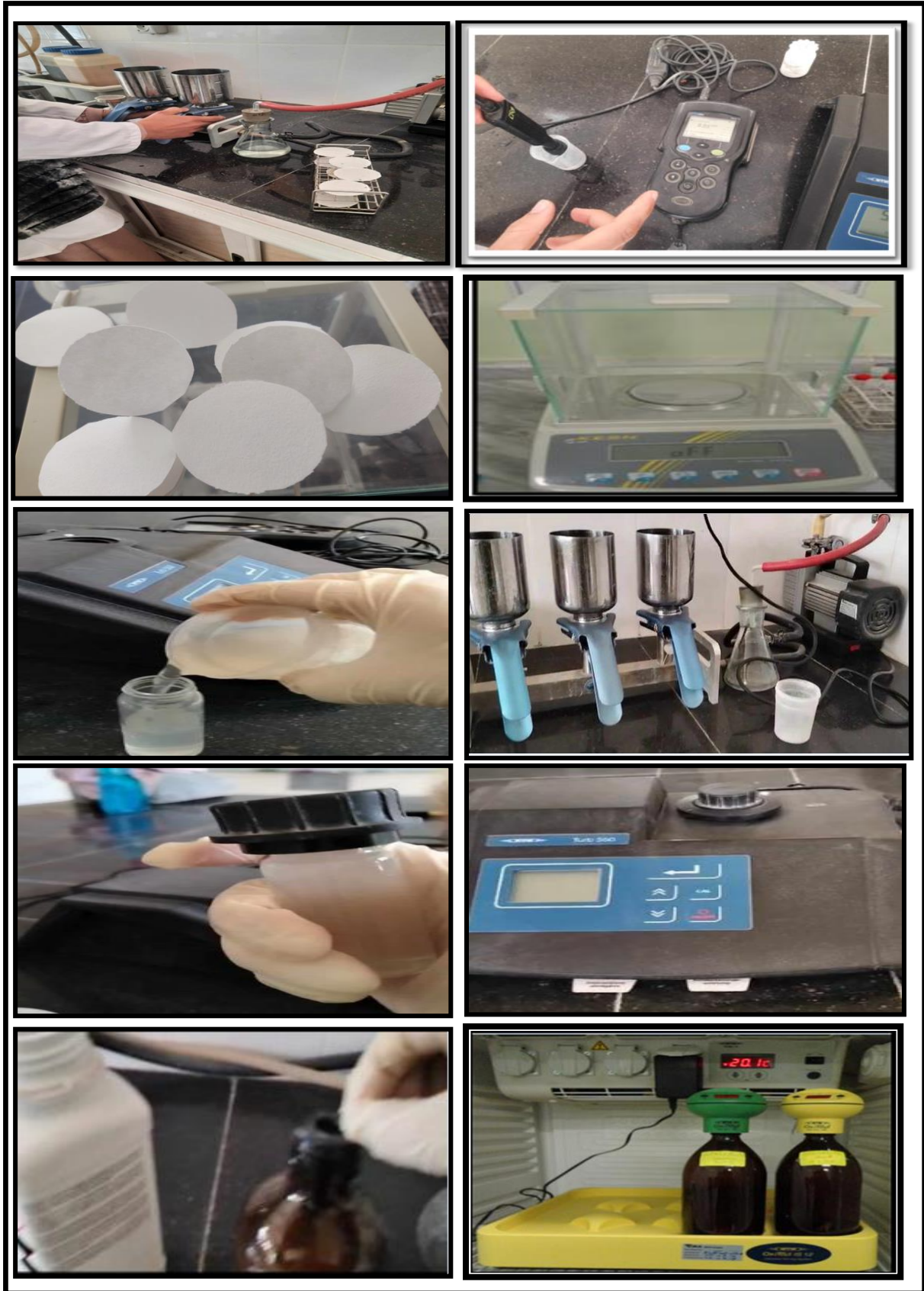


Photo 12 :Mesure des paramètres physico-chimiques au niveau de STEP 1 de Kouinine

3.4. Echantillonnage des macros invertébrées

A. Au niveau du terrain

L'échantillonnage des macro-invertébrées répond à un protocole, on a utilisé le matériel suivant :

- Des bottes
- Des bouteilles
- Une porte manger
- Glissière
- GPS
- Gants
- Étiquettes en papier hydrofuge
- Goblet

B. Matériel de laboratoire

- Microscope
- Eau distiller
- Boîtes de pétri
- Etiquettes
- Pinceaux ;
- Pinces ;
- Flacons en verre ;
- Guides d'identification des macroinvertébrés ;
- Loupe binoculaire ;
- Lame et lamelle
- Glycérol

3.4.1 Méthode d'échantillonnage

Une fois arrivée sur le site d'échantillonnage, nous avons notés sur la fiche technique de terrain : l'heure, la date, les coordonnées GPS (E, N). En outre, nous enregistrons des remarques d'ordre général tels que : les différents types des végétations, degré de pollution et les activités humaines près de nos stations...etc. L'échantillonnage de la faune benthique a été effectué à l'aide d'un filet troubleau d'ouverture circulaire.

Il doit être bien rincé avant de commencer l'opération afin d'éviter la contamination par des spécimens n'appartenant pas à la station. Le filet est déposé sur le fond du cours d'eau à contre-courant. Les pierres et galets de la surface échantillonnée ont été retournés et nettoyés à l'ouverture du filet pour arracher les espèces fixées ainsi que celles agrippées au substrat. Les coups de filet doivent être donnés là où les vitesses du courant sont différentes, étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses, avec toutefois une surface minimale échantillonnée d'environ 20 m de largeur et d'une longueur dix fois supérieure à la largeur (Boutebba, 2022).

Les échantillons récoltés sont déposés dans une porte manger (Photo.13) avec de l'eau pour faciliter leur mobilité ainsi que leur capture et aussi afin d'éliminer les éléments les plus grossiers (vases, pierres, galets, fragments de bois et feuilles des végétaux). Cette opération est très importante, elle permet de limiter les risques de détérioration de la faune et de réduire le volume d'échantillon à fixer (El Agbani et al., 1992 ; Karrouchet et Chahlaoui, 2009) .



Photo 13 : Méthode d'échantillonnage des macros invertébrées (Kelkami et Hachem, 2024)

3.4.2. Conservation des échantillons :

Le contenu recueillis est vidé dans une porte manger, afin d'en faciliter le tri, ensuite, va être renfermée dans des flacons en verre. Le nom de la station, la date et l'heure sont inscrits sur chaque tube, Les échantillons obtenus des 10 stations, ont été transportés au laboratoire dans une glacière à 4 °C, où ils ont été triés sous une loupe binoculaire afin d'être identifiés **(Bouati et Boualleg, 2019)**.

3.4.3. Tri et détermination

Les échantillons sont versés dans des boîtes de Pétri pour tri, identification et quantification sous une loupe binoculaire à l'aide d'un guide d'identification, parfois à l'œil nu. Cette opération est réalisée à l'aide d'une pince et un pinceau fine afin de préserver la forme de l'échantillon **(Photo.14)**. L'unité taxonomique retenue dans ce travail est la famille et l'espèce, par ce que ce sont des unités taxonomiques plus stables **(Bouati et Boualleg, 2019)**.



Photo 14 : L'identification des macro invertébrées au niveau de laboratoire (Kelkami et Hachem ,2024)



CHAPTER02

Résultats et discussion

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux

08 paramètres ont été considérés : la température, le potentiel d'hydrogène, la conductivité, électrique, matière en suspension (MES), l'oxygène dissous, le total des solides dissous (TDS), La demande biologique en oxygène (DBO5) et la salinité (**Tab 11.**)

Tableau 11 : Principaux paramètres physico-chimiques des eaux mesurés sur lac Ehatt

Paramètres	Site 1							Site 2		
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
T°	16.85	18.25	17.65	17.38	18.04	17.76	18.42	18.41	18.37	18.23
pH	8.35	8.45	8.37	8.19	8.05	8.40	8.36	8.07	8.41	8.41
CE(µs/cm)	16.24	20.25	20.03	16.39	20.21	20.72	19.11	17.34	17	16.67
OD(mg/l)	8.26	9.84	9.27	6.90	8.13	7.72	9.13	8.17	8.41	8.91
TDS(mg/l)	4.52	3.46	3.36	7.14	3.92	3.37	2.39	3.31	4.87	1.97
Sal (‰)	12.69	14.76	15.25	15.5	13.71	16.25	15.21	14.18	13.46	13.93
DBO5(mg/l)	8.05	11.66	15	11.43	18.18	10.85	5.88	15.15	18.5	15.55
MES(mg/l)	16.50	31.62	24.58	19.21	13.3	21.16	16.51	19.27	16.56	13.60

T=Température ; **pH** = Potentiel d'hydrogène ; **CE** = Conductivité électrique ; **OD** = Oxygène dissous ; **TDS** = Solides totaux dissous ; **Salt** = Salinité ; **MES** =Matière en suspension

DBO5 =Demande biologique d'oxygène

1.1.Température (C°)

D'après **Allan (1995)**, la température des plans d'eau naturels subit des variations saisonnières et diurnes, de même qu'une stratification thermique verticale. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur. De ce fait, elle influe sur le degré d'évaporation et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. De plus, la variation de la température a

des effets sur tous les autres paramètres mesurés comme le pH, la conductivité électrique, le taux des sels dissous ; comme elle a un effet sur toutes les réactions de dégradation, de minéralisation des matières organiques et le développement des micro-organismes responsables ou non de ces transformations. L'accroissement de la température favorise avec d'autres facteurs la productivité primaire et donc une augmentation de nourriture pour la faune aquatique (Rodier, 2005 ; Djamia, 2020).

Les résultats obtenus durant la période d'étude (Novembre 2023-Avril 2023) indiquent que les températures des eaux du lac Echatt montrent des variations spatiotemporelles (d'un mois à un autre entre les stations). Ces variations ont une relation avec les conditions météorologique de la région d'étude. Les températures moyennes enregistrées ont varié entre 16.82°C et 18.52°C. (Fig.13)

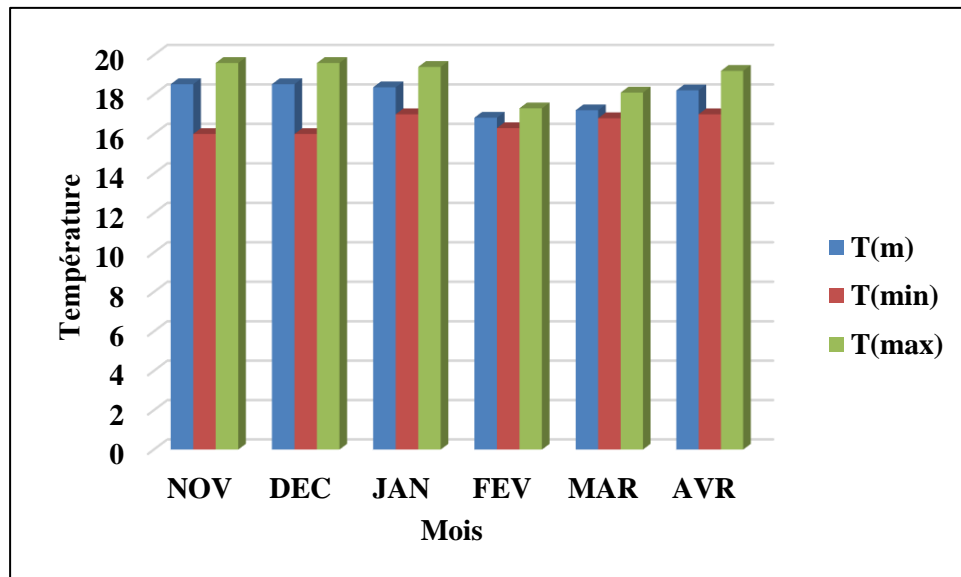


Figure13 : Variations mensuelles de la température des eaux du lac Echatt.

La température la plus élevée est obtenue durant le mois de **Décembre** dans la station (S9) et **Novembre** avec 19.4 °C, par contre la température la plus faible est obtenue pendant le mois de Novembre et décembre (16.33°C) dans la station (S1)(Fig14).

Berra et al (2023) ont constaté que la température la plus basse aussi enregistrés en mois de décembre dans trois zones humides la zone de Dhiba , la zone de Chatt , la zone de Taleb El-Arbi avec respectivement (17,6°C, 17,9°C, 18,1°C). Cela suggère que Lac Echatt et Dhiba est légèrement plus froide que Taleb El-Arbi.

Au niveau du lac Témacineles mesures de la température de l'ensemble des échantillons au montrent qu'elles sont comprises entre 9,8°C et 32,7°C(Bouchlegem,2014).

Ben youcefet al , (2022).ont trouvés que les valeurs de températures mesurées au niveau du lac Ayata sont variées entre (18,8 et 19,3)

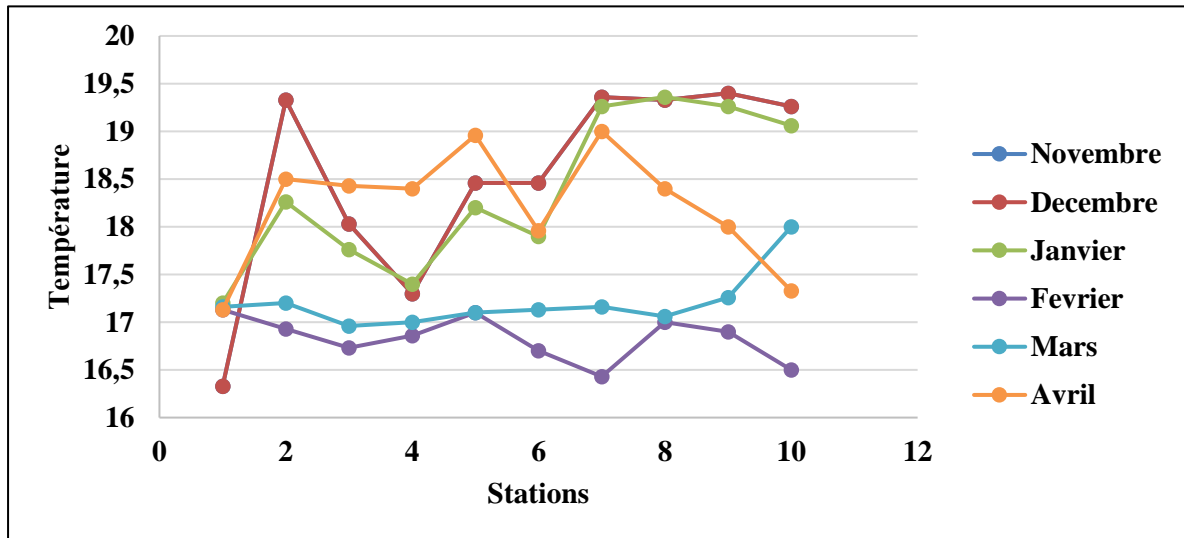


Figure 14: Variations spatio-temporelles de la température des eaux superficielles du lac Echatt

D'après les études précédentes, nous constatons une similitude entre la température du lac Chott et celle d'oued Khrouf , ainsi qu'une grande similitude avec Chott Marouane. Ces variations légères sont liées aux conditions climatiques, à la température de l'air et au phénomène d'évaporation. Cette augmentation de la température se produit pendant les mois chauds d'avril, contrairement aux mois de décembre et janvier.

1.2. Potentiel hydrogène (pH)

C'est un paramètre qui permet de mesurer la concentration des protons H^+ dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide, basique ou neutre). Ce paramètre joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, il influe sur le comportement de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution et donc la toxicité en les rendant biodisponibles (Benkaddour, 2018).

Les mesures du pH de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 6,9°C° et 9,23 indique que l'eau est alcaline(Fig.15).

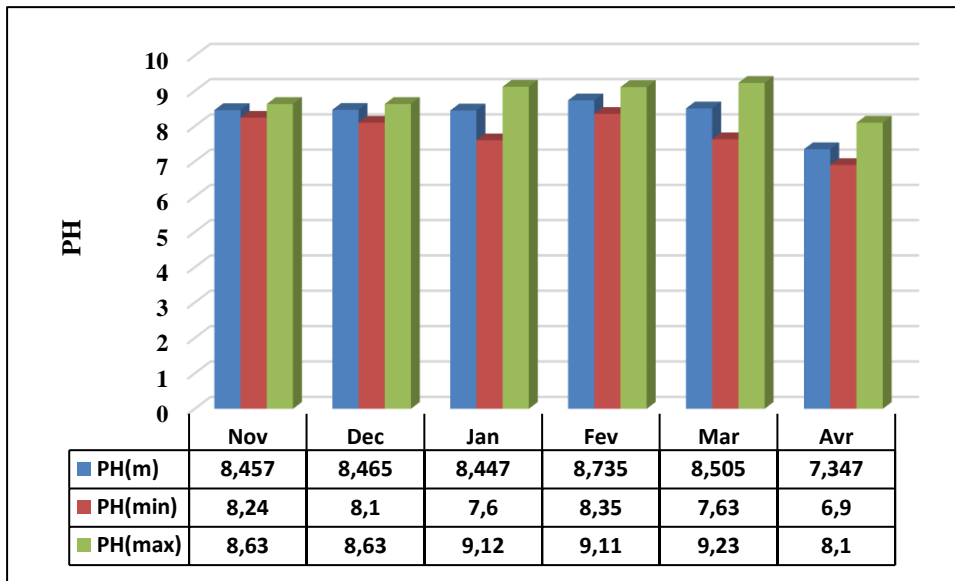


Figure 15 : les valeurs de PH pendant la période d'étude

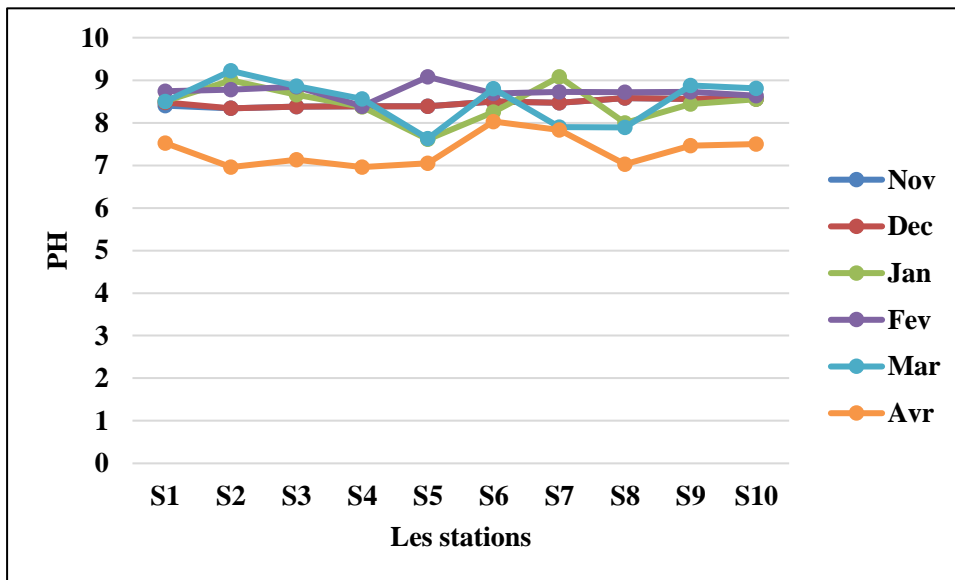


Figure16 : Variations spatio-temporelles du PH des eaux du lac Echatt

D'après **Bouchelaghem (2024)** ; le pH de l'eau de lac Temacine est légèrement alcalin ; Cette alcalinité peut être expliquée par la nature géologique des terrains, aussi elle peut être liée à la qualité des eaux usées et de drainage évacués dans le lac.

Nous constatons que le pH est élevé et dépasse la norme algérienne de l'eau potable. La variation du pH d'un point à un autre, allant de S2,8 (6,9) à S7 (9,12), est due à la photosynthèse des algues. Ce pH est très proche de celui du lac Temassine.

1.3. La conductivité électrique

La conductivité d'une eau est un indicateur des changements de la composition en matériaux et leur concentration globale. Elle est proportionnelle à la qualité de sels ionisables dissous (**Nisbet et Verneau, 1970**). Elle renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles. Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels (**EL morhit, 2009**)

Rodier et al. (2009), signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-)...etc. Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (**Dib, 2009**).

Les valeurs de la conductivité fluctuent entre $14.62 \cdot 10^3 (\mu\text{s}/\text{cm})$ en mois de Novembre et $21.30 \cdot 10^3 (\mu\text{s}/\text{cm})$ en mois de Février (**Fig.17**).

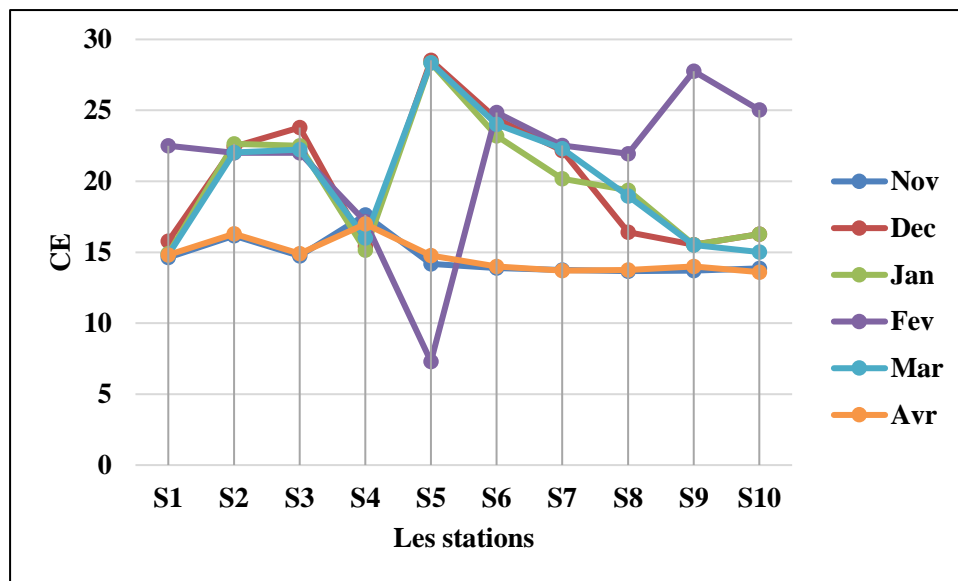


Figure17 : Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des eaux du lac Echat

Nous remarquons des différences variables entre les dix points en raison de la pollution et de la diversité des polluants. De plus, il y a une grande variation pour le lac de Tamassine, l'Oued Righ et le Chott El-Hloufa, tandis qu'il y a une certaine similitude avec le lac de Aiata.

1.4.Oxygène dissous (OD)

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de la qualité. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique (Ngaram, 2011). Il est un élément essentiel pour les êtres vivants aquatiques qui ne peuvent survivre à des taux inférieurs à 3 mg/l (Rodier, 2009).

Dans notre étude, les valeurs moyennes fluctuent entre (5.65 mg/l) en Mars et (10.40mg/l) en Février. De routes les valeurs obtenues, on note un maximum de concentration en oxygène (14.2 mg/l) dans la station (S2) et un minimum de (2.29 mg/l) dans la station (S7) (Fig.18 ;19).

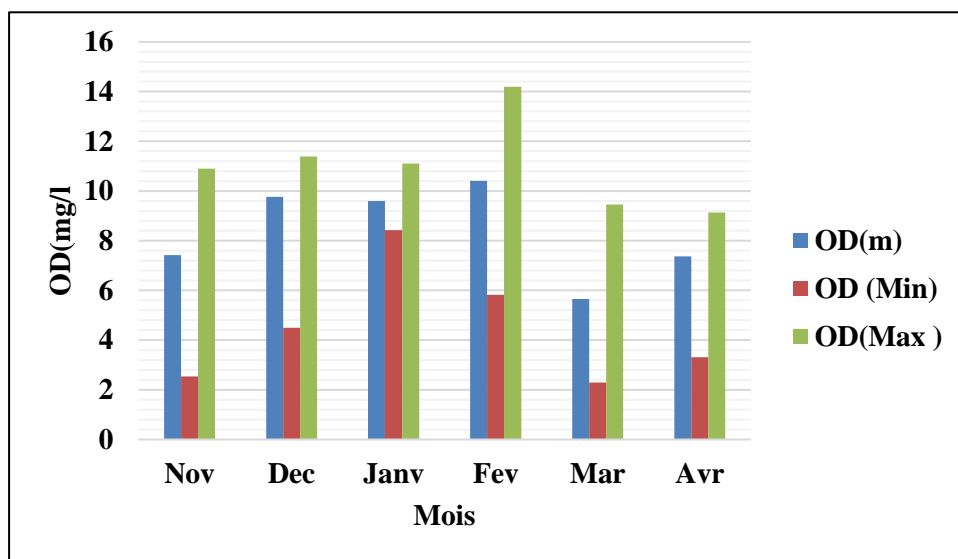


Figure 18: Variations Mensuelles de l'oxygène dissous des eaux du lac Echatt

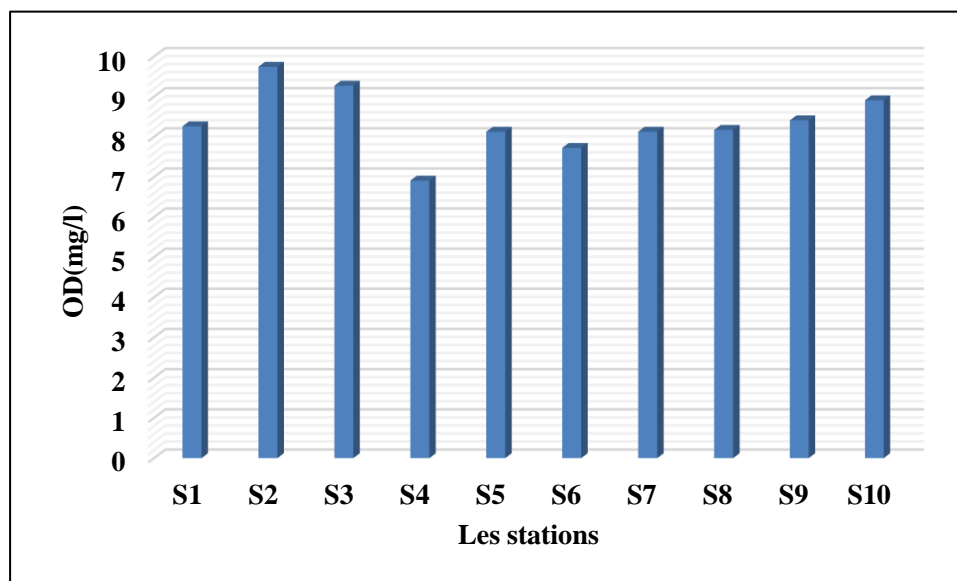


Figure19 : Variations Stationnaires de l'oxygène dissous des eaux du lac Echatt

Nous remarquons des différences variables entre les dix points en raison de la pollution et de la diversité des polluants. De plus, il y a une grande variation pour le lac de Tamassine, l'Oued Righ et le Chott El-Hloufa, tandis qu'il y a une certaine similitude avec le lac de Aïata.

1.5. Total de solides dissous (TDS):

TDS désigne total des solides dissous. Il représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques communs trouvés dans l'eau, incluant le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations ; et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions et de quelques matières organiques (Bendjama, 2014 ; Berghiche, 2015).

Au cours de la présente étude, il a présenté une moyenne 0.95mg/l pendant le mois de Janvier et 7.56 ; 7.40 mg/l en mois de Février et Avril (Fig.20). Les valeurs les plus élevées ont été relevées au niveau de la station (S6), 30.29 mg/L en mois d'avril et les plus faibles dans la station (S7), 0.26 mg/L en Janvier.

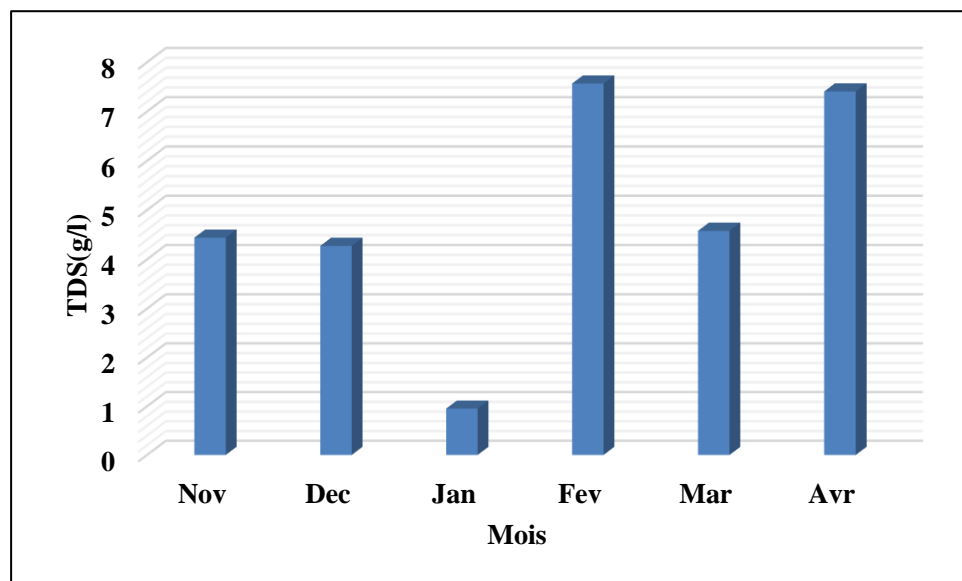


Figure 20: Variations Mensuelles de TDS des eaux du lac Ehatt

Les faibles valeurs ne peuvent s'expliquer que par la diminution de la capacité d'autoépuration des eaux superficielles de cette zone humide, et par la charge en matière biodégradable d'origine domestique rejetée dans le lac.

La matière organique est dégradée par les microorganismes qui consomment l'oxygène dissous dans les eaux du canal. Les faibles teneurs en oxygène dissous sont aussi dues à la salinité, à la petite profondeur et à la température élevée (**Bouchmel et Messaoudi, 2023**).

Bouchmel et Messaoudi (2023) ont trouvé que les valeurs de TDS obtenues sont supérieures de **300 mg/l**, donc les eaux superficielles du canal Oued Righ sont fortement chargées en TDS, une valeur maximale de **18050 mg/l** est enregistrée dans la station **S4** et une valeur minimale de **11110 mg/l** est enregistrée dans la station **S5**.

Nous remarquons des différences variables entre les dix points en raison de la pollution et de la diversité des polluants. De plus, il y a une grande variation pour le lac de Tamassine, l'Oued Righ et le Chott El-Haloufa, tandis qu'il y a une certaine similitude avec le lac de Aïata.

1.6. Matière en suspension (MES)

La teneur en MES exprimée en mg/L. elle est la teneur en matières fines minérales ou organiques insolubles dans l'eau, qui proviennent de rejets urbains, industriels et/ou agricoles ainsi que des phénomènes d'érosion des sols (en liaison avec les précipitations) (**Rodier et al, 2009**).

Les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale ce qui produit des carences en oxygène dissous, et l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies par les dépôts et l'envasement (**Rejsek, 2002**).

Le taux de MES dans lac Echatt varie entre 6,56 mg/L et 34,28 mg/L, ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables (**Fig.21**), avec une moyenne de 19,40 mg/L pendant la période de l'étude. Les valeurs obtenues sont nettement inférieures aux normes des rejets (ONA, 2013) (≤ 30 mg/L), et aux normes internationales (OMS) (< 35 mg/L).

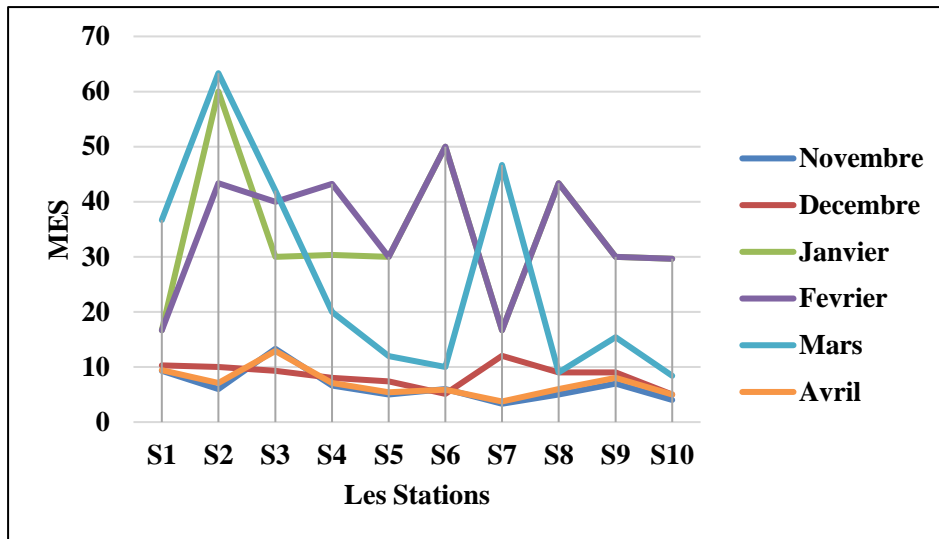


Figure21 : Variations spatio-temporelles de la MES des eaux superficielles du lac

Nous constatons une baisse significative des valeurs de MES par rapport aux lacs voisins tels que le lac d'Oued Righ et le lac de Aiata.

1.7. Salinité

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Elle mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau (Khedimallah, 2019).

Les mesures de la salinité de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 10,97 à 16,95 % ce qui montre le caractère de la salinité de l'eau. Elle varie d'un mois à un autre Elle présente des teneurs très basses en Novembre alors qu'en Février et mars ces valeurs sont élevées. La diminution totale du taux de salinité enregistrée en avril s'explique par les apports en eau douce des pluies qui diluent l'eau du lac. Et la faible évaporation de l'eau(Fig.22 ;23).

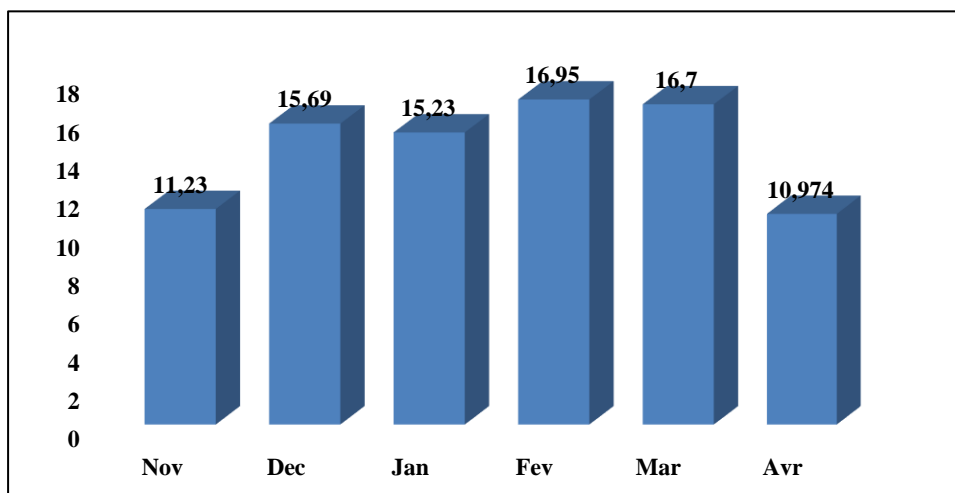


Figure22 : Variations Mensuelles de la salinité des eaux du lac Ehatt

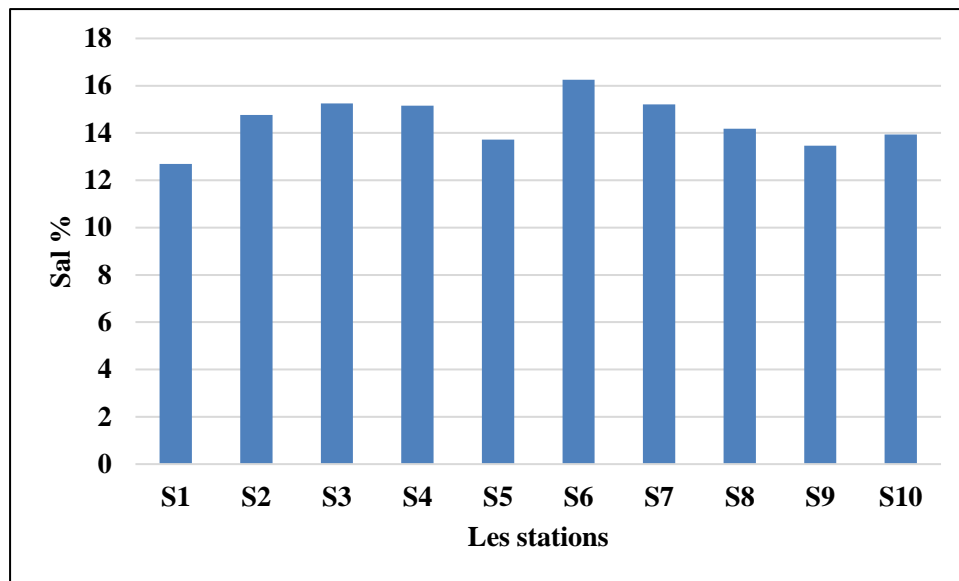


Figure23 : Variations stationnaires de la salinité des eaux du lac Echatt

Selon **Guendouz (2003)** et **Tabouche (2004)** la température élevée peut aussi provoquer l'augmentation du taux de salinité par l'évaporation des eaux et les ions qui contribuent à la salinité restent dans la masse d'eau en cas d'absence de précipitation ou d'autres apports d'eau, l'eau devient plus salée.

Cette différence est due à la variation de la température. Lorsqu'elle est élevée, le processus d'évaporation se produit, laissant ainsi des ions qui contribuent à la salinité du lac, ce qui entraîne une augmentation de la salinité de l'eau.

Et nous remarquons une similitude entre celles-ci et les résultats obtenus pour le lac de Aïata.

1.8. Demande biologique d'oxygène (DBO5) :

La DBO5 (demande biochimique en oxygène), c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes, à l'obscurité à 20 °C pendant 5 jours. Il permet l'évaluation des matières organiques biodégradables.

La montre les valeurs moyennes de la DBO₅ varient entre 7.31 mg/l pendant le mois de Mars et 31,21 mg/l en mois de Décembre

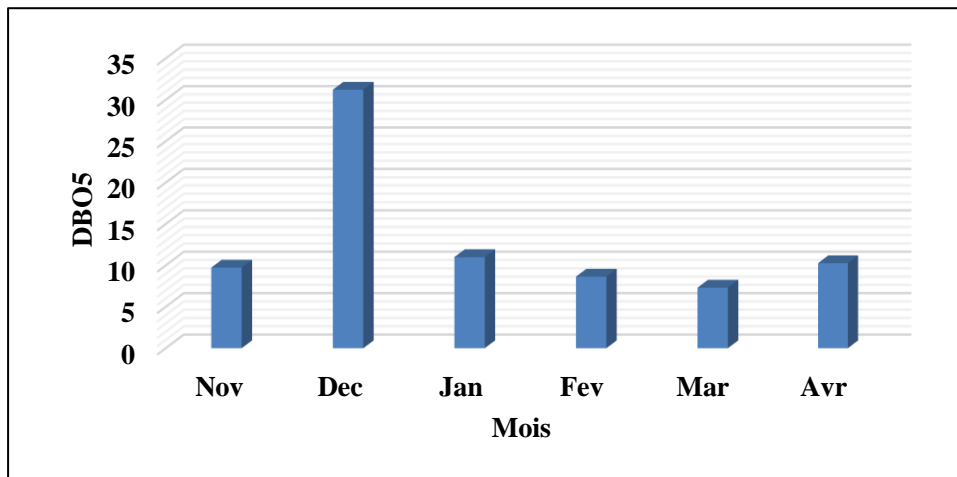


Figure 24 : Variations mensuelles du DBO₅ des eaux du lac Echatt

Il y a une grande différence entre celles-ci et les résultats pour le lac Marouane et le Chott El-Khrouf, ainsi que pour le lac de Aïata, et une certaine similitude avec le lac de Raghaya.

2. L'analyse faunistique :

Les résultats des abondances de chaque taxon de la région d'étude (Lac Echatt) sont présentés dans le **tableau 12** et les résultats de la richesse faunistique sont présentés dans la **(Fig.25)**.

2.1 Analyse globale de la structure des Macro invertébrés :

La structure des communautés est caractérisée par la distribution de la richesse et de la diversité taxonomique dans la zone d'étude. La présente étude faunistique a permis de recenser au cours durant les 6 mois de prélèvements un total de 1870 individus répartis en 3 embranchements et 4 classes ,11 groupes Zoologique ,19 familles (**Tab.12**).

Tableau 12 : Richesse taxonomique des macro invertébrés benthique du lac Echatt

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce
Arthropodes	Insectes	Tricoptères	<i>Leptoceridae</i>	<i>Leptocerus interruptus</i> . <i>oecetissp</i>
		Ephéméroptère	<i>Baetidae</i>	<i>Cloeondipterum</i>
		Diptères	<i>Athericidae</i>	<i>Atherixmarginata</i>
			<i>Sarcophagidae</i>	<i>Cyclorrhapha sp.</i>
			<i>Culicidae</i>	<i>Culisetabergrothi</i> <i>Culex theileri</i> <i>Culisetalongiareolata</i>
			<i>Tipulidae</i>	<i>Tipula spec</i>
		Phasmes	<i>Phasmidae</i>	<i>Ramulusaegyptiacus</i>
		Mantoptères	<i>Mantidae</i>	<i>Elaeamarchali</i> <i>Sphodromantisviridis</i>
		Coléoptères	<i>Tenebrionidae</i>	<i>Blapsmortisaga</i>
			<i>Hydrophilidae</i>	<i>Hydrobiusfuscipes</i> <i>Hydrophilusovatus</i>
			<i>Elmidae</i>	<i>Ancyronyxschillhammeri</i>
		Hémiptères	<i>Corixidae</i>	<i>Corixa punctata</i>
			<i>Nepidae</i>	<i>Ranatra linearis</i>

		Odonates	<i>Lestidae</i>	<i>Austrolestescingulatus</i>
	Crustacés	Amphipodes	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus sp</i>
Annélides	Clitellates	Arhynchobdelliformes	<i>Hirudinidae</i>	<i>Sangsuessp</i>
Mollusques	Gastropodes	Pulmonata	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Lymnaeastagnalis</i>
3	4	11	19	22

2.2 L’analyse quantitative et qualitative de la faune benthique :

Un pourcentage de 85 % de la faune totale appartient à la classe des insectes, ensuite la classe des Gastéropodes (6 %), après les Clitellates (5 %) et enfin les Crustacés (4 %) (Fig.25).

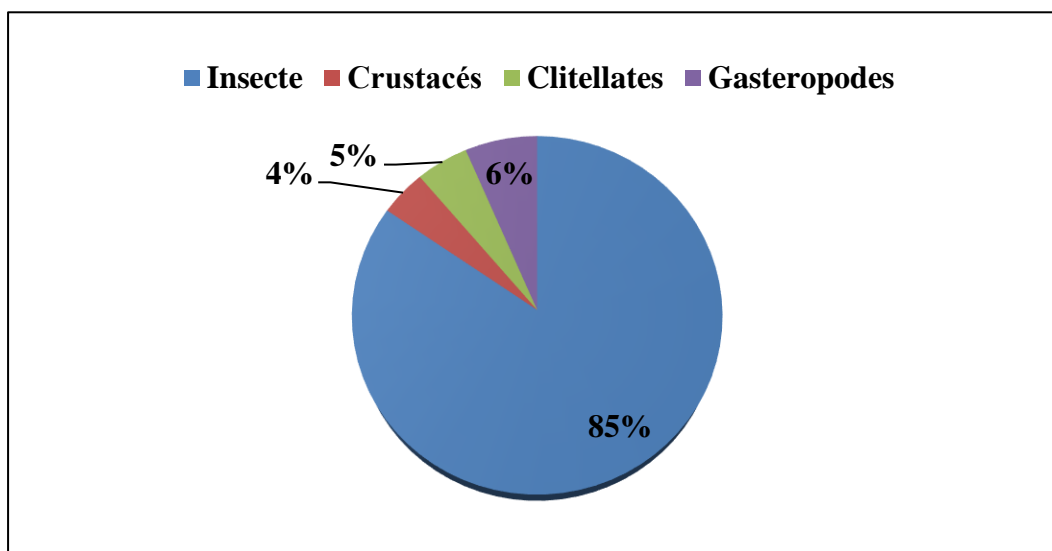


Figure 25 : Pourcentage de différents classes échantillonnés au niveau du lac Echatt

Les groupes les mieux représentés sont les **Diptères** (463 individus) ils comptent 4 familles .viennent ensuite les **Coléoptères** (401 individus) (3 famille), les **Hémiptères** (238individus) (2

famille), les **Ephéméroptères**(171individus) (1 famille), les **Pulmonata**(118individus) (1 famille) les **Odonates**(106individus) (1 famille) les **Phasmes** (95individus) (1 famille) les **Arhynchobdelliformes**(85individus) (1 famille) les **Mantoptères**(82individus) (1 famille) les **Amphipodes**(76 individus) (1 famille) les **Trichoptères** (35individus) (1famille)(**Fig.26**).

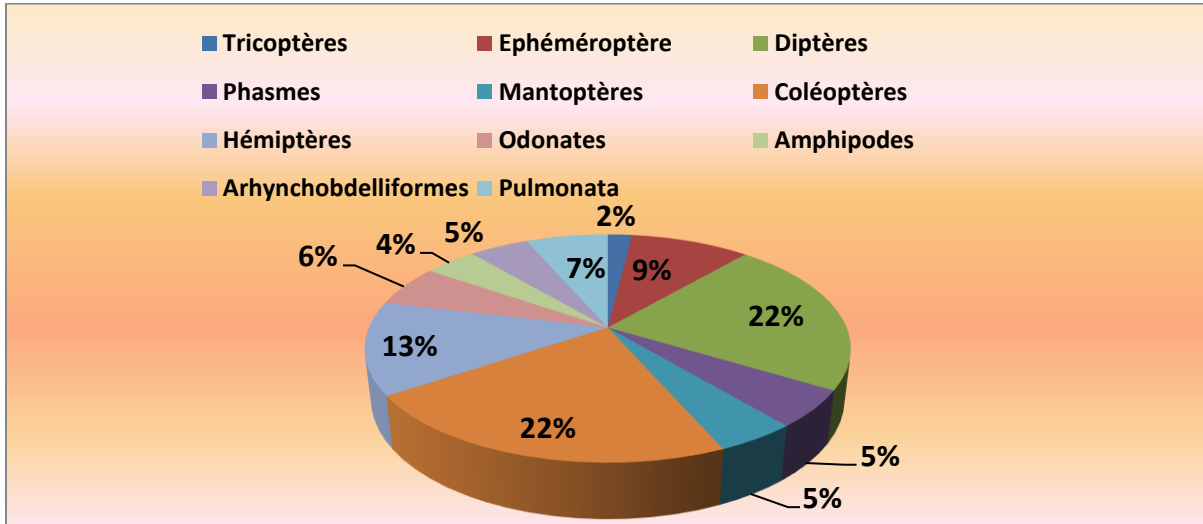


Figure 26 : Abondances relative des macroinvertébrés benthiques du lac Echatt.

3. Analyse temporelle :

Selon le **tableau 13** et la (**Fig.27**), le mois de Novembre est le plus dominant, avec 9 espèces et 507 individus. En deuxième position, on trouve le mois d'Avril, représenté par 8 espèces et 420 individus. La troisième position revient au mois de Mars, avec 329 individus. Le mois de Février occupe la quatrième place, comptant 232 individus. En cinquième position, le mois de Janvier est représenté par 4 espèces et 196 individus. Enfin, le mois de Décembre se classe en sixième position, avec 3 espèces et 186 individus.

Tableau 13 : Répartition des espèces recensées au cours de période d'étude

(Novembre 2023 - Avril 2024)

	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Les espèces	<i>Leptocerus interruptus.</i>	<i>Cloeondipterum</i>	<i>Elaeamarchali</i>	<i>oecetissp</i>	<i>Culisetalongi areolata</i>	<i>Lymnaeastagnalis</i>
	<i>Cyclorhapha sp.</i>	<i>Cloeondipterum</i>	<i>Blaps mortisaga</i>	<i>Culisetalongi areolata</i>	<i>Culisetalongi areolata</i>	<i>Ranatra linearis</i>
	<i>Culisetalongi areolata</i>	<i>Atherixmarginata</i>	<i>Hydrobiusfus cipes</i>	<i>Lymnaeastagnalis</i>	<i>oecetissp</i>	<i>Hydrophilus ovatus</i>
	<i>Culex theileri</i>	<i>Culisetalongi areolata</i>	<i>Ancyronyxschillhammeri</i>	<i>Sangsues sp</i>	<i>Atherixmarginata</i>	<i>Ramulusaegyptiacus</i>
	<i>Tipulaspec</i>			<i>Austrolestes cingulatus</i>	<i>Gammarus sp</i>	<i>Culisetalongi areolata</i>
	<i>Sphodromantis viridis</i>				<i>Austrolestes cingulatus</i>	<i>Culex theileri</i>
	<i>Ancyronyxschillhammeri</i>					<i>oecetissp</i>
	<i>Corixapunctata</i>					<i>Cloeondipterum</i>
	<i>Gammarus sp</i>					
Nbr	507	186	196	232	329	420

On peut résumer ce tableau en deux Histogrammes, le premier représente la répartition temporelle du nombre d'espèces, tandis que le deuxième Histogramme représente la répartition temporelle du nombre d'individus au cours de la période d'étude(Fig.27).

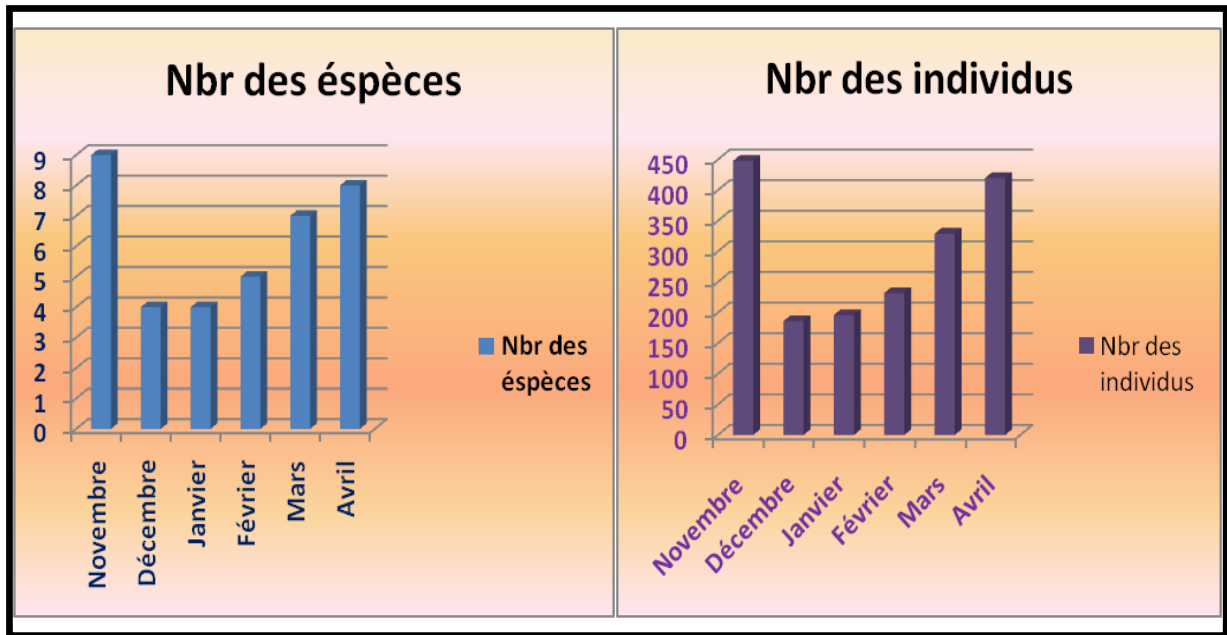


Figure 27 :Répartition des macro invertébrés benthiques recensées au cours de la période d'étude (Novembre 2023 – Avril 2024) du lac Echatt

4.La répartition spatial des macro invertébrés dans les 10 stations du lac Echatt :

Tableau 14 :Répartition des espèces recensées au cours de période d'étude (Novembre 2023 - Avril 2024) au niveau des 10 stations

	S 1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Nbr d'espèces	21	20	18	18	15	19	15	14	12	14
Nbr d'individu	507	329	196	115	117	195	120	104	89	98

L'analyse du **tableau 14**, montre que l'effectif le plus élevé des macro invertébrés benthiques du Lac Echatt est enregistrée dans la station 1, avec une abondance de 507 individus. En seconde position se trouve dans la station 2 avec une abondance de 329 individus, en troisième position dans la station3 avec l'abondance de 196 individus, ensuite on trouve la station 6 avec 195 individus, après la station 7 avec 120 individus, station 5 avec 117 individus , station 4 avec 115 individus , station 8 avec 104 individus, ensuite on trouve la station 10 avec 98 individus, et enfin la station 9 avec 89 individus(**Fig.28**).

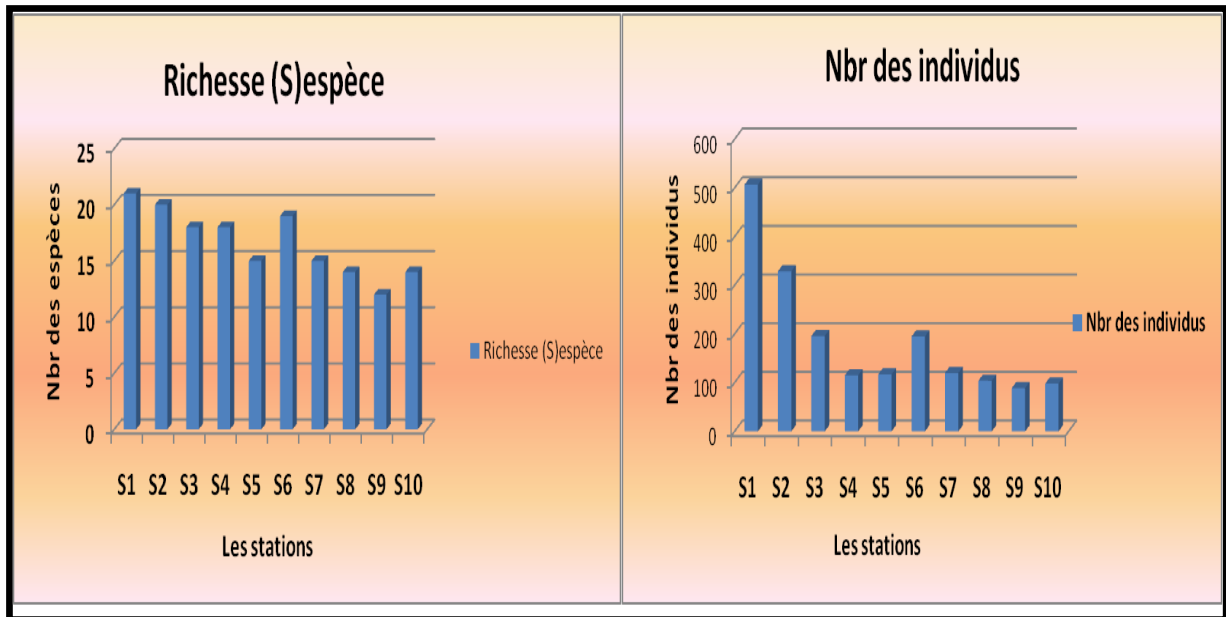


Figure 28 : Répartition des macro invertébrés benthiques recensées au cours de la période d'étude (Novembre 2023 – Avril 2024) au niveau des 10 stations

4 . Les indices de diversité

4 . 1. Richesse taxonomique

Les échantillonnages effectués au niveau des dix stations au cours de la période entre le mois de Novembre 2023 et Avril 2024, nous ont permis de recenser 1870 individus appartenant à 22 taxons très élevés par rapport lac tonga car les échantillonnages effectués au niveau des sept stations au cours de la période de mars 2017 à février 2018, ont permis de recenser 1733 individus appartenant à 51 taxons (Soumia , 2020). La lecture de la (Fig.29), relatif à la richesse taxonomique montre des fluctuations au long des stations étudiées.

Le nombre des taxons varié d'une station à une autre, il fluctue entre un minimum de taxons récoltés à la station (10) 06 d'ordre et un maximum de 11 ordres récoltés à la station (01).

Tous les macro-invertébrés collectés sont identifiés au niveau taxonomique le plus bas possible. Les macro-invertébrés benthiques de la station 01 constitués de 21 taxons (espèces), 19 familles, 11 ordres, alors que 20 taxons (Espèces), 18 familles 10 ordres ont été enregistrés à la station 02.

La station 03 était représentée par 18 taxons (espèces), 16 familles et 09 ordres, 16 familles, 10 ordres et 18 taxons (espèces) ont été trouvés à la station 04. Alors que la station 05 était composée de 15 taxons (espèces), 13 familles et 07 ordres. Les macro-invertébrés benthiques

enregistrés à la station 06 étaient représentés par 19 taxons (espèces), 17 familles et 09 ordres, 15 taxons (Espèces), 13 familles 8 ordres ont été enregistrés à la station 07. La station 08 était représentée par 14 taxons (espèces), 13 familles et 10 ordres, 12 familles, 8 ordres et 12 taxons (espèces) ont été trouvés à la station 09. Alors que la station 10 était composée de 14 taxons (espèces), 13 familles et 06 ordres

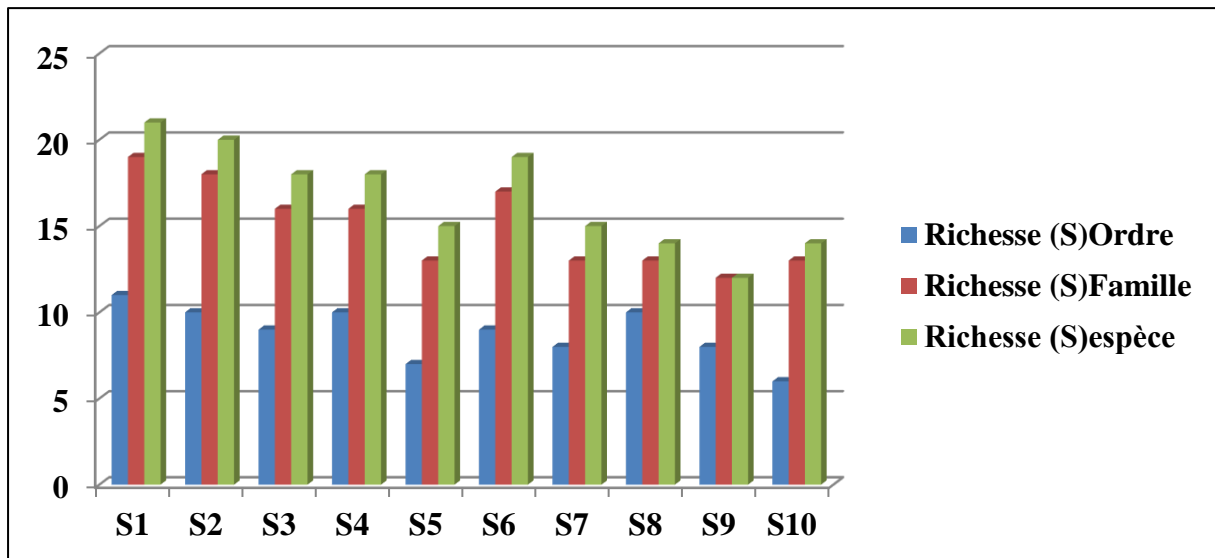


Figure 29 : Richesse taxonomique des différentes stations étudiées

4.2. Abondance

Un total de 1870 individus a été capturé au niveau du lac Echatt appartenant à 22 taxons (espèce), 19 familles, 11 ordres et 4 classes. Ils variaient entre 507 individus au niveau de la station 01, 329 individus au niveau la station 02. La station 03 compte 196 individus et 195 individus pour la station 06. Pour les stations restantes c'est-à dire les stations, 07 et 05 et 04 et 08 ,10,09, il y a été trouvé respectivement 120,117,115,104,98 et 89 individus.

Les figures illustrent une représentation de la distribution des macro-invertébrés en fonction des stations. Le premier montre l'abondance par ordre et par station (**Fig.30**), alors que le second présente la proportion de ces ordres (**Fig.31**).

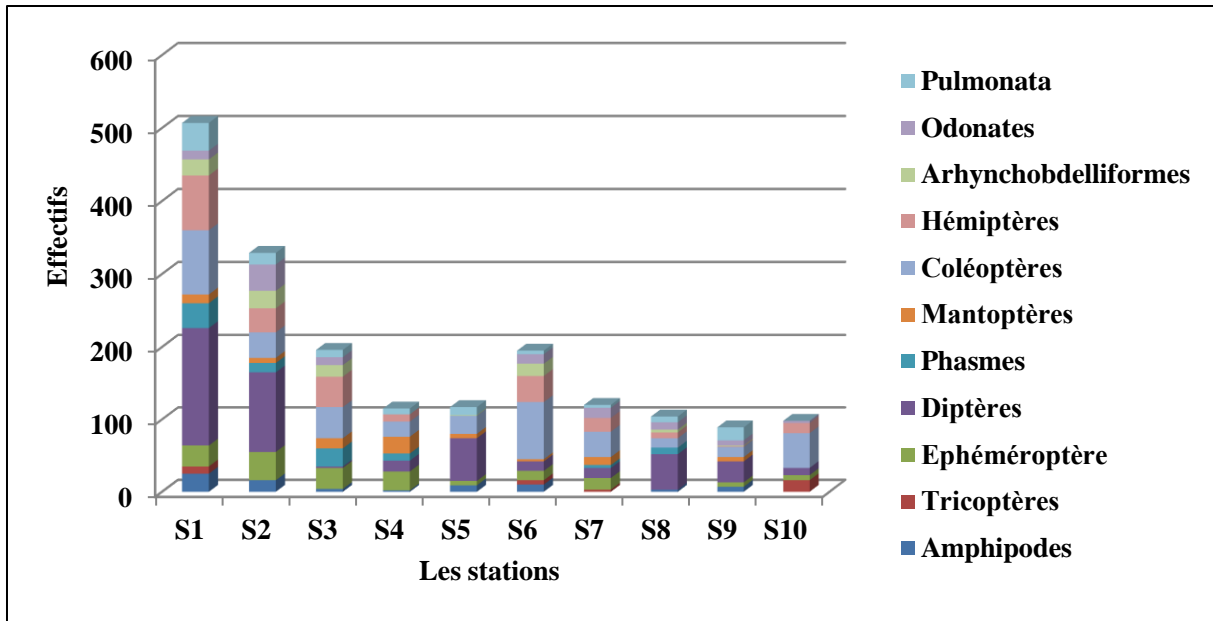


Figure 30: La distribution d'abondance par ordre de la faune benthique au niveau des 10 stations.

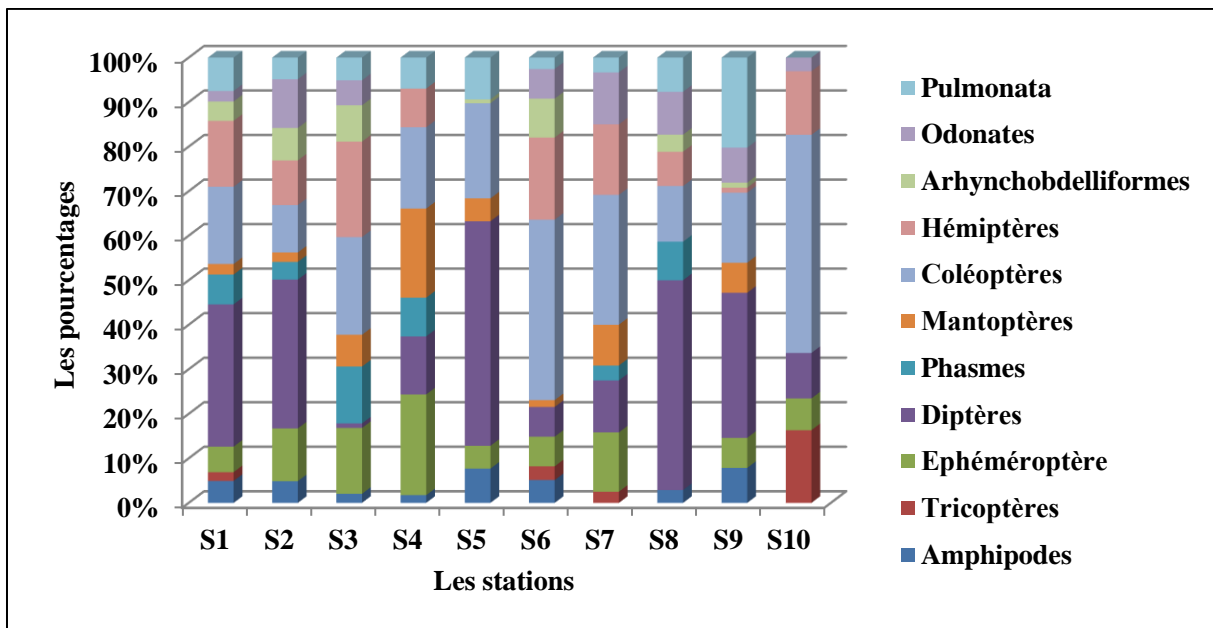


Figure 31 : La proportion de chaque ordre au niveau des 10 stations.

Il existe une différence dans la répartition de l'abondance de la faune benthique entre les stations étudiées. On observe une augmentation du nombre d'individus à la station 01, suivie par la station 02, comparativement aux autres stations.

La diminution du nombre de taxons peut soulever plusieurs hypothèses, telles que des problèmes de prélèvement, la saison d'échantillonnage, les conditions physico-chimiques ou les activités anthropiques.

Le second diagramme relevé une distribution hétérogène des taxons sur la plupart des stations. On remarque une dominance taxonomique marquée par les Diptères, et les Coléoptères

4.3.L'indice de diversité de Shannon et Weaver (H')

Le graphique établit de l'indice de Shannon nous expose des variations plus ou moins similaires (Fig.32). Les valeurs les plus élevées étant observés pendant le mois de Novembre 2024, la valeur maximale de l'indice est de 3,04 bits correspondants à une richesse spécifique de 09 espèces pour un effectif assez important de 505 individus.

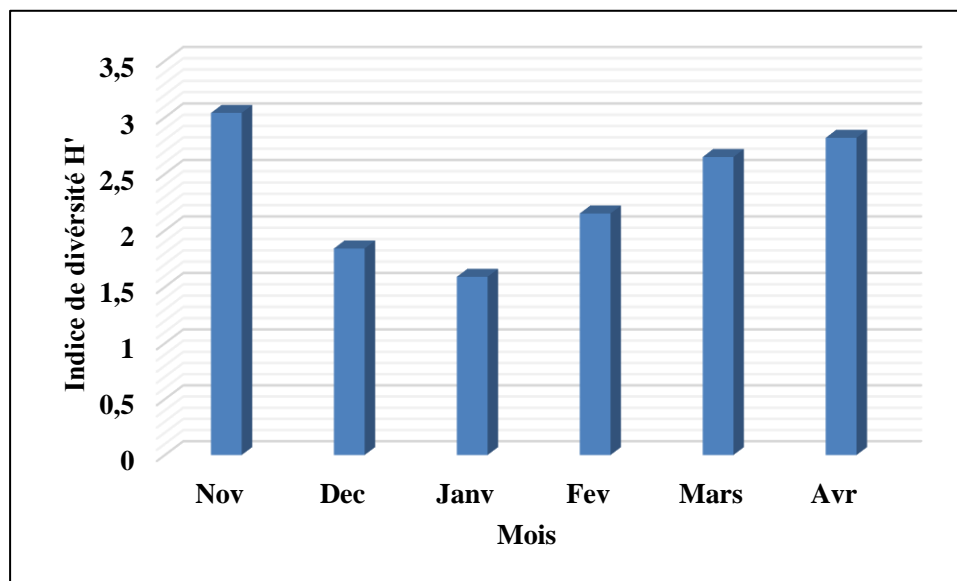


Figure.32 : Variation temporelle de l'Indice de diversité de Shannon et Weaver du peuplement des macro invertébrés du lac Echatt

4.4.L'indice d'équitabilité (E)

L'analyse de l'équité permet de mesurer le degré d'équilibre entre la population d'un pays et Le point de vue de la distribution de l'abondance.

L'indice de justice varie de mois en mois, ces variations plus ou moins similaires et selon le nombre de chaque type. Il connaît des valeurs extrêmes (supérieurs à 0,5 sec). Cela indique un équilibre entre La richesse de ce milieu et la taille de la population. Des valeurs maximales ont été observées à en mois de Novembre et Avril avec respectivement (0,95 ; 0,94) et le minimum (0,79) enregistré au cours du mois de Janvier 2024 (Fig.33).

Ces résultats sont similaires avec Lac Tonga ainsi qu'ils varient entre un maximum enregistrées dans ce Lac $H' = 2,69$; $E = 0,79$ (Soumia , 2020)

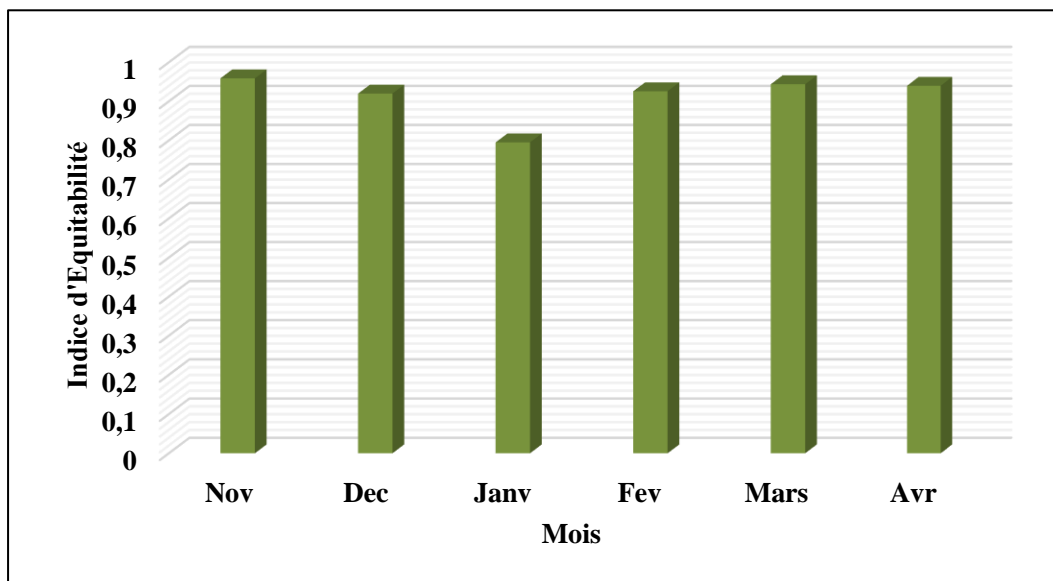


Figure 33 : Variation temporelle de l'Indice d'équitabilité du peuplement des macroinvertébrés du lac Echatt

5. Les macro-invertébrés en relation avec les facteurs environnementaux :

L'environnement fluctue tant dans le temps que dans l'espace, et même la faune vivant dans les cours d'eau varie spatialement (**Pennak, 1988**) et temporellement (**Robertson, 2000**). Les espèces choisissent des habitats qui maximisent leurs chances de survie et de reproduction.

Un des principaux objectifs de l'écologie aquatique est de déterminer la distribution et l'abondance des invertébrés benthiques, ainsi que les facteurs qui influencent le choix de leur habitat (**Rae, 2013**). Comprendre ces facteurs est crucial pour l'écologie des communautés et la biologie de la conservation (**Schoener, 1974 ; Pulliam et Danielson, 1991; Johnson et al., 2004**). Les conditions abiotiques sont les principaux facteurs influençant la distribution spatiale des espèces dans un habitat.

La majorité des familles sont ubiquistes dans leur répartition et peu exigeantes quant à la qualité du milieu. La chimie de l'eau des cours d'eau dépend des caractéristiques physiques et chimiques des eaux (**Bishop, 1973**).

Ainsi, la composition chimique de l'eau du lac Chatt est favorable à la survie des macro invertébrés.

6.la relation entre les paramètres physico-chimiques et la distribution des macro invertébrés :

Les paramètres physico-chimiques de l'environnement jouent un rôle crucial dans la distribution des macro-invertébrés aquatiques. Voici quelques exemples de relations typiques :

Température : Influence la physiologie des macro-invertébrés, leur taux métabolique, et donc leur distribution dans différentes zones thermiques des écosystèmes aquatiques.

Oxygène dissous : Vital pour la respiration des macro-invertébrés aquatiques. Les espèces peuvent être sensibles à la concentration d'oxygène et peuvent se concentrer dans des zones où l'oxygène est abondant.

pH : Influence la disponibilité des nutriments et des toxines. Certains macro-invertébrés sont adaptés à des pH spécifiques et peuvent être limités par des conditions extrêmes.

Conductivité électrique : Indique la concentration d'ions dissous, affectant la composition ionique de l'eau, ce qui peut influencer la distribution des espèces selon leur tolérance aux différents ions.

Salinité : La concentration en sel dans l'eau influence fortement les macro-invertébrés. Certains organismes, comme les mollusques et certains crustacés, sont adaptés à des environnements plus salés (halophiles), tandis que d'autres sont strictement d'eau douce (sténohalins). La salinité peut donc limiter la répartition des espèces selon leur tolérance à ces conditions.

***DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours) *** : La DBO5 mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer la matière organique biodégradable dans l'eau. Une DBO₅ élevée peut indiquer une dégradation de la qualité de l'eau due à une pollution organique, ce qui peut affecter négativement les populations de macro-invertébrés sensibles à de faibles concentrations d'oxygène ou à des conditions de qualité d'eau médiocre.

***TDS (Total Solides Dissous) *** : Les TDS représentent la quantité totale de matières dissoutes dans l'eau, y compris des minéraux, des sels et des métaux. Les macro-invertébrés peuvent être affectés par la composition chimique de ces solides dissous, influençant leur survie et leur reproduction.

***MES (Matières en Suspension) *** : Les MES comprennent des particules solides en suspension dans l'eau, telles que des sédiments, des matières organiques et des minéraux. Une concentration élevée de MES peut affecter la visibilité et la disponibilité des habitats, ainsi que la qualité de l'eau, ce qui peut influencer la distribution des macro-invertébrés en modifiant leur habitat et leur source de nourriture.

En résumé, la distribution des macro-invertébrés aquatiques est intimement liée à la variabilité de ces paramètres physico-chimiques dans leur environnement. Les espèces peuvent être adaptées à des conditions spécifiques et leur présence peut servir d'indicateur de la qualité de l'eau et de la santé globale des écosystèmes aquatiques.

Conclusion

Conclusion :

Le Lac Echatt qui présent dans la région d'Oued Souf est un écosystème abritant de nombreux êtres vivants. Au cours de notre étude menée sur une période de six mois (Novembre 2023-Avril 2024), nous avons pu établir un diagnostic de ce lac. Cette zone se distingue par des variabilités biotiques et abiotiques remarquables, nous permettant de tirer les conclusions suivantes :

- Les eaux du Lac Echatt présentent des températures moyennes enregistrées variant entre 16,85°C et 18,42°C. Le pH de cette zone humide est relativement neutre à alcalin dans toutes les stations, avec des valeurs similaires à celles rapportées par le Journal Algérien des Régions Arides.
- Les valeurs élevées de conductivité des échantillons mesurés durant la période d'étude montrent une moyenne stationnaire de 20,72 mS/cm à la station S6. Les teneurs maximales en oxygène dissous atteignent 9,84 mg/l à la station S2, Ces observations indiquent une conductivité électrique élevée due à la charge en minéraux, principalement attribuables aux activités humaines, telles que le rejet des eaux usées de drainage et d'assainissement, révélant un taux élevé de pollution dans cette zone humide.
- La salinité a varié entre 10,97 % et 16,95 %, les valeurs les plus élevées étant observées à le mois de Février avec
- La montre les valeurs moyennes de la DBO₅ varient entre 7.31 mg/l pendant le mois de Mars et 31,21 mg/l en mois de Décembre
- Le taux de MES dans lac Echatt varie ente 6,56 mg/L et 34,28 mg/L
- Les valeurs les plus élevées ont été relevées au niveau de la station (S6), 30.29 mg/L en mois d'avril et les plus faibles dans la station (S7), 0.26 mg/L en Janvier.
- Le suivi de macro invertébrés aquatique durant la période d'étude a permis d'identifier 22 espèces appartenant à 19 familles et 11 Ordres. La famille de Culicidae est la mieux représentée avec 3 espèces.

Le Lac Chott souffre de nombreux problèmes similaires à ceux observés dans d'autres zones :

- Montée des eaux

- Pollution
- Propagation d'odeurs désagréables
- Prolifération d'insectes nuisibles tels que les moustiques
- Invasion d'animaux errants
- Zones de promiscuité et de trafic de drogues
- la présence de maladies respiratoires et de maladies transmises par les insectes.

Lac Chott représente une zone d'importance majeure, comme le soulignent les hydrauliciens et hydrogéologues.

Actuellement, le lac est en voie de dégradation en raison de divers phénomènes. La protection durable de cette zone nécessite :

- La plantation d'eucalyptus, connus pour leur capacité à absorber l'eau, afin de réduire la montée des eaux.
- La lutte contre toutes formes de pollution et la sanction des actes de pollution.



Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Ababsa L., Souttou K., Sekour M., Beddada A., Guezzoul O. et Doumandji S., 2011- Ecologie trophique du Cratérope fauve *Turdoides fulvus* (Desfontaines, 1787) dans deux régions du Sahara Septentrional en Algérie. *Lebanese Science Journal*, 12 (2): 3-9. 639p

Ababsa, L., Sekour, M. K., Souttou, O., Guezzoul, A., Eddoud, R., Juliard, S., Doumandji., 2016. Nidification de la pie-grièche méridionale *La niusmeridionaliselegans* dans deux types de biotopes du Sahara septentrional algérien. *Alauda* 84 (3), 2016 :177-186p

Ababsa, L., Sekour, M., Souttou, K., Allal, A., Doumandji, S., 2011. Quelques paramètres de la reproduction du cratérope fauve *Turdoidesfulvus* (des fontaines, 1789) dans la région du Souf. *Revue des Bio-ressources*, vol. 1(1) : 20-25

Ababsa, L., Sekour, M., Souttou, K., Guezzoul, O., Doumandji, S., 2013. Quelques Aspects sur l'Avifaune dans Deux Palmeraies du Sahara Septentrional (Algérie). *Algerian journal of arid environment* 3(1): 59-67p

Afnor, 1992. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Association française de normalisation : NF T 90-350.

Alia Z., Sekour, M., Ouled El Hadj, M. D., 2013. Comparaison entre la méthode des piégeages et la méthode d'analyse des pelotes de rejection. Journée d'étude sur la Références Bibliographique 57 protection des végétaux, 15 avril 2013, Dép. Agr., Club de l'environnement et de l'agronomie saharienne, Univ. Ouargla

Alia, Z., 2018. Importance des rongeurs dans la région du Souf. Thèsedoctorat en Sciences Agronomiques, Université Ouargla, 167 P

Alia, Z., Brahmi, K., Ferdjani B., Ouled EL Hadj , M. D., Doumandji, S., 2011. Inventaire de l'entomofaune dans la région d'oued Souf (cas de Ghamra et Dabadibe) avec l'utilisation de trois méthodes d'échantillonnages (pots Barber, filet fauchoir et quadrats), 2eme journée d'Entomologie, 19 avril 2011, Dép. zool. agri. for., Inst. Nati. Agro., El Harrach, Alger : 178-179p.



Alia, Z., Khechekhouche, E., Brahmi, K., Ferdjani, B., Doumandji, S., 2013. Diversité de l'entomo faune dans la région du Souf (cas de Ghamra et Dabadibe), journée d'étude de l'agriculture saharienne, 14 mars 2013, Fac. sci. nat. vie., Univ. ElOued.

Alia, Z., Sekour, M., Ouled El Hadj M. D., 2012. Importance des rongeurs dans le menu trophique de *Tyto alba* (Scopoli, 1759) dans la région du Souf (Algérie). *Revue des BioRessources*, vol 2 (2) : 37 – 47.

Allan, J.D. 1995. *Stream Ecology – Structure and function of running waters*. 1st edition Chapman and Hall.388 p.

ANRH,2009. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Direction Régionale Sud

Aouimer, S., Guezoul, O., Ababsa, L., Sekour , M., 2017. Aperçu sur la faune arthropodologique du Souf (Sahara septentrional - est, Algérie) ; *Revue des Bio Ressources*, vol 7 N° 1 : 1-15

Arrigon J. 1991 : Aménagement piscicole des eaux douces, 7ème édition Lavoisier. Paris,

B

Baaziz, Mayache , Saheb , Bensaci , Ounissi , Metallaoui & Houhamdi (2011).- Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux d'eau dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, section Sciences de la Vie, 2011, n°33 (2), p. 77-87.

Barbier E , Acreman M , Knowler D. 1997 , Evaluation économique des zones humides guide à l'usage des décideurs et planification, Bureau de la convention de Ramsar, Gland Suisse, 143p

Barkat K ; 2016: Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun) ; Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master p36

Belghiti, M.L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., El moustaine, R., 2013) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plioquaternaire dans la région de Meknés, Maroc, Larhyss. *Journal.14* ,21-36. Béni Haroun. Mémoire de Magister en Écologie. Université Mentouri, Constantine.132P.



Belhafiane M. 2016. Impact de la pollution marine par quelques métaux lourds (Cu, Zn, Cd) au niveau de la station de Maset Ben M' hidi chez un Echinoderme (*Paracentrotus lividus*), Université De Tlemcen.83 p

Bellatrech M., 2007. Liste des principales espèces d'oiseaux d'eau fréquentant les zones humides algériennes. 12p.

Ben Abdarazek. A, 2010. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac Témacine, Méggarine et Ayata et inventaire des espèces piscicoles de ces lacs. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université d'Ouargla.

Ben Slima S , Ben Nouar D 2020 . Analyse physico-chimiques et biologique (cas de macroinvertébrés)dans la source de milok (Laghouat)

Ben Youcef R, Bousbia Belkacem K, D, Okbi G, 2022 . Contribution à l'étude de quelques paramètres du sol et d'eau du lac Ayata (Région d'oued Righ). Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master76 p

Bendjama, A. 2014. Variation de la qualité des eaux et son impact sur le sol des zones humides du PNEK. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba, 238 p.

Bensaïah N. 1998 . Aspects socio- économiques des zones humides méditerranéennes. Ed. Pictura. Impress, Tunisie, 167p

Benkaddour S., 2010. Approche écologique des zones humides et des oiseaux d'eau de la région d'El-Oued. Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie. Ecole supérieure El-Harrach. 62 p.

Benkaddour, B. 2018. Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan via Domitia, et Université de Mostaganem. 192 p.

Bentata I. 2015. Evaluation de la contamination par trois métaux traces(Cd ,Ni ,Zn) du rouget du vase *Mullus barbatus* (L,1758) pêcher au niveau de la cote occidentale algérienne. Université d'Oran. 122 p

Bentekhici N et Zebbar Z . 2008 : Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Oued EL Maleh, Nord-Ouest d'Algérie).. 147p



Berghiche, A. 2015. Contribution à la caractérisation de la pollution au plomb dans le Lac Oubeira Nord-est algérien. Thèse de Magister, Université d'El Tarf. 158 p.

Berra, S., Elorza-Ricart, J. M., Estrada, M. D., & Sánchez, E. 2008. Instrumento para la lectura crítica y la evaluación de estudios epidemiológicos transversales [An instrument for critical reading and evaluation of cross-sectional epidemiological studies]. Gaceta Sanitaria, 22(5), 492- 497

Berthelin J et Girard M , Michal C , Morel- Jean L , Remy J , WALTER CH. 2011. Sols et environnement. 2éme édition, Paris, 365 p

Bidois J., 1999. mémoire de Magister Aménagement des zones humides Ripariennes pour la reconquête de la qualité de l'eau, expérimentation et modélisation, Thèse de doctorat, Université de Rennes1, 221p.

Boissoneaut ; Y; 2006 : Le suivi écologique des rivières au Québec; comparaison des bioindicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques) mémoire de master l'université du Québec 137p

Bontoux M., 1983 : Introduction à l'étude des eaux douces , eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Cebedoc . édition. Lavoisier, 7p.

Boonet B, Aulong S, Goyet S, Lutz M et Mathevet R, 2005. Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes , concepts, enseignements et démarches pour intégrer la conservation aux dynamiques des territoires . Tour du valat . n°13, 158p

Borrer, D.J et White,R.E.1999: le guide des insectes du québec et de l'Amérique du Nord, les guides Peterson, Québec, Canada. Boulton,A.J, Findlay, s, Marmonier, P, Stanley E.H et Valett, H.M,2008: the functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. Annual Review of Ecology and Systematics, (1998), 29, 59-81.

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, 1 (2) : 55-65.

Bouati B et Boualleg S . 2019. Les macro invertébrés benthiques bioindicateurs de la qualité écologique des milieux lotiques . cas d'Oued Bouhamdane et affluents Nord- Est d'Algérie 100 P



Bouchelegem S 2014 suivi de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau du Lac Temacine (Region de Touggourt), Tarik Hafi Université d'El Tarf;13 p

Boukhezna, B. 2007. Contribution à l'étude de l'oléiculture dans les zones arides : Cas de l'exploitation de Dhaouia (Wilaya d'El-Oued). Université Kasdi Merbah: Ouargla. 16p..

Bremond R., Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.54p

C

Camara, A, Diomande,I, D. et Gourene G, 2014: Impact des eaux usées et de ruissèlement sur la biodiversité des macroinvertébrés de la rivière Banco (Parc Diversité des macroinvertébrés au sud-ouest du Gabon 119 National du Banco, Côte d'Ivoire). Revue du CAMES, 2, 58-68.

Charpin.D, J.-C. Pairon, I. Annesi-Maesano, D. Caillaud, F. de Blay, G. Dixsaut, B. Housset, J.-C. Meurice, I. Roussel, D. Zmirou, P. Delaval, J.-C. Dalphin 2016. La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Document d'experts 56 du groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) de la Société de pneumologie de langue française (SPLF), Revue des Maladies Respiratoires 33 p .

Chenaifia D . 2012 . Effets de l'extraction des granulats sur la nappe Alluviale d'Oued El-Harrach (Mitidja amont)-Wilaya de Blida 90 p .

Chenchounih.,2012.Diversité Floristique d'un lac de Bas Sahara Algérien.Act a Botanica Malacitana37: 33-34.

Chilasse L., Dakki M., ET Abbassi M., 2001. Valeurs et fonctions écologiques des zones humides du Moyen Atlas (Maroc). Sedepara el Estudio de los HumedalesMediterráneos. vol. 17. no 1. 139-146 p.

Cote M.,2006 Si le Souf m'était conté, comment se fait et se défait un paysage .Ed. Média Plus, Constantine, 136 p.

D

Dajozr.,1985-Précisd'écologie.Éd. Dunod,Paris.505p



DGF., 2004. Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. 4e Edition, Ed. direction Générale des Forets. Alger. 107p

DGF., 2007. Zones humides en Algérie. Doc. Poly. D.G.F.15p.

E

El Agbani M.A., Dakki M. & Bournaud M., 1992. Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) Les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. *Bulletin d'Écologie*, **23**, 103-113.

El Morhit, M. 2009. Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos).Thèse de Doctorat. Université Mohammed V. Maroc.

Elisabeth, S. 2014. Traitement de la pollution des eaux pluviales et protection des milieux aquatiques sur le territoire du Grand Lyon : guide méthodologie. Métropole de Lyon. 55P.

Emberger L., 1955 – Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav.Lab.Bot., Géo. et Zool. Fac. Sc., Montpellier, 7 :3 – 43.

Ezzaouaq M. 1991. Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Bouregreg (Maroc) soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. 140 p.

F

Fall, C. 2007. Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye. Dakar, Sénégal: Université Cheikh Anta Diop Dakar, département de Géographie.107p.

Forcellini M., Mathieu C, et Merigoux S., 2011. Atlas des macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la réunion. Office de l'eau de la réunion .Université de Larbi Tébessi Tébessa 45 p .

Fustec E et Lefeuvre J. 2000 . Fonction et valeurs des zones humides ; Paris, Dunod édit, 426p.

G

Gaujous, D. 1995. La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire, 2ème édition. Ed. TEC et DOC. Lavoisier. France. 229 p.



Grasse J.-P. et Doumenc D. 1998. Zoologie. Invertébrés. Edition Masson.Paris. 296 p.

Grassé P.P., Poisson R.A. et Tuzet O., 1970. Zoologie i, invertébrés. précis de sciences biologiques. ed. masson et cie.paris. 935p.

Guendouz A. 2003 – Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara, Hydrogeology Journal (2003). Algeria.

Guezoul, O., Chenchouni, H., Sekour, M., Ababsa, L., Souttou, K. et Doumandji, S., 2013.- An avifaunal survey of mesic manmade ecosystems “Oases” in Algerian hot-hyperarid lands. Saudi Journal of Biological Sciences (2013) 20, 37–43

H

Hamdi, S. 2011. Rythme alimentaire, embonpoint et parasitisme à *Anguillicola crassus* (Kuwahara, Niimi et Itagaki, 1974) chez l’anguille européenne *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) dans la lagune Mellah. Thèse Magister. Univ. Annaba : 89p

Hamed. M, Guettache A et Bouamer L . 2012, Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l’eau du barrage Djorf- Torba Bechar. Université de Bechar. 98 p.

Hammouda N. 2013. Contribution à l’étude de l’effet de l’action anthropique 71 p .

Haouchine S. 2011. Recherches sur la faunistique et l’écologie des macroinvertébrés des cours d’eau de kabylie. Thèse de magister. Université mouloud mammeri de tizi-ouzou. Université de Larbi Tébessi –Tébessa .116p..

Hebert S., Legre, S. 2000. Suivi de la qualité de l’eau des rivières et petits cours d’eau. Direction du suivi de l’état de l’environnement, Ministère de l’Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.

Himmi N., Fekhaoui M., Foutlane A., Bourchic H., El Mmaroufy M., Benazzout T., Hasnaoui M. (2003). Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione (laguna mista Beni Slimane – Morocco. Rivista Di Idrobiologia. Universitadegli studi di perugia, Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia laboratorio Di Idrobiologia —G.B. Grassil, 110–111p.

I

Isenmann P. et Moali A. 2000 - Oiseaux d’Algérie/ Birds of Algeria. SEOF. 336p.



J

Johnson, R. B., Meeker, K. M., Loomis, E. J., et Onwuegbuzie, A. J. 2004, Development of the philosophical and methodological beliefs inventory. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA

Jurd D. et Richard. 2000. L'essentiel en biologie animal. Port royale livres. Paris. 97 p.

K

Karrouch, L. et Chahlaoui, A. 2009. Bioévaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknès, Maroc). Édition Biomatec Echo, 3(6): 6-17.

Khechekhouche E. et Mostefaoui O. 2008. Ecologie trophique de *Fennecus zerda* (Zimmermann, 1780) dans les régions sahariennes cas de la région du souf et la cuvette d'Ouargla, Mémoire Ing. Agro., Univ. Kasdi Merbah. Ouargla, 173 p.d

Khechekhouche, E. 2011.— Écologie trophique du Fennec *Fennecus zerda* (Zemmermann, 1780) dans le Sahara septentrional (cas de la région du Souf). Mémoire Magistère Écologie, Univ. Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie.

Khedimallah, R. 2019. Bio évaluation de la qualité des eaux des zones humides au niveau du Parc National d'El Kala (PNEK). Thèse de Doctorat. Université de Chadli Bendjdid, El-Tarf. 197 p.

Kherbouche Y., Sekour M., Gasmi D., Chaabna A., Chakali G., Lasserre-J F. AND Doumandji S. 2015 - Diversity and distribution of arthropod community in the lucerne fields in Northern Sahara of Algeria. Pakistan Journal of Zoology 47, 505–514

Kowalski, K., Rzebik-Kowalska., 1991. Mammals of Algeria. Ed. Ossodineum, Wroclaw, 353 p.

L

Ladjel F. 2006. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, 80 p.

Lahouel, A. 2010. Contribution à l'étude de quelque paramètres physico-chimique du lac Témachine(Touggourt). Université Kasdi Merbah Ouargla 61 p.



Laiz A et Menacer N, 2020 Eude de diversité floristique du chott Edhiba (région du Souf, Sahara septentrional Est algérien) Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED .81 P

Le Berre, M., 1990. Faune du Sahara. Mammifères. Ed. Rymond Chabaud, T. 2, Paris, 359 p

Lewis, J.P. 2002 .Fundamentals of Project Management. 2nd edition. New York: AMACOM.

Lounaci A., 2005. Recherche hydrobiologique sur les peuplements d'invertébrées benthique Camargo,J,A, Alonso, A. et Dela puente, M.2004: Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based macroinvertebrates. Environmental Monitoring and publishers, 96:233-249du bassin d'oued aissi (grand kabylie). 133p

M

MEA. 2005. Ecosystems and human wellbeing: Wetlands and water Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment (MEA), World Resources Institute, Washington, DC

Medjber T. 2014. Etude de la composition floristique de la région du Souf (Sahara-Septentrional Algerien). Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semiarides, Faculté des Sciences de la Nature et de Vie, Université d'Ouargla. Algerian journal of aridenvironment. Vol. 4. N° 1: 53-59

Mehennaoui Z , Afri F. 2022. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Université Mentouri, Constantine. 238 p.

Messai Boubaker O et Reguia R . 2017 . Analyse de la diversité de l'avifaune de quelques zones humides de la région d'El-Oued (Chott Merouane, Oued Khrouf, Chott Melghigh, Lac Ayata, Lac Tindla) durant la période allant de 1999 à 2017. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED. 101 P.

Messaoudi M, Bouchemal S . 2023 . Diagnostic écologique et impacts de l'environnement sur la biodiversité des zones humides d'Oued Righ (Cas du Canal d'Oued Righ . 111 p.

Meziani A., Meziani S., DRIDI H. et Kalla M., 2008 - La remontée des eaux profondes dans le Souf-Sahara algérien: Conséquences de la mauvaise gestion des ressources

Moisan J., 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du québec. 2010 – surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds.89 p.

N

Nadjah A,1971. Le Souf de soasis. Edit la maison du livre. Alger. 1971.174p.

Naili,S 2022. Contribution à la caractérisation de la pollution au plomb au Lac Tonga (Nordest algérien). Thèse de doctorat université Chadli Bendjdid El-Taref

Nisbet, M. et Verneau, J. 1970. Composant chimiques des eaux courantes, discussions et propositions des classes entant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annale de limnologie., 6: 161-190.

Nsikak B. 2008. Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc .3 :813-817

O

Ouali, N. 2018. Identification et quantification d'une matrice de métaux traces dans le milieu marin : Cas de la baie d'Annaba. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 223 p.

P

Pauw,N et G.Vqnhooren,1993: Method for biological quality assessment of water course in Belguim, Hydrobiologie, 100:153-168.

Pulliam, H.R. and Danielson, B.J. 1991 Sources, sinks and habitat selection: a landscape perspective on population dynamics. Am. Nat. 137, 50-66.

R

.Raachi M.L. 2007. Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au nord-est Algérien. Mémoire de Maîtrise, Université du Québec. Montréal (Canada).

Ramade F., 1984. Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Ed. Mc. Graw& Hill, Paris, 576 p.

Ramade F., 2003. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 3ème édition. Ed.Dunod. Paris. 688p.

Ramsar, 2016. Introduction à la Convention sur les zones humides (anciennement Le Manuel de la Convention de Ramsar).5e éditions. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.



Ramsar., 1997 –Etude mondiale des ressources en zones humides et des priorités d’inventaire pour les zones humides .Ed. Ramsar Cop 7 Doc. 19.3, Suisse, 15p

Ramsar., 2013 Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.

Rejesk, F. 2002. L’analyse des eaux. Ed. Ressource par l’éducation nationale, France, 358 p.

Rejesk, F. 2002. L’analyse des eaux. Ed. Ressource par l’éducation nationale, France, 358 p.

Rodier J., Bazin C., Broutin J-P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. 1996 . L’analyse de l’eau : eau naturelles, eau résiduaires, eaux de mer. 8 Eme édition. Dunod. Paris.1365p.

Rodier, J. 2005. L’analyse de l’eau, eau naturelles, eau résiduaire, eau de mer, 8ème édition, DUNOD, Paris, 1526 p.

Rodier, J., Legube, B. et Merlet, N. 2009. L’analyse de l’eau, 9ème édition. Ed. Dunod. Paris.Mitsch W. J. et Gosselink J. G., 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. Ecological Economics 35 (200) 25–33.

S

Sacchi et Testard., 1971 : Ecologie animale (organismes et milieu). Edition Doin, p480.

Saibih., 2003 –Analyse qualitative des ressources en eau de la vallée du Souf et impact sur l’environnement, région arides à semi arides d’El-Oued. Mémoire magister univ .Houari Boumediene.160 p

Saifouni et Bellatreche, 2020 État des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie 250 P

Saker, I.E., Baaloudj, A., Rizi, H., Bouaguel, L., Bouakkaz, A., Laabed, S., Kannat, A., Houhamdi, 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.

Schoener, T. W. 1974. Competition and the form of habitat shift. Theor. Pop. Biol. 6, 265-307.



Selmane, S. 2015. Scorpion envenomation and climate conditions: the case of Naama Province in Algeria. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Science* 9: 261-268

Selmane, S., Benferhat, L., L'Hadj, M. et Zhu, H. 2016. Modelling the scorpion stings using surveillance data in El Bayadh Province, Algeria, *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 6: 961-968.

Senoussi A. et Khengaoui A. 2012- S.O.S. de l'écosystème oasien - cas de la région de Ouargla, *Rencontres Méditerranéennes d'Ecologie*, Bejaïa (Algérie),

Seyrig R . 2007 . mémoire de Magister Fiscalité et protection des zones humides ; Mém. de fin d'études université Lyon 2, Institut d'études politique, 120 p

Slimani N., Bouras S., Chehma A., 2013, Caractérisation épidermique des principales plantes spontanées broutées par le dromadaire dans le Sahara septentrional Algérien. *Revue des Bio Ressources*; Vol. 3, N° 1.22-31.

Solier, A.J. 1836 Essai sur les collaptérides (suite). *Annales de la Société Entomologique de France*, 5, 5–200.

Stewart P., 1969 – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Doc. hist. natu. agro. El Harrach* : 24 – 25

T

Tachet H ., Richoux P., Bournaud M. et Usseglio-Polatera P., 1980 . Invertébrés d'eau douce- Systématique, biologie, écologie. Editions CNRS, Paris 45 p .

Tenkiano, N., 2017. Macroinvertébrés benthiques et hyphomycètes aquatiques : diversité et implication dans le fonctionnement écosystémique des cours d'eau de Guinée. Thèse de doctorat, Université de Toulouse. 59p.

Thomas O., 1995 . Métrologie des eaux résiduaires. Edition CEBEDOC sprl, pp53- 56.

Torres, A., Brandt, J., Lear, K. et Liu, J. 2017. A looming tragedy of the sand commons. *Science*, 357(6355), 970-971 p.



U

. **UCIN (Union international pour la conservation de la nature et de ses ressources), 2009.** Rapport sur Evaluation de l'efficacité de gestion d'un échantillon de sites RAMSAR en Afrique de l'Ouest. 67 p.

V

Viala A , Botta A. 2005 : Toxicologie. 2^{ème} édition Tec et Doc. p248, 1096p.

Viñolas, A. 1994 El género *Pimelia* Fabricius, 1775 en la Península Ibérica y Baleares, con nota sistemática sobre una especie de Canarias (Coleoptera, Tenebrionidae, Pimeliinae). Sessió d'Entomologia ICHN-ICL, 8 [1993], 125–140

Z

Zadri A., 2009. Contribution à l'étude phytosociologique de la végétation aquatique du Lac des oiseaux. Mém. ing. agr. E.N.S.A., El-Harrach. Alger. 52 p