



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي
كلية العلوم الطبيعية والحياة



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques
Spécialité : **Biodiversité et Environnement**

THEME

***"Biodiversité des macroinvertébrés aquatiques du marais
de Souk-Libya (Oued Souf) en relation avec les
paramètres physico-chimiques de l'eau."***

Présenté par :

**SALHI Younes
ZAID Chouaib**

Devant le jury composé de :

**Président : Mr. ELOUFI Hayet
Examineur : : MOUANE Aicha
Encadrante : ALAYAT Moufida Saoucen
Co-encadrante : MAHMOUDI Khaoula**

**Université d'El Oued.
Université d'El Oued.
Université d'El Oued.
Université de Tébessa**

Année Universitaire 2023-2024

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant, le miséricordieux qui nous a donné le courage pour réaliser ce travail.

*Nos profonds remerciements vont également à notre encadrantes Madame **ALAYAT Moufida Saoucen** et **Dr MAHMOUDI Khaoula** pour ses orientations, ses conseils, et ses directions. Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous les professeurs membres du Jury et du département de biologie de l'Université d'El Oued pour leurs enseignements tout au long de notre parcours universitaire.*

Nos remerciements vont aussi aux techniciens du Laboratoire de la station d'épuration de d'Oued Souf l'ONA « office National d'Aménagement » pour leur contribution à l'analyse physico-chimique de l'eau.

Merci à tous ceux qui nous ont soutenus, que ce soit directement ou indirectement, dans la réalisation de ce mémoire

DEDICACES

À nos chers parents et proches,

Nous vous dédions ce succès académique avec tout notre amour et gratitude. Votre soutien constant et vos encouragements ont été la clé de notre réussite. Merci de nous avoir accompagnés tout au long de ce voyage.

Avec toute notre affection,

***Younes
Chouaib***

Liste des abréviations

ANOVA : Analysis Of Variance.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Seuil de signification.

pH : Potentiel Hydrogène

T ° : Température

Tab: Tableau.

Fig: Figure.

P mm : Précipitation.

C : Degré.

Sommaire

<i>REMERCIEMENTS</i>	I
<i>DEDICACES</i>	II
Liste des abréviations.....	III
Sommaire.....	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des figures	VII
Résumé	VIII
INTRODUCTION	2
<i>CHAPITRE I</i>	4
<i>Synthèse bibliographique</i>	4
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	5
I.1. Généralités sur les macro-invertébrés aquatiques	5
I.1.1. Les Culicidae	5
I.1.1.1. Position systématique	6
I.1.1.2. Les Coléoptères aquatiques	7
I.1.1.3. Position systématique	8
I.1.1.4. Les Hétéroptères aquatiques	8
I.1.1.4.1. Position systématique	9
I.1.1.4.2. Les Hydracariens	9
I.1.1.4.3. Position systématique	10
I.1.1.5. Les Ephéméroptère	10
I.1.1.5.1. Position systématique	11
<i>Chapitre II</i>	12
<i>Présentation de la région d'étude</i>	12
Chapitre II : Présentation de la région d'étude	13
II.1. Situation géographique d'El Oued	13
II.2. Caractérisation floristique	14
II.3. Caractérisation faunistique	14
II.3.1. Invertébrés	15

II.3.2. Poissons et reptiles.....	15
II.3.3. Oiseaux.....	15
II.3.4. Mammifères	15
II.4. Caractéristiques physico-chimiques	15
II.4.1. Pédologie	15
II.4.2. Hydrologie.....	17
II.4.3. Climatologie	19
II.4.3.2. Précipitations.....	20
II.4.3.5. Insolation.....	24
<i>Chapitre III</i>	25
<i>Matériel et méthodes.</i>	25
III Matériel et méthodes	26
III.1. Choix et description des stations d'étude	26
III.1.1. Souk libya	26
III.2. Présentation de Modèle biologique.....	28
III-2-1 Matériel et Méthodes d'étude du peuplement aquatique et son milieu.....	28
III-2-1-1-Travail sur terrain	28
III-2-1-1-1 Techniques d'échantillonnages.....	28
III-2-1-1-2 Prélèvement des échantillons d'eau pour l'analyse physicochimique	29
III-2-1-2- Travail au niveau de laboratoire	29
III-2-1-2- 1- Identification systématique de la faune aquatique	30
III.2.1.2. 2. Traitement physico chimique des échantillons d'eau.....	31
III.3 Analyse statistique	32
Chapitre IV.....	36
Résultats et discussion.....	36
IV RESULTATS ET DISCUSSION.....	37
IV.1. Inventaire et abondance du peuplement au niveau du Lac souk libya.....	37
IV.6. Discussion.....	37
CONCLUSION & PERSPECTIVES	41
References bibliographiques	44

Liste des tableaux

Tableau01 : Les données de Température de la région d'Oued Souf(2023) (O.N.M.El Oued et.	20
Tableau02 : Les données Précipitations de la région d'Oued Souf (2023).....	20
Tableau 03 :Les variations de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2023)	21
Tableau 04 : Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (2023)	21

Liste des figures

Figure 01 : Les Culicidés. A. Morphologie générale d'un moustique adulte d'après OMS, (1973).	16
B. Cycle de développement des Culicidae (Beaudrouet, 2018).	16
Figure 02 : Coléoptère aquatique, Gauche - <i>Haliphus ruficollis</i> (De Geer), vue dorsale. Droite - <i>Haliphus flavicollis</i> (Sturm), vue ventrale (Holmen, 1987).	17
Figure 03 : Hétéroptère aquatiques, A : Vue dorsale. B : Vue de profil d'un Hétéroptère adulte (Poisson, 1957) modifiée.	19
Figure 04: Face ventrale d'une femelle adulte du genre <i>Limnesia</i> selon Proctor, (2006).	20
Figure 05: Morphologie générale de larve des Ephémères (Moisan, 2010).	21
Figure06: Situation géographique de la région d'Oued Souf et Découpage administratif de la wilaya (Cartographie : Fl. Troin • CITERES 2018).	23
Figure 07 : Carte représentative des reliefs de la région du Souf (NAJAH, 1971 modifier par	27
Figure 08: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI" (UNESCO, 1972).	29
Figure 09 : Variation mensuelle de la température moyenne de la région d'Oued Souf de l'année 2020.	31
Figure 11 : Variation des précipitations moyennes mensuelles au niveau de la région d'Oued Souf de l'année 2020.	33
Figure 12 : Variation des précipitations moyennes mensuelles au niveau de la région d'Oued Souf durant la période (2011- 2020).	33
Figure 13 : Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'Oued Souf durant l'année 2020.	35
Figure 14 : Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'Oued Souf durant la période (2011-2020).	35
Figure 15 : Moyenne mensuelle du vent de la région d'Oued Souf durant l'année 2020.	37
Figure 16 : Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'Oued Souf durant la période (2011-2020).	37
Figure. 17: Lac Souk Libya (urbain) (Photo personnelle).	41
Figure 18: Technique d'échantillonnage de la faune aquatique (Photo personnelle).	42
Figure 19 : Identification et conservation au niveau du laboratoire (Photo personnelle).	44
Figure 20 : Les Culicidae(Photo personnelle).	52
Figure 21 : Les Coléoptères aquatiques(Photo personnelle).	53
Figure 22 : Les Hétéroptères aquatiques(Photo personnelle).	54
Figure 23: Les Hydra-cariens(Photo personnelle).	55
Figure 24 : Les Ephémères(Photo personnelle).	55
Figure 25 : Richesse spécifique (S)	

Résumé

Les écosystèmes lacustres en Algérie font l'objet de travaux fragmentaires concernant leur faune et leur flore. Cette étude contribue à la réalisation d'un inventaire des macro-invertébrés aquatiques du lac Souk-Libya dans la région d'Oued Souf, au niveau de quatre stations sélectionnées, pendant le printemps de 2024 (Mars-Avril-Mai). Au total, 2158 individus ont été collectés, six (06) familles ont été déterminées appartenant à cinq (05) ordres : des Hydrophilidae, Dytixidae, Corexidae, Culicidae, Baetidae, Hydrachnidia. La plus grande diversité a été enregistrée au mois de Mai. Dans ce contexte, une analyse physico-chimique saisonnière de l'eau des sites d'échantillonnage a été réalisée. Les indices écologiques ont montré une variabilité de la distribution spatiale des espèces en fonction des paramètres de l'eau. Ainsi cette étude visant à déterminer les facteurs abiotiques influençant cette distribution, la majorité des familles sont positivement corrélées avec le pH ; Salinité ; TDS & DBO5.

Mots clés : écosystèmes * lacs algériens * invertébrés

الملخص:

النظم البيئية في البحيرات الجزائرية هي موضوع دراسات مجزأة تتعلق بالحياة الحيوانية والنباتية فيها. تساهم هذه الدراسة في إعداد جرد لللافقاريات الكبيرة المائية في بحيرة سوق ليبيا في منطقة وادي سوف، على مستوى أربع محطات مختارة، خلال ربيع عام 2024 (مارس - أبريل - مايو). تم جمع ما مجموعه 2158 فرداً، حيث حددت ست عائلات تنتمي إلى خمسة رتب: **Hydrophilidae, Dytiscidae, Corexidae, Culicidae, Baetidae, Hydrachnidia**. تم تسجيل أكبر تنوع في هذا السياق، اجري تحليل فيزيائي-كيميائي موسمي لمياه مواقع أخذ العينات. أظهرت المؤشرات البيئية تبايناً في التوزيع المكاني لأنواع تبعاً لمعلومات المياه. وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد العوامل غير الحية التي تؤثر على هذا التوزيع، ترتبط غالبية العائلات ارتباطاً إيجابياً بالـ **pH**، والملوحة، والمواد الصلبة الذائبة **TDS** و **DBO5**.

الكلمات المفتاحية: النظم البيئية * البحيرات الجزائرية * اللافقاريات

Abstract :

The fauna and flora of Algeria's lake ecosystems are the subject of fragmentary research. This study contributes to an inventory of the aquatic macroinvertebrates of Souk-Libya lake in the Oued Souf region, at four selected stations, during the spring of 2024 (March-April-May). A total of 2158 individuals were collected, and six (06) families were determined, belonging to five (05) orders: Hydrophilidae, Dytixidae, Corexidae, Culicidae, Baetidae and Hydrachnidia. The greatest diversity was recorded in May. In this context, a seasonal physico-chemical analysis of the water at the sampling sites was carried out. The ecological indices showed variability in the spatial distribution of species as a function of water parameters. The aim of this study was to determine the abiotic factors influencing this distribution, and the majority of families were positively correlated with pH, salinity, TDS and BOD5.

Keywords: ecosystems * Algerian lakes * invertebrates

Introduction

INTRODUCTION

Les Insectes forme une classe surpassent de loin par le nombre d'espèces et la variété de formes qu'ils présentent tous les autres groupes d'organismes vivants. Environ 1 000 000 d'insectes différents ont été décrits jusqu'à maintenant, mais ce chiffre représente seulement une fraction de ceux qui existent réellement, de nombreuses espèces nous sont encore inconnues. Certains auteurs pensent que le nombre d'espèces appartenant à la classe des Insectes pourraient atteindre 10 000 000, d'autres parlent de 30 000 000 ! (**Wilson, 1988 ; Chapman, 2009**). Un grand nombre d'insectes consomment la matière végétale (feuilles, tiges ou bois) et certains constituent à ce titre des espèces nuisibles aux plantes cultivées. Certains insectes « élèvent » littéralement d'autres organismes afin d'en retirer les produits particuliers (**Beaudouin et al., 2021**). De nombreux insectes sont des prédateurs et participent au maintien de l'équilibre faunistique ; enfin, d'autres sont des ectoparasites de mammifères ou d'oiseaux (Diptères, Hippoboscidae, Nycteribiidae, etc., Siphonaptères, Phthiraptères) ; outre les irritations et plaies qu'ils provoquent, ils sont la source d'infections ou de maladies humaines ou animales (**Brunet et al., 2006 ; Regniere, 2009**). Les écosystèmes d'eau douce sont riches en biodiversité par rapport à leur taille car ils abritent environ 10 % des espèces connues dans le monde, tout en ne couvrant qu'environ 0,8 % de la surface de la Terre (**Strayer & Dudgeon 2010 ; Min & Kong, 2020**).

Les macroinvertébrés benthiques sont connus pour être de bon indicateur de la santé des écosystèmes aquatiques (**Sanogo et al., 2014**), leurs composition, distribution et l'abondance ont été influencés par des facteurs physiques, biologiques et les facteurs environnementaux chimiques (**Emeka et al., 2020**). Parmi les macroinvertébrés d'eau douce, les insectes aquatiques qui passent tout ou une partie de leur cycle de vie dans l'eau ; de plus certains, sont couramment utilisés en tant que bio-indicateurs regroupant, les mollusques, les crustacés d'eau douce et les bivalves (**Popoola & Otalekor, 2011; Mahmoudi et al., 2023**). Ces organismes se répartissent de manière variable sur différentes strates d'eau et ont des tolérances différentes à la pollution. Ils sont donc caractérisés par le caractère de pollutolérance et de polluosensibilité. L'absence de ces derniers et en même temps la présence d'espèces tolérantes indiquent une détérioration de la qualité de l'eau (**Sanogo et al., 2014**), ce sont des bio-indicateur (**Markert et al., 1999**).

Malheureusement, dans plusieurs régions algériennes, surtout celles situées au Sahara. Plus précisément dans la région d'El Oued sont confrontées aujourd'hui à ces problématiques liées à

l'identification précise et la connaissance de la biodiversité des macro-invertébrés aquatiques et leurs biotopes préférentiels sont un pas essentiel pour la compréhension du risque de ré émergence et la dynamique des maladies vectorielles, ainsi qu'une phase indispensable pour les programmes des surveillances contre ces maladies. La faune aquatique de la région d'Oued Souf (Sud-Est algérien), qu'elle est encore vierge, dans ce but nous allons prospecter les insectes aquatiques à l'aide d'une étude systématique et autre de la dynamique de cette population au sein du lac Souk liya, qu'est situé au centre de la ville et domine un emplacement stratégique. C'est également un refuge et un site de nidification pour de nombreuses espèces d'oiseaux et offre aussi aux habitants un exutoire avec une belle vue qui brise la férocité et la chaleur du désert.

Dans ce cadre La présente étude comprendra les volets suivants :

- Le premier concerne l'identification systématique des macro-invertébrés aquatiques collectés dans le lac Souk Libye, afin d'améliorer la connaissance des grands invertébrés aquatiques vivant dans le sud-est de l'Algérie. Dans ce cas, un inventaire qualitatif et quantitatif est créé à l'échelle spécifiée pour les échantillons collectés, à partir des quatre stations, situées sur les rives du lac, pour une saison du printemps 2024 (Mars-Avril-Mai). D'autre part, nous nous sommes intéressés à sa distribution spatiale et temporelle, à l'aide d'indicateurs appropriés et actuels. C'est le point culminant des caractéristiques structurelles de la population.
- Le deuxième d'identifier, les paramètres biotiques et abiotiques structurant ces peuplements et également vise à étudier l'effet de la variance sur les paramètres physiques et chimiques de l'eau sur la dynamique de la société totale, dans cette réserve importante.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur les macro-invertébrés aquatiques

Notre étude a porté sur le peuplement faunistique aquatique qui est constamment soumis à la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Les variations observées dans la structure des peuplements dépendent donc, des modifications des caractéristiques environnementales. L'étude conjointe de la composition taxonomique du peuplement d'une part, et la description des conditions physiques du milieu d'autre part, permettent la compréhension de certains mécanismes. Cela explique la présence ou l'absence, de différents groupes d'espèces et ainsi la prédiction de l'évolution des peuplements aquatiques. Les macro- invertébrés sont à la base de nombreux indices biotiques, pour la plupart basés sur l'abondance ou la richesse d'un certain nombre de groupes taxonomiques indicateur (**Tachet *et al.*, 2000**). Les peuplements aquatiques sont particulièrement intéressants dans notre étude qui est basée sur la détermination des certains groupes, de la faune aquatique (macro-invertébrés) (**Mahmoudi, 2022**).

I.1.1. Les Culicidae

Les Culicidés sont des insectes holométabole, remarquables par l'évolution progressive qui affecte parallèlement l'imago et la larve (**Bendali-Saoudi, 2006**), qui offrent à tous les stades de leur développement, une incontestable richesse de détails anatomiques et morphologiques. Cependant, ce sont surtout les larves et les adultes qui fournissent le maximum de caractères systématiques (**Himmi, 2007**). Les Culicidae constituent le plus important groupe de vecteurs d'agent pathogènes transmissibles à l'homme (**Alayat *et al.*, 2023**), plus de 3 300 espèces sont à ce jour décrites (**Jolivet, 1980**). Ce sont des Arthropodes (pattes articulées), Antennates (présence d'une paire d'antennes), appartenant à la classe des Insectes (hétéroptères), ordre des Diptères (présence d'une seule paire d'aile) et au sous-ordre des Nématocères (larve apode). Les adultes sont caractérisés par des antennes longues et fines à multiples articles, possédant de longues pièces buccales en forme de trompe rigide, de type piqueur-suceur (**Rodhain & Perez, 1985**). Ils passent par différents stades de développement, le stade œuf, larve et nymphe sont aquatiques, ce sont les stades pré-imaginaux, le stade adulte (**Fig. ?**) a une vie aérienne, c'est le stade imaginal ou imago. Les adultes mâles et femelles se nourrissent de nectar de fleur et participent à la pollinisation des plantes (**Jolivet, 1980**). Seulement la femelle a besoin d'un

repas sanguin, pour la maturation des œufs, à partir duquel, elles retirent les protéines et leurs acides aminés, elle est donc hématoophage (Neveu-Lemaire, 1923).

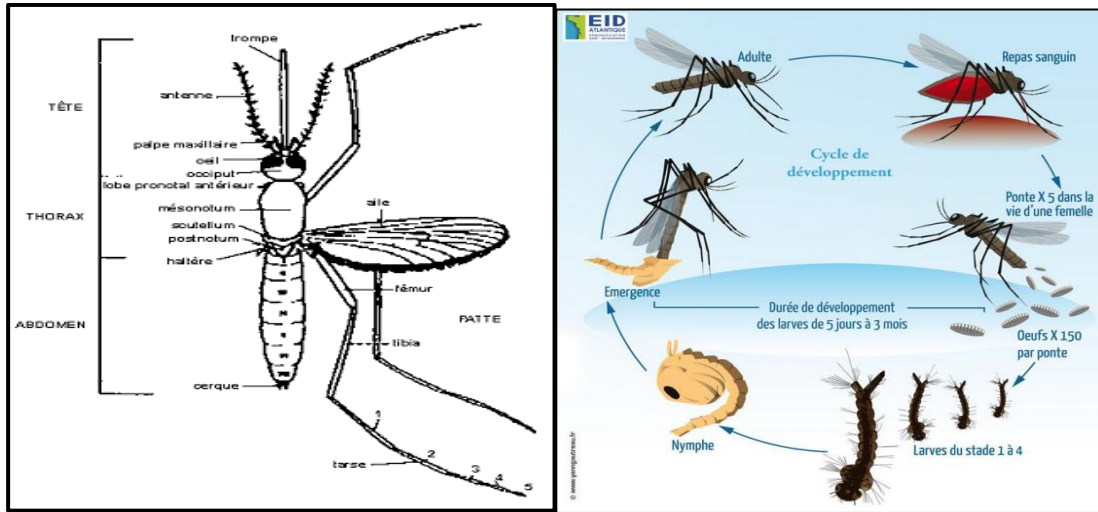


Figure 01 : Les Culicidés. **A.** Morphologie générale d'un moustique adulte d'après **OMS, (1973).**

B. Cycle de développement des Culicidae (**Beaudrouet, 2018).**

I.1.1.1. Position systématique

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Embranchement	Arthropoda
Sous-Embranchement	Hexapoda
Super-classe :	Protostomia
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterigota
Super-ordre	Endopterygota
Ordre	Diptera
Sous-Ordre	Nematocera
Famille	Culicidae Meigen 1818

I.1.1.2. Les Coléoptères aquatiques

Les coléoptères (Coleoptera) forment un ordre d'insectes holométaboles dotés d'élytres protégeant leurs ailes. Les coléoptères constituent le groupe le plus riche avec près du tiers des espèces décrites (Ribera *et al.*, 2002). Ils forment un ensemble considérable, très diversifié, encore incomplètement connu (Pierre, 1995). L'ordre des coléoptères compte 176 familles, 29 500 genres et 386 500 espèces (Taşar, 2018). Les coléoptères aquatiques constituent l'un des groupes d'insectes aquatiques les plus abondants au monde (Short, 2018), ils sont des indicateurs idéaux de la biodiversité des écosystèmes aquatiques d'eau douce (Ribera & Foster, 1993). Morphologiquement très homogènes, ils ont un corps segmenté en trois tagmes : tête possédant des pièces buccales de type broyeur, une paire d'antennes et une paire d'yeux composés mais sans ocelles ; thorax pourvu de trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes, avec un prothorax large, un mésothorax et un métathorax soudés en un ptérothorax, lui-même soudé à l'abdomen dépourvu d'appendices, et constitué de neuf segments chez les femelles, dix chez les mâles. Ils sont caractérisés par un pronotum développé allant jusqu'à la base des élytres. La première paire d'ailes sclérotinisées, sans nervures et quelquefois très colorées, correspond aux élytres qui recouvrent et protègent le ptérothorax et l'abdomen, et la deuxième paire, les ailes membraneuses métathoraciques, servent au vol (Fig. 8). Biologiquement, en Holométaboles typiques, vie et comportements des larves sont généralement totalement différents de ceux des adultes (Pierre, 1995 ; Mahmoudi *et al.*, 2023).

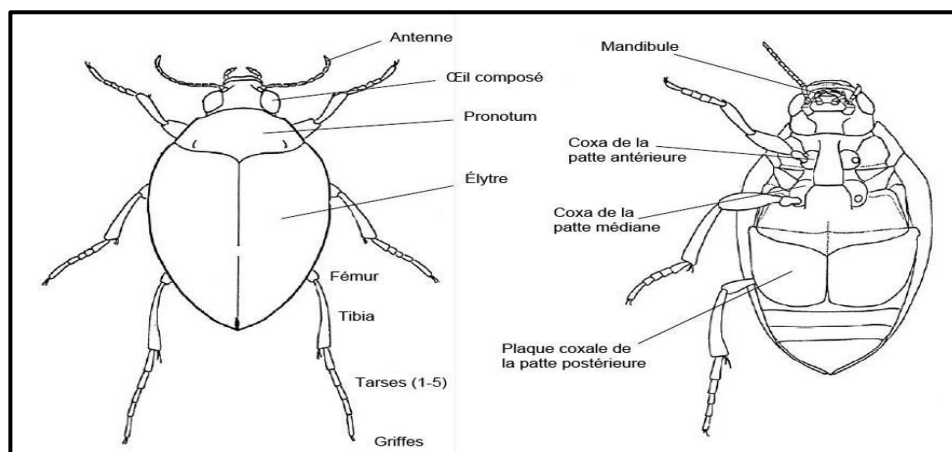


Figure 02 : Coléoptère aquatique, Gauche - *Haliplus ruficollis* (De Geer), vue dorsale. Droite - *Haliplus flavicollis* (Sturm), vue ventrale (Holmen, 1987).

I.1.1.3. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Super-ordre	Holometabola
Ordre	Coleoptera Linnaeus 1758

I.1.1.4. Les Hétéroptères aquatiques

Les Hétéroptères sont des héminétoles dont les ailes antérieures, lorsqu'elles sont présentes, ont une partie coriacée et une partie membraneuse (hémélytres). Leurs pièces buccales forment un rostre piqueur (**Polhemus & Herring, 1970, Mahmoudi, 2022**). La reproduction s'effectue en une ou deux générations annuelles. La ponte est déposée sur un support immergé. Ce sont des insectes héminétoles qui passent par cinq stades larvaires de l'œuf à l'adulte. Certains se nourrissent d'insectes (zoophages) alors que d'autres sont phytophages (**Slater & Baranowski, 1978**). Les Hétéroptères sont caractérisés par leur appareil buccal transformé en rostre de type labial, piqueur-suceur (**Polhemus & Herring, 1970**). La partie basale de la première paire d'ailes est durcie. Ces ailes, appelées hémélytres, forment une carapace quand elles sont rabattues sur l'abdomen, et la présence fréquente d'une ou de deux glandes odoriférantes mésothoraciques (provoquant l'odeur de Punaise) (**Slater & Baranowski, 1978; Dethier, 1981**). L'abdomen comporte 10 segments : l'orifice génital mâle s'ouvre sur le 9e, l'orifice femelle sur le 8e (**Poisson, 1957 ; Dethier, 1981 ; (Fig. ??)**). En outre ils possèdent une tête libre mais très peu mobile, avec des antennes de 1 à 5 articles. Le thorax est bien visible, surtout le pronotum et le mésonotum qui se prolonge vers l'arrière par un scutellum. Les pattes sont souvent d'égale longueur et portent des tarsi de 1 à 3 articles, munis de 1 ou 2 griffes.

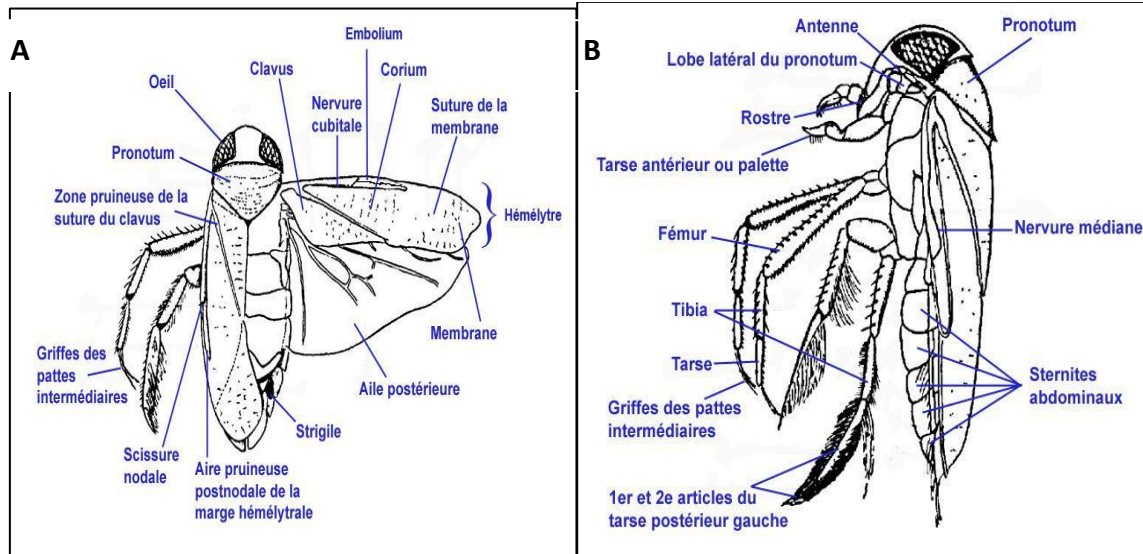


Figure 03 : Héétéoptère aquatiques, **A** : Vue dorsale. **B** : Vue de profil d'un Héétéoptère adulte (Poisson, 1957) modifiée.

I.1.1.4.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Super-ordre	Hemipteroidea
Ordre	Hemiptera
Sous-ordre	Heteroptera Latreille, 1810

I.1.1.4.2. Les Hydracariens

Les Hydracariens sont des acariens, présents sur tous les continents de la terre. Ils vivent sous toutes les latitudes ainsi que dans les milieux aquatiques et marins (Bernard, 2017). Les Hydracariens sont des Arthropodes Chélicérates de la classe des Arachnides et de l'ordre des Acariens, de la classe des Arachnides, ils représentent 6 000 espèces décrites (Walter *et al.*, 2009). Leurs téguments sont généralement mous et vivement colorés, de couleurs orange, jaune et rouge, probablement en raison de sécrétions nocives provenant de leurs glandes dermiques

(Walter & Proctor, 1999). Ils ont une taille microscopique (0,5 mm à 5 mm), les parties du corps sont intimement fusionnés : prosome et opisthosome, à segmentation inapparente. La partie buccale se compose d'une paire de chélicères et d'une paire de pédipalpes. La classification la plus récente a été donnée par Proctor & Walter, (1999), elle subdivise les Acariens en 4 groupes : Prostigmata, Astigmata, Gribatida, Mesostigmata (Fig. ??).

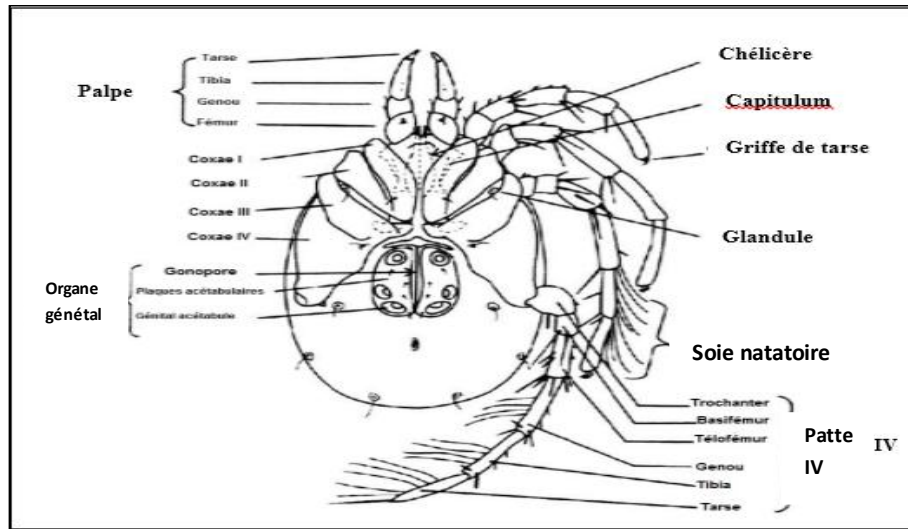


Figure 04 : Face ventrale d'une femelle adulte du genre Limnesia selon Proctor, (2006).

I.1.1.4.3. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Arachnida
Ordre	Trombidiforme
Super-famille	Hygrobatoidea
Famille	Hydrachnidae

I.1.1.5. Les Ephéméroptère

Les éphémères doivent leur nom au fait que ces Insectes ont une vie imaginale brève, voire très brève, et uniquement consacrée à la reproduction (El Alami, 2002, Mahmoudi, 2022). Il existe environ 2 000 espèces répertoriées dans le monde ; sa taille peut varier jusqu'à 4 cm avec les cerques, (Kraiem, 1986). Les larves des Ephéméroptères sont très abondantes et occupent les

divers biotopes des eaux courantes (Torrents, ruisseaux & rivières). Diverses études ont montré que ce groupe est un matériel favorable dans les études écologiques, notamment dans l'estimation de la qualité biologique des eaux. Ils se caractérisent par leur grande valeur bioindicative vis-à-vis des nuisances subies par les cours d'eau, du fait que ce groupe contient une forte proportion d'espèces ayant des exigences écologiques strictes (**Alba-Tercedor et al., 1995; El Alami, 2002**). Les larves d'éphémères sont principalement phytophages, elles mangent le film algal recouvrant les pierres. Elles peuvent aussi être détritivores (débris organiques) et carnivores. Les pièces buccales des larves sont broyeuses et fonctionnelles. Arrivée au stade adulte, la mouche est dotée d'une tête large, d'une paire d'aile verticale fixée sur un thorax en trois sections dont chacune porte une paire de pattes. S'en suit un long abdomen en dix segments qui s'amincit généralement vers l'arrière et se termine en deux ou trois longues cerques (**Kraiem, 1986**) (**Fig. 05**).

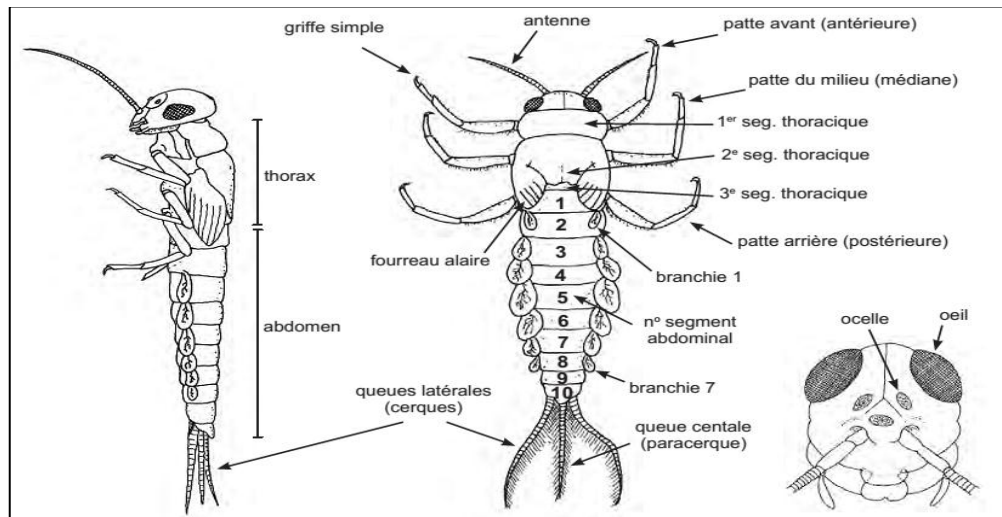


Figure 05: Morphologie générale de larve des Ephémères (**Moisan, 2010**).

I.1.1.5.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Ephemeroptera
Famille	Ephemeridae

Chapitre II

Présentation de la région d'étude

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

La présentation de la région d'étude est introduite par un aperçu géographique de la région d'Oued Souf. Elle se poursuit par sa caractérisation physique avec la géologie, l'hydrologie, le climat et enfin des données bibliographiques sur sa biocénose.

II.1. Situation géographique d'El Oued

La wilaya d'El-Oued ($33^{\circ}19'$ à $33^{\circ}24'$ N; $6^{\circ}49'$ à $6^{\circ}53'$ E) est une région aride, fait partie du Sahara Septentrional partagé par la Tunisie, la Libye et l'Algérie. Elle est située au Sud-Est du Sahara Algérien, à une distance de 650 km de la capitale (DRE/2019). La wilaya répartie en trois zones bien distinguées qui sont les suivantes : La vallée de Souf ; la vallée d'Oued Rhig et la zone frontalière (Taleb Larbi). Elle est administrativement limitée par : Wilaya de Biskra, Khenchela et Tébessa au Nord. La ville de Djelfa au Nord-Ouest et Ouargla au Sud et Sud-ouest. Enfin la Tunisie à L'Est (Meziani et al, 2012).

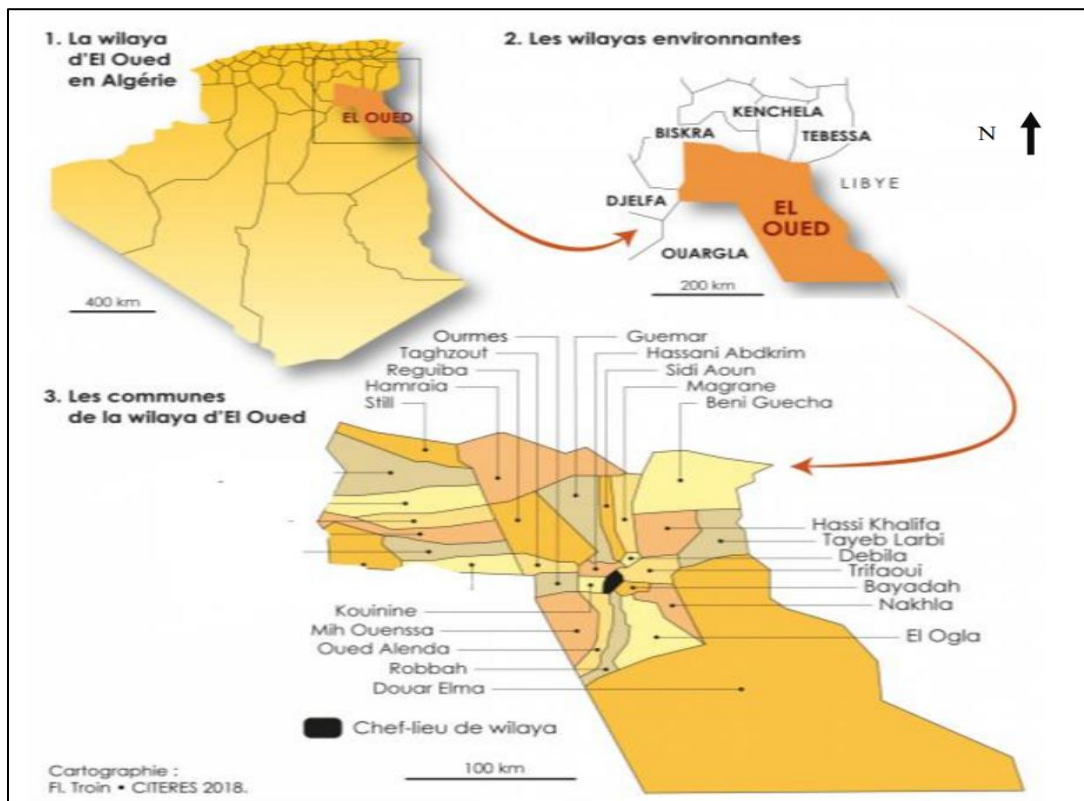


Figure 06 : Situation géographique de la région d'Oued Souf et Découpage administratif de la wilaya (Cartographie : Fl. Troin • CITERES 2018).

II.2. Caractérisation floristique

La flore est le miroir fidèle du climat (**Emberger, 1955**). En effet, au Sahara la végétation est relativement pauvre en comparant le petit nombre d'espèces qui peuplent ce désert à l'immensité de la surface qu'il couvre (**Ozanda, 1983**). Elle constitue une sorte d'écran entre l'insecte et les conditions physico-chimiques de son environnement (**Vial et Vial, 1974**). D'après **Hlisse (2007)**, le couvert végétal de Souf est ouvert, à une densité et une diversité faible présentée par des plantes spontanées qui sont caractérisées par une rapidité de croissance, une petite taille et une adaptation vis-à-vis les conditions édaphiques et climatiques de la région, il contient à peu près 120 espèces de plantes spontanées. Les cultures maraichères et les arbres fruitiers ne sont possibles dans la majorité des cas, que dans l'ambiance de micro climat créée par les palmeraies (**Voisin, 2004**). Il faut noter que la phoeniculture traditionnelle du Souf est un ensemble des petites exploitations sous forme d'entonnoir « Ghout » (**Hlisse, 2007**). Les plantes spontanées et plantes cultivées de la région d'étude ont été traitées par plusieurs auteurs notamment **Nadjah (1971)** ; **Voisen (2004)** ; **Kachou (2006)** et **Hlisse (2007)**. En général, la flore de la région d'El Oued, est représentée par 50 espèces végétales appartenant à 30 familles différentes (**Nadjah, 1971** ; **Voisen, 2004** ; **Kachou, 2006** ; **Hlisse, 2007**). Parmi les familles les plus riches en espèces, les Poaceae occupent le premier rang comme *Aristida pungens* (DESF).

II.3. Caractérisation faunistique

Le désert est un milieu où la sévérité des agressions vient limiter le développement de la faune la plupart des êtres vivants leur répartition se limite à la strate superficielle à cause de la pauvreté du sol en couverture végétale (**Le Berre, 1990**). Selon **Catalisano (1986)**, le nombre d'espèces qu'un désert peut abriter par unité de surface est relativement faible, par rapport à celui d'autres milieux de la planète. Il existe, toutefois, dans le désert une variété surprenante d'animaux invertébrés, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères. Dans le Sahara algérien, peu d'études sur la faune ont été menées (**Le Berre, 1989**). Selon **Voisin (2004)** le peuplement animal du Souf est presque essentiellement composé d'articulés et des mammifères d'origines méditerranéennes et soudanaises. L'écosystème constitue une mosaïque d'habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée à savoir :

II.3.1. Invertébrés

Les principales invertébrées recensées dans la région du Souf sont représentés par 14 ordres contient 113 espèces (Beggas, 1992 ; Allal, 2008 ; Alia *et al.*, 2011 ; Khechekhouche, 2011). Les familles les plus riches en arthropodes sont des coléoptères représentés le plus par les scarabéides tel que *Ateuchus sacer* (Linnaeus, 1758) et les ténébrionides comme *Pimelia angulata* (Linnaeus, 1758).

II.3.2. Poissons et reptiles

Pour les poissons, une seule famille est notée Poeciliidae avec l'espèce *Gambusia affinis*. L'herpétofaune de la région du Souf sont divisées par 3 ordres (Anoura, Chelonia et Squamata) qui renferment 11 familles et 27 espèces (Le Berre, 1989 ; Mouane, 2010). Les familles les plus représentatives sont Agamidae représentée avec *Uromastix acanthinurus* (Bell, 1825) et les Scincidae représenté avec *Scincus scincus* (Linnaeus, 1758).

II.3.3. Oiseaux

La liste avifaunistique de la région du Souf présentée dans cette partie est une synthèse de plusieurs travaux notamment celui d'Isemann & Moali (2000), qui signalent 13 familles et 28 espèces d'oiseaux. La famille la plus riche en espèces est Sylviidae représentée par *Sylvia nana* (Scopoli, 1769) et *Sylvia deserticola* (Tristram, 1859).

II.3.4. Mammifères

Les principales espèces mammifères recensées dans la région du Souf sont présentées par 6 ordres, 7 familles et 20 espèces (Mostefaoui et Khechekhouche, 2008 ; Boughazala, 2009 ; Boucharia, 2009). Par rapport aux autres ordres, les rongeurs renferment beaucoup d'espèces notamment *Gerbillus nanus* (Blanford, 1875) et *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758).

II.4. Caractéristiques physico-chimiques

II.4.1. Pédologie

Le sol est le résultat de transformation de la roche mère sous l'influence des facteurs physiques, chimiques et biologiques. Le sol ou couverture pédologique forme la couche superficielle meuble qui recouvre la roche mère. Son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres. Il est pour la plante un support et un milieu nutritif (Faurie *et al.*, 2003). Le sol des régions d'Oued Souf est un sol typique des régions sahariennes. C'est un sol pauvre en matière

organique à texture sableux et à structure caractérisée par une perméabilité à l'eau très importante (**Hlisse, 2007**), à un fort degré de salinité. Le sol de la région est généralement sur un relief plat, Les couches arables sont constituées d'un sol généralement sableux à tendance sablo-limoneux de faible profondeur (**Bouhania & Zehri, 2005**). Le sable d'Oued Souf se compose de Silice, de Gypse, de calcaire et parfois d'Argile (**Voisin,2004**). Le sol de Souf prend deux aspects, le plus dominant est l'ensemble dunaire. Ce sont des grandes accumulations sableuses. L'autre aspect, est appelé localement Sehounes (plusieurs sahanes), où la superficie du sol est parfois caillouteuse avec des croûtes gypseuses entourées par des hautes dunes (Ghroud) (**Selmane, 2016**). D'après **Enageo (1998)**, les résultats de l'étude géophysique de sol du Souf permettent de caractériser quatre étages :

- Terrain superficiel d'épaisseur variant de 50 à 30 mètres, correspondant aux sables dunaires.
- Couche ayant une épaisseur variant de 50 à 30 mètres, correspondant aux sables argileux et aux argiles sableuses.
- Couche qui n'existe pas dans toute la région, son épaisseur est plus importante et varie entre 5 à 90 mètres, elle correspond aux argiles sableuses.
- Couche qui correspond au substratum argileux

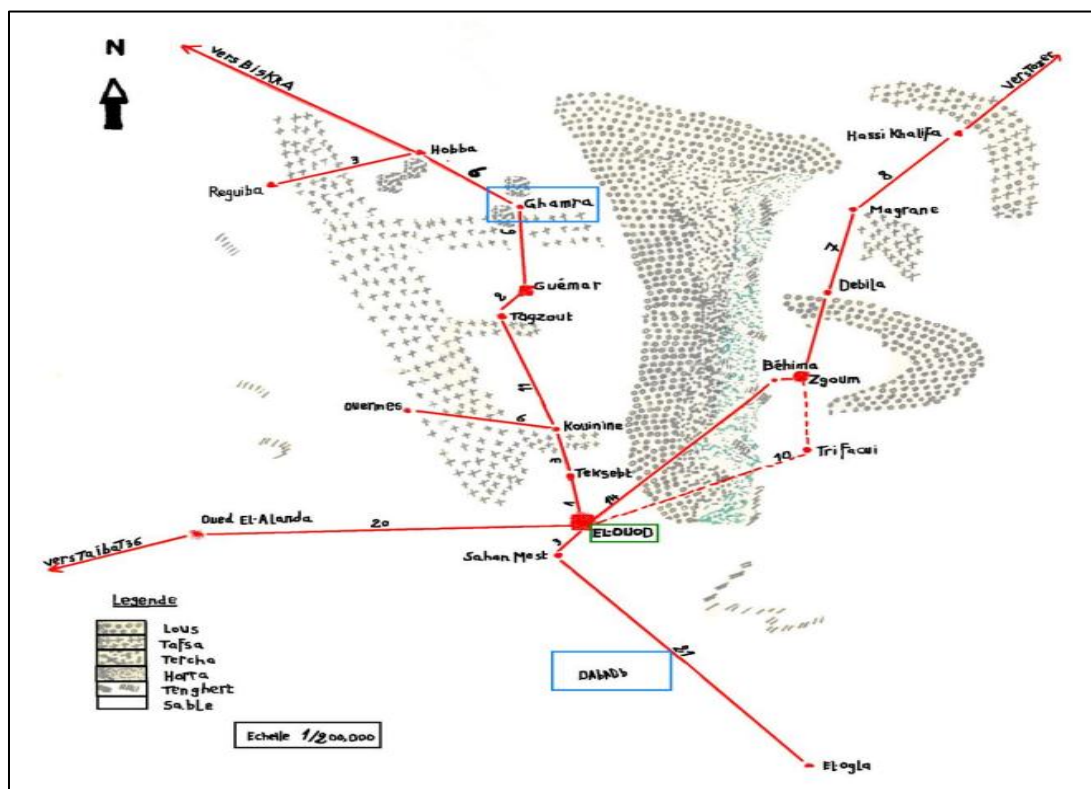


Figure 07 : Carte représentative des reliefs de la région du Souf (Najah, 1971 modifier par Alia & Ferdjani)

II.4.2. Hydrologie

Malgré l'absence des ressources de surfaces, la vallée d'Oued-Souf dispose d'une réserve hydraulique très importante, présente sous forme de trois nappes souterraines. De point de vue hydrogéologique, la région d'Oued Souf sont représentées par deux systèmes aquifères, à savoir, le complexe terminal et le continental intercalaire. Ces deux systèmes sont surmontés par une nappe libre appelée nappe phréatique (Voisin, 2004). Les eaux de la nappe du Souf sont caractérisées par une forte salinité, une faible sodocité et un pH acceptable (Kachou, 2006). Les formations géologiques dans la région du Souf présentent une succession régulière allant du Crétacé inférieur jusqu'au Mi- Pliocène, ainsi qu'à celui du quaternaire qui renferment de grands aquifères selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Ouargla (ANRHO, 2005). On distingue :

- *Nappe phréatique superficielle* : Cette nappe se trouve partout dans le Souf, elle est semi-captive et repose sur un plancher argilo- gypseux du Pontien supérieur. Elle est

constituée principalement par des dépôts de sable quaternaire. Son épaisseur atteint les 67 mètres et sa profondeur varie de 10 à 40 mètres selon la topographie du terrain et sa salinité oscille entre 5 et 7 g/l (DRE., 2010). Elle est actuellement exploitée pour l'irrigation.

- **Nappes profondes** : Elles sont constituées par deux grands réservoirs de deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire qui sont exploités dans le cadre de l'irrigation et de l'alimentation en eau potable (DRE., 2010).
- **Nappe du Complexe Terminal** : Existe sous forme de trois nappes, Les deux premières correspondent aux nappes des sables, la dernière est celle des calcaires. La première nappe des Sables Elle est constituée par des sables peu grossier se trouvant à une profondeur moyenne de 180 m. La deuxième nappe des sables elle se situe entre la première et la nappe des calcaires. Sa profondeur varie entre 400 et 600 m. la nappe des calcaires, elle est composée de formations calcaireuses (INRH, 1998).
- **Nappe du Continental Intercalaire (Barrémien-Albien) (CI)** : Cette nappe est contenue dans les argiles sableuses et les grès du Continental Intercalaire. Il s'agit d'une eau fossile emmagasinée au cours des périodes pluviales du quaternaire. Elle se situe entre le massif du Tassili et de l'Atlas saharien, couvrant une étendue de 600.000 km² avec une épaisseur importante de plusieurs centaines de mètres. Elle est artésienne, débitant 200 à 250 l / s et caractérisée par une température élevée de 58 à 70 °C, avec une salinité de 1,5 à 2 g/l (DRE, 2010).

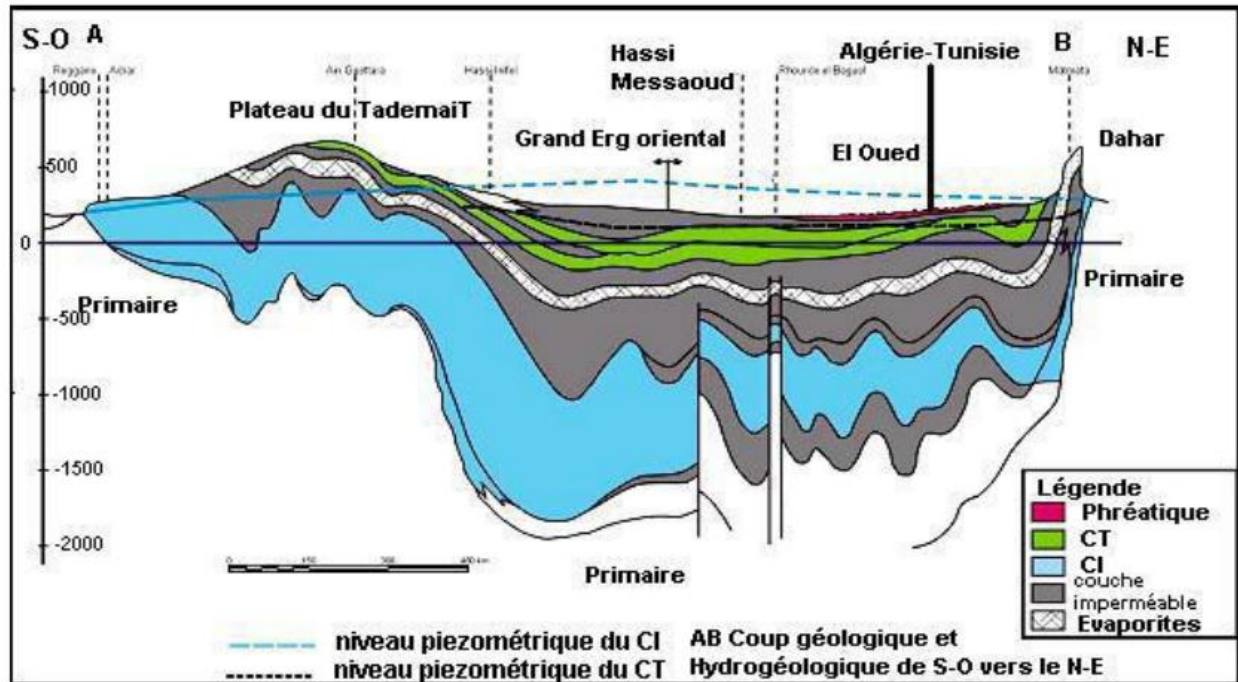


Figure 08 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI" (UNESCO, 1972).

II.4.3. Climatologie

Les facteurs climatiques ont des actions multiples sur la physiologie et le comportement des animaux notamment les insectes (Dajoz, 1998). Le climat est classé comme facteur principal grâce à son rôle dans la distribution des êtres vivants en particulier les invertébrés terrestres (Faurie *et al.*, 1980). Il peut se définir comme étant l'ensemble des états habituels et fluctuants de l'atmosphère qui, dans leurs successions saisonnières, caractérise une région ou un site (Sane & Laurent, 2007). Dans la région d'étude (Oued Souf : Sahara), les caractères du climat sont dus, à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures et au régime des vents qui se traduisent par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991). Il se différencie, notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations avec une moyenne variant entre 80 et 100 mm/an, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de températures, en hiver la température baisse au-dessous de 0°C alors qu'en été elle atteint 50°C. Néanmoins, nous pouvons distinguer un microclimat de la palmeraie qui modifié relativement les paramètres climatiques (ANDI, 2013). En effet, parmi les facteurs climatiques, la pluviométrie et la température en sont les principaux. Leur combinaison constitue un élément important pour la caractérisation climatique d'une région. Ainsi pour caractériser le climat de

notre région d'étude nous avons fait une synthèse des données s'étalant sur une période de 10 ans (2011- 2020) et qui serviront de bases pour caractériser le climat de la région.

II.4.3.1. Température :

La température dans la Wilaya d'El Oued très élevées. Elle est parmi les wilayas la plus chauds en Algérie. La température moyenne annuelle est de 29.71°C pour l'année (2023). Les données enregistrées montrent que le mois de juillet le plus chaud a atteint une température moyenne 38°C, La température la plus basse enregistrée est en un mois de Janvier 10.2°C (Tableau 01).

Tableau01 : Les données de Température de la région d'Oued Souf(2023) (O.N.M.El Oued et

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
T	10.2	19.2	19.1	21.9	25	31.6	38	33.5	30.2	25.1	18.4	12.5	29.71

(WWW.tutempo.com)

II.4.3.2. Précipitations

Les précipitations font référence à toutes les formes d'eau fondue et piquée qui tombe de l'atmosphère. Ils varient d'un endroit à l'autre et ont des effets importants sur la distribution et le type d'organismes présents (BENAZIA, 2021).

D'après le tableau, la précipitation annuelle est estimée 29.71 mm, Le mois de mai a été caractérisé par une quantité de précipitations atteignant 10.16mm, Pas de précipitations dans les mois (Janvier et Mars et Juillet, Septembre et Octobre) (Tableau 02).

Tableau02 : Les données Précipitations de la région d'Oued Souf (2023)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
P(mm)	0	6.86	0	4.06	10.16	1.02	0	0.5	0	0	2.03	5.08	29.71

(O.N.M.El Oued et WWW.tutempo.com)

a. II.4.3.3. Les vents :

La direction des vents dans la région d'Oued Souf est Est, Nord-est prédominant, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-ouest, caractérisé par des températures très

élevés (Sirocco).

Généralement au printemps les vents sont les plus forts (période de pollinisations des palmiers). Ils sont chargés des sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu' à 3 jours consécutifs, avec une vitesse allant de 30 à 40 km/h(Tableau 07)) (CHEKIMA et al , 2021).

Tableau 03 :Les variations de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2023)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Vm /S	9.3	9.9	12.2	13	15.1	14.4	11.5	11.3	11.6	8.8	10	9.5	11.4

(O.N.M.El Oued et WWW.tutiempo.com)

II.4.3.4. L'Humidité Relative :

L'humidité est liée à la concentration de vapeur d'eau dans l'air, ce qui indique la possibilité de précipitations, de rosée ou de brouillard.

La région d'Oued Souf est caractérisée par un air sec, avec une humidité annuelle moyenne atteignant 36,9%. Le pourcentage d'humidité varie en fonction des saisons. La valeur d'humidité moyenne la plus élevée était de 60% enregistrée en décembre et la valeur d'humidité moyenne la plus basse était de 17,5 en juillet(**Tableau 04**).

Tableau 04 : Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (2023)

Mois	Jan	Fév	Ma r	Av r	mai	Jui n	Juil	Août	Sep	Oct	No v	Dé c	Annue l
Hum %	47. 9	47. 6	32.3	32	35. 9	29.3	17. 5	27.5	32. 9	34. 6	46	60	36.9 %

(O.N.M.El Oued et WWW.tutiempo.com)

Synthèse climatique :

a. Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gaussen :

Ce graphique Ombrothermique de Bagnols et Gaussen aide les écologistes et les climatologues à calculer la durée de la saison sèche. En intégrant la température mensuelle moyenne et les précipitations mensuelles moyennes (**Figure 07**).

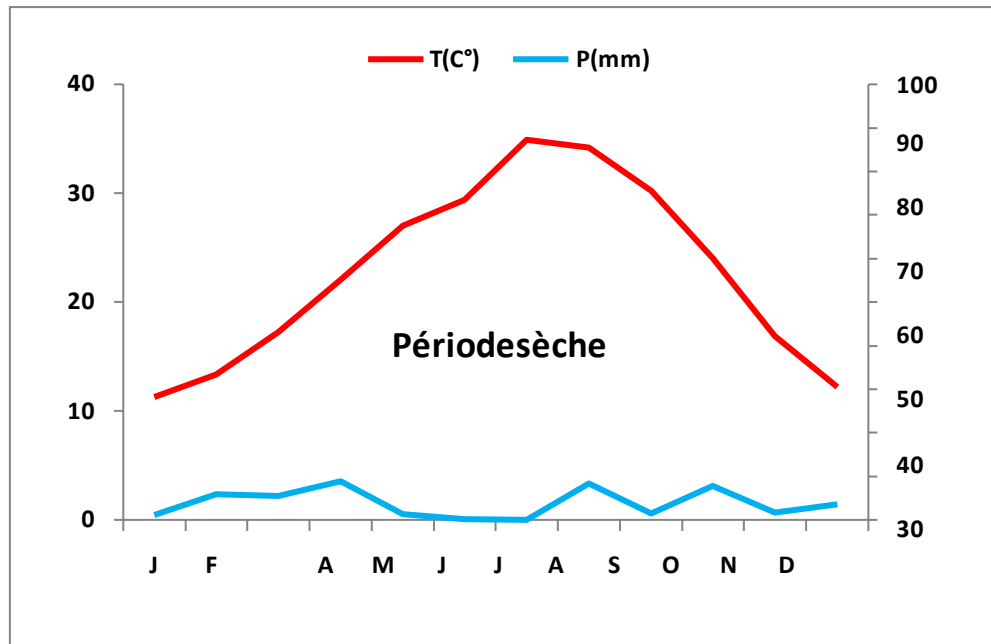


Figure 09: Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gaussen de la région d'El Oued (période 2012-2023)

Partant de ce principe, nous avons établi le diagramme ombrothermique pour la période 2012-2023 et pour l'année 2023 afin de mettre en évidence la variation mensuelle de la durée des périodes sèches et humides caractérisant la région du Souf. Pour l'année 2023, on remarque que la période sèche s'étale sur toute l'année à l'exception d'une courte période, presque un mois (mi-janvier jusqu'à le mi-février).

b. Climagramme d'EMBERGER :

Le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté en axe des abscisses par la moyenne des températures minimales du mois le plus froid et en axe des ordonnées par le quotient pluviothermique (Q_2)

d'EMBERGER(1933) (LeHouerou, 1995). Nous avons utilisé la formule de Stewart (1969) adaptée pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \frac{p}{(M-m)}$$

- P = Pluviométrie moyenne en (mm)
- M = Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)
- m = Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

Pour la région du Souf (2012 - 2023), où P = 29,71 mm, M = 38 °C et m = 10,2°C. le quotient pluviothermique (Q₂) s'élève à 3,6 et permet de classer la région dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure 08).

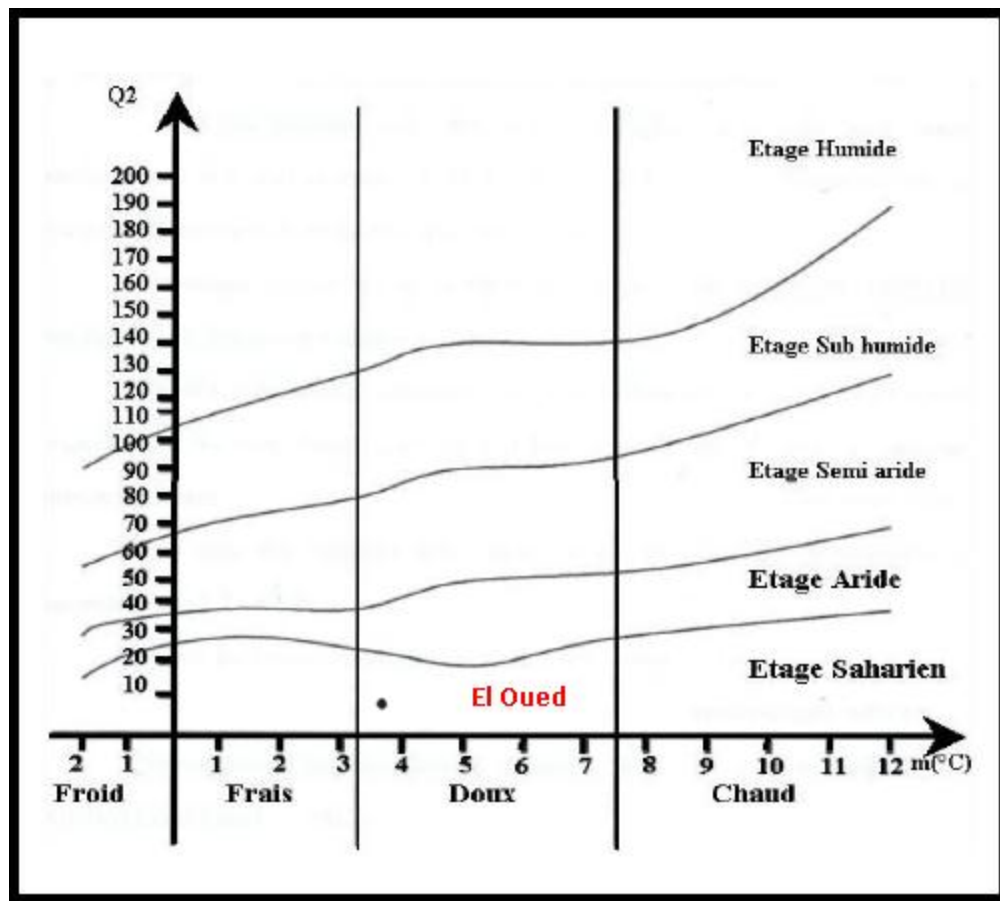


Figure 10: Situation de la région d'El Oued dans le diagramme d'Emberger.

II.4.3.5. Insolation

La lumière joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques, par sa durée photopériode contrôle l'ensemble du cycle vital des espèces animales (hibernation, diapause, maturation sexuelle (**Ramade, 2003**). Les radiations solaires sont importantes au Sahara, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année (**Alia & Ferdjani, 2008**).

Chapitre III
Matériel et méthodes.

III Matériel et méthodes

Dans ce chapitre d'abord nous avons développé le choix des stations et les procédés utilisés sur le terrain, ainsi que les techniques d'exploitation des résultats par des indices écologiques et des méthodes statistiques.

III.1. Choix et description des stations d'étude

Dans ce travail après une étude de la région d'Oued Souf et, suite à une prospection des berges du lac, nous avons déterminé 4 stations d'échantillonnage au niveau du Lac Souk libya un site urbain (au plein centre-ville) qu'il s'agit en l'occurrence de : ($6^{\circ} 51'31.29''$ E- $33^{\circ} 23'2.65''$ N, L'altitude : 63m). Les stations ont été retenues selon les critères d'accessibilité à l'eau, leur éloignement des habitations, pour éviter les rejets des eaux souillées par l'usage (**Fig. 12**). Plusieurs prélèvements effectués sur une durée de 3 mois allant du Mars à Mai 2024.

III.1.1. Souk libya

Cet endroit situé dans le centre de Wilaya d'El Oued ; Le marché de Libye est localisé dans le centre de la ville, sur la route principale N16. C'est un site urbain, situé à 1883 m du centre-ville de la commune d'el Oued ($33^{\circ} 23'2.65''$ N, $6^{\circ} 51'31.29''$ E). Différenciée par un gîte naturel, c'est un gîte ouvert représenté par une marécage résulte de montée d'eaux souterraines, il est pourvue d'eau claire caractérisé par la présence des animaux dont des oiseaux (canards, hirondelles), batracien (grenouille verte), canidés (chiens), sangliers, ainsi que des plantes herbacés d'une importante abondante autour du gîte et (*Phragmites australis*, *Zygophyllum album*) et plein des déchets, et enfin un sol sableux salé.

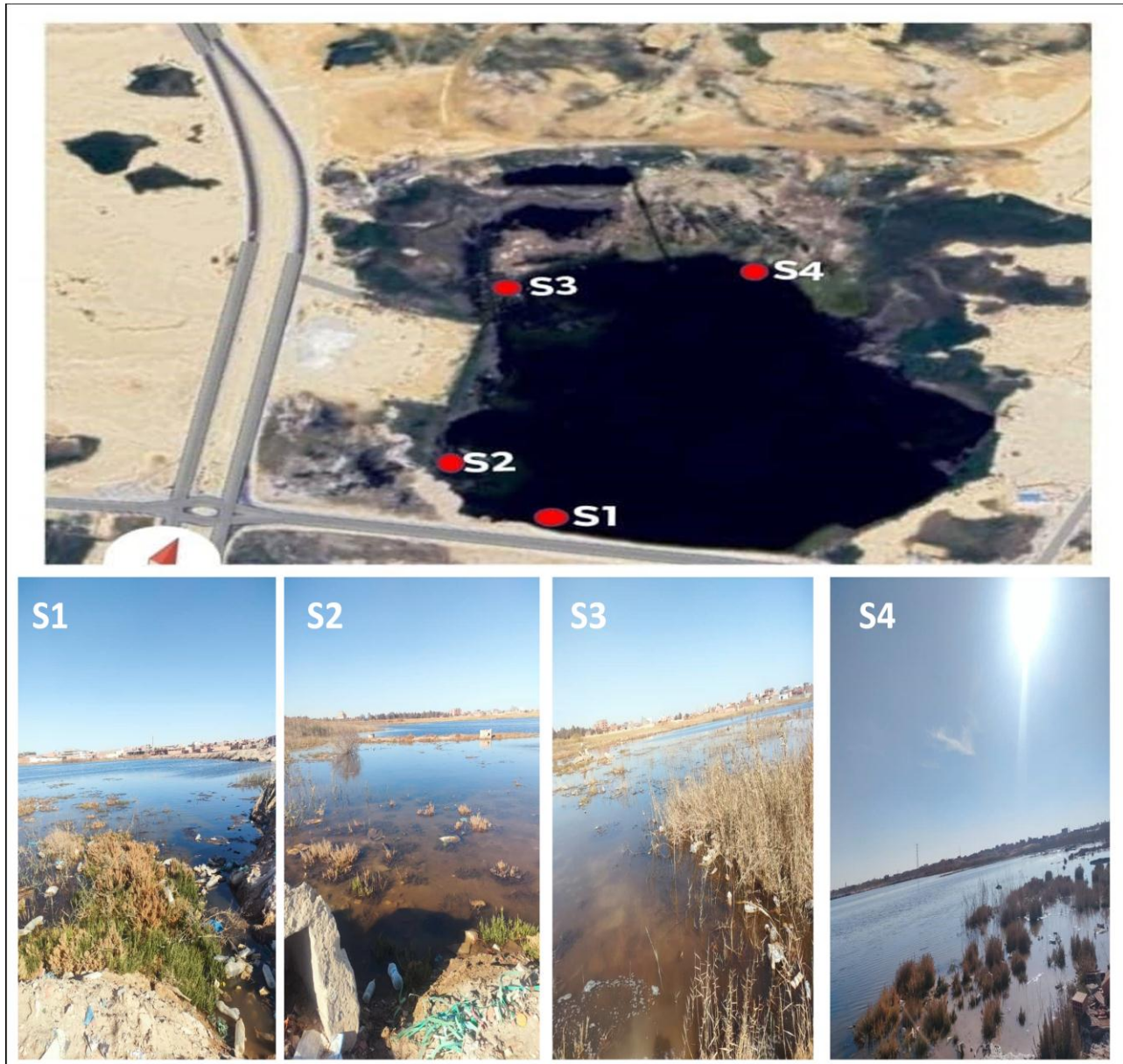


Figure 11 : Positionnement géographique des stations d'échantillonnage (S1, S2, S3 & S4) du lac Souk Libya (Nord-est de l'Algérie) Google Earth (**Photo personnelle**).

III.2. Présentation de Modèle biologique

Les peuplements aquatiques sont particulièrement intéressants dans notre étude qui est basée sur la détermination des certains groupes, de la faune aquatique (macro-invertébrés) : Coléoptères aquatiques, Héétéoptères aquatiques, Hydra-cariens, Culicidés, Ephémères.

III-2-1 Matériel et Méthodes d'étude du peuplement aquatique et son milieu

III-2-1-1-Travail sur terrain

III-2-1-1-1 Techniques d'échantillonnages

La faune aquatique a été récoltée deux fois par mois, de Mars à Mai 2024, dans les stations précitées. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un filet-troubleau de vide de maille de 0,5mm. Cette dernière est plongée dans l'eau, puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous. Le prélèvement de la faune a été réalisé sur une profondeur de 20 à 40 cm le long de la berge de la station choisir. La faune ainsi récoltée sera disposée dans des récipients remplies d'eau de gîte, hermétiquement fermés et étiquetés (Indiquant la date de prélèvement et la station) pour être transporté au laboratoire les espèces récoltées sont conservées après déterminations dans de l'alcool 75% (**Mahmoudi, 2022**). Les différents spécimens capturés ont été dans un premier temps trié en morpho-espèces (**Fig. 12**).

Les prélèvements exigent l'utilisation du matériel suivant :

*Boîte en plastique et bouteilles d'eau vide.

*Pipette en plastique et*bassine blanche.

*Louche.

*Alcool désinfectant.

*Paires de gants.



Figure 12: Technique d'échantillonnage de la faune aquatique (Photo personnelle).

III.2-1-1-2 Prélèvement des échantillons d'eau pour l'analyse physicochimique

Notre échantillonnage a été effectué au niveau de lac Souk libya. Nous nous sommes fixés des règles strictes pour le lieu et mode de prélèvement. Les prélèvements sont effectués depuis les berges du lac des quatre stations sélectionnées (**Fig. 11**). Les cailloux, branchages, racines et autres galets sont éliminés d'emblée. Le prélèvement se fait en immergeant la bouteille, l'ouverture vers le bas jusqu'à 30 cm sous la surface de l'eau, puis en la remontant en exécutant un mouvement en «U», il faut éviter les particules déposées en surface ainsi que celles qui proviennent des sédiments (**Rodier et al., 1996**). La quantité d'eau est fonction des analyses à effectuer et les conservateurs utilisés seront mentionnés pour les paramètres respectifs. Les prélèvements sont conservés à 4C° (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

III-2-1-2- Travail au niveau de laboratoire

Les techniques utilisées au laboratoire consistent : le tri et le montage des spécimens, l'identification au laboratoire de l'espèce recueillie sur le terrain. Ces techniques nécessitent le matériel et les produits suivants :

- Lames, lamelles et compte-goutte.
- Loupe binoculaire.
- Pipette en plastique.
- Microscope optique.
- Tubes à essai.
- Eprouvette -Balance - Boite de pétri -pince souple.
- Epingles entomologiques et colle.
- Eau distillé, NAOH, Glycérine et Vernis.

III-2-1-2- 1- Identification systématique de la faune aquatique

La détermination des taxa étant effectuée sous loupe binoculaire, et sous microscope photonique, les structures des critères sont photographiées par la caméra (Leica) intégrée au microscope. La microdissection est souvent indispensable. L'identification systématique des spécimens s'effectuera sur lame, dans une goutte de la glycérine après rinçage à l'eau distillée. La diagnose générique et spécifique des spécimens, a été réalisée pour les Coléoptères aquatiques selon le catalogue des Coléoptères du Nord de l'Afrique du **Bedel, (1925)** et le Catalogue Atlas des Coléoptères d'Alsace, établi sous l'égide de la Société Alsacienne d'Entomologie (**Callot, 1990; 2001; Schott, 1999; 2000**), et les travaux du **Kocher, (1964; 1969)** et les ouvrages de **Pierre, (1995)**; **Richoux, (1982)** et nombreuses publications de la région méditerranéenne et d'Afrique (**Perissinotto et al., 2016; Boukli-hacene & Hassaine 2010; Bennis & Sàinz-Cantero, 2006**). L'identification systématique des Hydracariens a été réalisée à l'aide des clés dichotomiques de **Cook, (1974)**, **Smith, (1976, 2007)**, **Perrier, (1979)** & **Krantz, (1975, 1978)**. Pour les Ephemères l'identification systématique a été réalisée à l'aide des clés de **Belfiore, (1983)** et (**Gattolliat & Sartori, 2008**). Les déterminations des Héteroptyères aquatiques ont été faites à l'aide des travaux de **Poisson, (1957)**; **Jansson, (1969; 1986)** et **Dethier, (1986)** et nombreuses publications de la région méditerranéenne et de l'Afrique. La détermination systématique des Culicidés, a été réalisée selon des clés dichotomiques appropriées, en se basant sur une série de caractères et de structures morphologiques spécifiques. Les clés utilisées sont celles de **Himmi, (2007)** et le logiciel de **Schaffner et al., (2001)**. Les structures d'identification ont été photographiées sous microscope avec appareil photo intégré.



Figure 13 : Identification et conservation au niveau du laboratoire (Photo personnelle).

III.2.1.2. 2. Traitement physico chimique des échantillons d'eau

Nous avons procédé durant le mois d'Avril 2024, à des prélèvements bimensuels d'eau et à des mesures de 6 paramètres à partir des 4 stations d'étude. Les dosages ont été réalisés au Laboratoire de la station d'épuration de d'Oued Souf l'ONA « office National d'Aménagement ». Cependant le pH, la température, l'oxygène dissous, la conductivité et la salinité ont été mesurés in situ au moment de l'échantillonnage à l'aide d'un multi paramètre (multiline P4 de type WTW), (Fig. 14). Le DBO5 (Demande Biologique en Oxygène pendant 05 jours) qui permet a évalué le taux de matière organique dans l'eau et est exprimé en mg/l Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de "pH" permet de mesurer l'acidité ou alcalinité d'une solution. La valeur du pH est une grandeur sans unité qui est directement liée à sa concentration en ions oxonium H_3O^+ qui proviennent de la fixation d'un proton H^+ sur une molécule d'eau. La MES est définie comme la quantité de matières en suspension dans l'eau en mg/l, et dépend principalement de la solubilité des sédiments qui entrent en contact avec l'eau. La salinité 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, elle s'exprime sans unité, comme le pH, mais on trouve encore des salinités exprimées en ‰, en g/kg ou en psu

(practical salinity unit). La température a été prélevée au moment de l'échantillonnage à l'aide d'un thermomètre (Aminot & Kérouel, 2004).

III.3 Analyse statistique

Toutes nos analyses statistiques ont été réalisées sous **R**, version 4.0.1 (Core Team, 2020); Ce dernier est un logiciel de statistique créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman (Ihaka & Gentleman, 1996). C'est aussi un outil très puissant et très complet, particulièrement bien adapté pour la mise en œuvre informatique de méthodes statistiques. Il est à la fois un langage informatique et un environnement de travail. En effet, La condition de la normalité des distributions a été vérifiée au préalable par l'application du test de Shapiro-Wilk; les distributions étant la plupart du temps asymétriques, ce qui nous a obligés à choisir des alternatives non-paramétriques pour notre analyse statistique. L'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) comme une approche descriptive préliminaire, mais aussi exploratoire a permis de visualiser la structuration de la variation spatio-temporelle au niveau du lac Tonga en fonction d'un ensemble de variables biotiques et abiotiques mesurées. L'ACP nous a permis, d'une part, de rechercher l'existence d'éventuelles similitudes entre les différentes saisons et stations, et d'autre part, de modéliser et de synthétiser les relations linéaires existantes entre nos variables biotiques et abiotiques. Il est à souligner, que la variable (DM) a été utilisée en tant que variable quantitative supplémentaire dans la réalisation de l'ACP. Les résultats de l'ACP sont exprimés, d'une part, par des plans factoriels combinés à des éclipses de confiance pour chacun des 2 facteurs "station" et "saisons", et d'autre part, par les cercles de corrélation de nos variables quantitatives avec les 3 premiers axes de l'ACP. Cette dernière a été réalisé à l'aide du package FactoMineR (Husson *et al.*, 2015).

III.4 Méthodes d'exploitation des résultats par des indices écologiques

Les méthodes d'analyse des données sont diverses et variées. Elles dépendent des méthodes d'échantillonnage et de l'objectif qu'on veut atteindre. Daget (1976) et Southwood (1978) proposent pour l'étude des communautés animales, surtout celle des insectes, d'effectuer des analyses de la distribution d'abondance et des indices écologiques notamment de la diversité ; l'indice de similitude est calculé entre les stations d'étude ; une analyse statistique est effectuée. C'est dans ce contexte que nous nous proposons d'exploiter nos résultats. Les résultats obtenus

sur les insectes aquatiques sont traités d'abord par la qualité de l'échantillonnage puis sont exploités par des indices écologiques de composition et de structure.

III.4.1 Examen des résultats obtenus par la qualité de l'échantillonnage

Selon **Ramade (1984)**, la qualité d'échantillonnage est représentée par a/N , « a » étant le nombre des espèces vues une seule fois au cours de N relevés. Il permet de savoir si la qualité de l'échantillonnage est bonne. Plus a/N est petit, plus la qualité de l'échantillonnage est grande.

III.4.2 Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition employés sont la richesse spécifique, la richesse moyenne, la fréquence centésimale (F.C) ou abondance relative (A.R) et l'indice d'occurrence.

III.4.2.1- Richesse totale (S) :

par définition, c'est le nombre d'espèces que compte un peuplement considéré dans un écosystème donné (**Ramade, 1984**). Elle représente un des paramètres fondamentaux de caractéristique d'un peuplement (**Muller, 1985**). Selon (**Benyacoub & Chabi, 2000**), la richesse est le nombre total d'espèces constatées au cours d'une série de n relevés dans un milieu. Pour la présente étude, la richesse totale est le nombre total des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

III.4.2.2. Richesse moyenne (Sm) :

qui correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans les échantillons d'un peuplement étudié. La richesse moyenne (Sm) est d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements, elle correspond au nombre moyen des espèces contactées dans chaque relevé (**Ramade, 1984**). D'après (**Blondel, 1979**), la richesse moyenne est égale à : $s = \frac{\sum ni}{N \sum ni}$ la Somme des richesses' totales. N : le nombre total de relevés.

III.4.2.3. Abondance spécifique et relative :

L'abondance spécifique d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce dans un milieu donné. L'abondance relative d'une espèce est le rapport de son abondance spécifique à

l'abondance total (fréquence relative). Cette dernière correspond au nombre d'individus de toutes les espèces du peuplement à un moment donné. Elle se calcule comme suit : $AR (\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$ ni : nombre d'individus d'une espèce i N : nombre total d'individus toutes espèces

III.4.2.4. Constance ou indice d'occurrence :

La constance est exprimée par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total des relevés **DAJOZ (1982)**. La constance est calculée par la formule suivante : $C (\%) = \frac{P_i}{p} \times 100$ pi : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée. p : nombre total des relevés effectués. Selon la valeur de C, on distingue les catégories suivantes : Des espèces constantes si $75\% \leq C \leq 100\%$. - Des espèces régulières si $50\% \leq C \leq 75\%$. - Des espèces accessoires si $25\% \leq C \leq 50\%$. - Des espèces accidentelles si $5\% \leq C \leq 25\%$.

III.4.3- Les indices écologiques de structure :

les indices de structure montrent l'aspect qualitatif de l'entomo-faune étudiée. Il s'agit de la diversité de Shannon-Weaver, de l'équipartition, de l'indice de concentration.

III.4.3.1- Indice de diversité de Shannon-Weaver :

Selon **Blondel et al. (1973)**, la diversité peut être définie comme le degré d'hétérogénéité d'un peuplement. **Margalef (1958)** cité par **Legendre et al. (1984)** propose l'utilisation de l'indice de diversité H' de Shannon-Weaver comme mesure de diversité, calculé de la manière suivante : $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$ $P_i = \frac{n_i}{N}$ ni : nombre d'individus d'une espèce i. N : effectifs ou nombre total d'individus de la collection. \log_2 : Logarithme à base de 2 $0 \leq H' \leq 5$. La valeur donnée par cette formule est une information exprimée en bits. Cet indice permet d'avoir une information sur la diversité des espèces de chaque milieu pris en considération, la diversité ne varie pas seulement en fonction du nombre d'espèces présentées mais aussi en fonction de leur abondance relative **Barbault (1981)**. Elle est maximale quand toutes les espèces du peuplement sont représentées par le même nombre d'individus. Par contre, si la diversité est faible on parle d'un peuplement pauvre en espèces **Blondel (1979)**. Par contre, si cet indice est élevé, il implique que le milieu est très peuplé en espèces de la faune aquatique et qu'il est favorable aux insectes d'eau.

II.4.3.2. Diversité maximale :

Blondel (1979) exprime la diversité maximale par la formule suivante : $H' \text{ max.} = \text{Log}_2 S$ H' max. est la diversité maximale exprimée en unités bits S est la richesse totale des espèces.

III.4.3.3. Indice d'équi-répartition :

d'après Blondel (1979), l'équi-répartition est le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. Elle est donnée par la formule suivante : $E = H' / H' \text{ max}$ La valeur de l'équi-répartition E varie entre 0 et 1. Lorsque E tend vers 0 cela signifie que les effectifs des espèces récoltées ne sont pas en équilibre entre eux. Dans ce cas une ou deux espèces dominent tout le peuplement par leurs effectifs. Quand E tend vers 1 cela signifie que les effectifs des espèces capturées sont en équilibre entre eux. Leurs abondances sont donc très voisines.

III.4.3.4. Analyse de similitude (Indice de Jaccard) :

Afin de comparer les peuplements macro-invertébrés dans les 4 stations prises deux à deux, nous avons utilisé le coefficient de similitude de Jaccard. Ce dernier qui ne tient compte que de la présence - absence des espèces, il s'exprime de la manière suivante : avec : $J = c / (a+b+c) \times 100$, a: nombre des espèces présentes uniquement dans relevé a b: nombre des espèces présentes dans relevé b uniquement c: nombre d'espèces communes Nous avons utilisé ce coefficient pour comparer la composition spécifique en espèces des différentes stations prise deux à deux. Plus que les valeurs de ce coefficient, sont proches de 100 plus les deux stations comparées Sont qualitativement semblables.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Inventaire et abondance du peuplement au niveau du Lac souk libya

Les prélèvements mensuels, se sont étalés sur trois mois (Mars – Mai 2024), dans quatre stations choisies au niveau de la périphérie du lac.

IV.6. Discussion

Les macroinvertébrés aquatiques jouent un rôle clé, tant au niveau de la biodiversité que de leur fonction, dans la chaîne alimentaire et dans la production et la stabilité des écosystèmes (Wallace & Webster, 1996, Gueddouche *et al.*, 2024). Dans ces systèmes de bio-surveillance, les organismes les plus utilisés comme bio-indicateurs sont les macroinvertébrés benthiques (Williams & Smith, 1996 ; Clarke *et al.*, 2002 ; Sanogo *et al.*, 2014). La présente étude vise à pallier cette insuffisance en fournissant une première base de données sur la macrofaune d'invertébrés aquatiques du lac Souk libya. Elle a donc pour objectifs (1) d'évaluer la diversité de cette faune et (2) d'identifier, les paramètres biotiques et abiotiques structurant ces peuplements. Du point de vue de la composition taxinomique, les organismes récoltés appartiennent à cinq ordres et six familles. L'ordre des Coléoptères est assez bien représenté avec 2 familles. D'une façon générale, la composition faunistique de la macrofaune aquatique, du lac Souk Libya correspond à celle des eaux douces africaines (Dejoux *et al.*, 1969 ; Durand & Lévêque, 1981 ; Diomandé *et al.*, 2009). Cependant, les Culicidés, les Hétéroptères aquatiques sont assez bien représentés tant au niveau des individus que des familles. L'intérêt écologique d'un inventaire serait donc considérable en raison de l'originalité de ces milieux. D'après les résultats obtenus sur les 4 stations d'étude, la S₂ et S₃ sont les plus abondantes avec 1018 et 873 individus respectivement. Ce site est caractérisé par une faible pression anthropique, situé loin de la route. Les deux autres stations, (S₁) et (S₂), leur abondance présente des valeurs relativement proches, respectivement 191 et 112 individus ; ces sites étant situés dans une zone isolée à l'intérieur du lac et découverts. Ceci s'explique également par le développement de la végétation aquatique qui représente des sources d'abri pour tous les stades de développement biologique de la faune, notamment les stades préimaginaux. La végétation aquatique est la source de nourriture de certaines espèces phytophages. Les autres stations sont entourées de zones urbaines et sur les rives desquels est pratiquée un pompage intensif de l'eau du lac. Sur le plan temporel, les

prélèvements bimensuels ont pour but de capturer et de recueillir la macrofaune aquatique dans différentes conditions biologiques.

Les lacs naturels sont des masses d'eau confinées, dépourvues d'un fort débit pour l'autoépuration de leur eau, ce qui conduit à l'accumulation de diverses impuretés. La détermination des propriétés existantes aide à déterminer des tendances futures de ces polluants et donc de la qualité de l'eau du lac dans un scénario futur (**Loucif et al., 2020**). Notre étude a été consacrée, à étudier l'impact de variation des paramètres physico-chimiques sur la biodiversité de la communauté de la macrofaune aquatiques. Notre étude vise à déterminer, la relation entre l'abondance et la richesse en familles de cette communauté et sa distribution dans leurs habitats, qui peut dépendre des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Dans la présente étude, nous avons cherché à évaluer la diversité et l'abondance des macro- invertébrés aquatiques, établissant ainsi un lien avec les paramètres physico-chimiques de l'eau. Dans ce contexte, évaluer l'état écologique en étudiant les effets des paramètres physico-chimiques de l'eau sur l'abondance et la richesse en espèces. En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques de l'eau : température, pH, salinité, DBO5, TDS & MES. Ils ont été corrélés avec les attributs de la diversité. L'analyse physico-chimique de l'eau sur les sites a révélé que l'abondance était plus faible pendant les mois du Mars et Avril. Les familles identifiées n'ont montré aucune variation significative entre les quatre stations d'échantillonnage. Cette homogénéité dans la composition physico-chimique de l'eau est probablement le résultat de la nature de la source de l'eau, qui est presque entièrement basée sur les nappes d'eaux souterraines qui sont en très grande majorité alimentées par les précipitations. Les tendances spatio-temporelles de presque tous les paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau du lac Souk Libya ont révélé des variations non significatives également pour les facteurs "Station" et "Mois". Cependant, une exception a été signalée pour la variation entre les mois et dans les 4 stations d'échantillonnage a présenté trois différences significatives ont été marquées pour le DBO5, MES & la TDS ($P < 0,05$). La majorité des eaux de surface ont un pH qui varie entre 6,5 et 9 (**JORA, 2011**), ce qui est dû au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (**Rodier et al., 2009**). Les résultats indiquent que le pH du lac est en moyenne de 8,3 dans la gamme de (6,5-8,5) établie par l'**OMS, (2017)**, reflétant un environnement neutre à légèrement alcalin. Cela permet au développement d'une aquaculture optimale et favorise la vie des poissons (**Rodier et al., 2009 ; Mutlu & Uncumusaoğlu, 2016**). Par ailleurs, la matière solide totale (TDS) des eaux analysées était très

faible à élevée dans les sites échantillonnés et varie de 1,83 à 7,93 ppm. La température a varié de 16,96 à 17,2°C, ce qui est favorable au développement de plusieurs insectes (**Mahmoudi et al., 2023 ; Alayat et al., 2023**).

**CONCLUSION
&
PERSPECTIVES**

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Préserver les écosystèmes aquatiques et surveiller en permanence leur état de santé général. La santé (la qualité de l'eau et la diversité des organismes qui y vivent) est essentielle. La composition de la communauté biotique d'un site reflète la combinaison de tous les facteurs L'impact de l'environnement, y compris des macroinvertébrés aquatiques inconnus Ou bien ils ont été ignorés et qui constituent pourtant un noyau dur, notamment en voie de transformation. Les matières organiques, la nourriture pour poissons et oiseaux, ainsi que leurs bienfaits potentiel en tant que composant du diagnostic de contamination. La macrofaune benthique est un élément essentiel de la chaîne alimentaire des écosystèmes aquatiques. Des échantillons de macroinvertébrés ont été prélevés dans le lac Souk Libye situé au centre de la ville d'Oued Souf Au sud-est de l'Algérie, le lac Souk Libye est considéré comme l'un des sites les plus importants de la région car il abrite une vie biologique pure, car il abrite de nombreux organismes vivants, un écosystème isolé et une grande diversité biologique. Des échantillons ont été prélevés dans quatre (4) stations sur une période de (3) mois (Mars - Avril - Mai 2024). Les recherches se sont poursuivies tout au long de cette période dans le but de faire la lumière sur la diversité biologique et de permettre des études aux niveaux spatio-temporels des communautés. Les macroinvertébrés, leur distribution, leur abondance et leur diversité et présentent une méthode Évaluation innovante pour les recherches futures : Les recherches ont permis d'identifier 6 familles sur 5 représenté par (2158) individus. Afin de classer les plans d'eau de ce lac, des paramètres environnementaux ont été déterminés. Ils ont été calculés pour l'abondance, la richesse, le pourcentage de fréquence et la distribution. L'abondance des différentes espèces qui composent ce groupe. Les deuxième (S2) et troisième (S3) stations comportent un grand nombre de familles par rapport aux première (S1) et quatrième (S4) stations.

Lors de notre échantillonnage au niveau des stations aquatiques, six paramètres physico-chimiques ont été mesurés : le pH ; la température ; Salinité ; MES ; TDS & DBO5. Ces paramètres montrent des variations spatiotemporelles. L'analyse montre que le changement des valeurs des paramètres a été signalé pour la quantité de la MES ; TDS & DBO5. Le reste des paramètres ne montrent pas de différence entre les quatre stations choisies durant les trois mois. Cependant, Toutes les familles sont positivement corrélées avec le pH ; Salinité ; TDS & DBO5, et sont négativement corrélées avec la température de l'eau et TDS.

Afin de compléter et de poursuivre ce travail, il serait essentiel d'aborder les points suivants :

- La faune benthique et mal connus en Algérie, ainsi qu'à travers le monde, une étude sur la biodiversité et l'identification des espèces macro benthiques serait indispensable pour une meilleure connaissance de ce matériel biologique.
- Un suivi perpétuel et à long terme de l'état des zones aquatique désertique en général et du lac Souk Libya précisément doit être réalisé.
- Une sensibilisation biologique et éco-toxicologique doit être faite par les différents chercheurs, afin de préserver ces zones, et de conserver cette richesse naturelle inestimable, donc on tir à la sonnette d'alarme pour protéger cette zone humide reconnue.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

References bibliographies

- Alayat MS, Bendali-Saoudi F, Mahmoudi K, Soltani N. (2023).** Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara). *Oriental Insects*. 57:1102–1127. <https://doi.org/10.1080/00305316.2023.2187892>
- Algérien, Canadian Journal of Technology and Scientific Management**, Vol. 1, Issue 1
- Allal M., 2008** – Régime trophique de la Pie grièche grise *Lanius excubitor elegans* Swainson, 1831 dans la palmeraie de Debila (Souf) et L'ex-I.T.A.S (Ouargla). *Mém. Ing. agro. saha. Ouargla*. 122 p.
- Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin (No. 551.464 AMI.
- Aminot, A., & Kérouel, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses. France: Quae.
- Amira, K., Boudjelida, H., & Farine J.P. (2013).** Effect of an insect growth regulator (halofenozide) on the cuticular hydrocarbons of *Culex pipiens* larvae. *Afr. Entomol*, 21(2), 343-348.
- Aouati, A. (2005).** Etude de la biodiversité des Culicidae du marais Lac des oiseaux. Mémoire d'ingénieur. Univ. Annaba.
- Ati, S. (2008).** Activité biologique du *Bacillus thurngiensis israelensis* sur les larves de *Culex pipiens*. Effet sur plusieurs aspects biochimiques et reproduction. Thèse de Magistère en Biologie et Physiologie Animale, Option : Reproduction Animale, Université d'Annaba.
- Beaudouin, E., Poncet, P., & Lavaud, F. (2021).** Composition des venins d'hyménoptères et de la salive des arthropodes hématophages. *Revue Française d'Allergologie*, <https://doi.org/10.1016/j.reval.2021.08.002>.
- Beaudouin, E., Poncet, P., & Lavaud, F. (2021).** Composition des venins d'hyménoptères et de la salive des arthropodes hématophages. *Revue Française d'Allergologie*, <https://doi.org/10.1016/j.reval.2021.08.002>.
- Beaudrouet, A. (2018).** Le réchauffement climatique et ses conséquences sur le comportement de quelques Diptères vecteurs d'infections humaines en France Métropolitaine. Thèse pour le diplôme d'Etat de docteur en Pharmacie. Université de Limoges.
- Bedel, L. (1925).** Catalogue reasoned of beetles in North Africa (Morocco, Algeria, Tunisia & Tripolitania) with notes on the fauna of the Canary Islands and Madeira (Part 1.
- BEGGAS, Y. (1992).** Contribution à l'étude bioécologique des peuplements
- Belfiore, C. (1983).** Guide pre il riconoscimento delle specie animali delle arce interne Italiane (24) Effemerotteri (Ephemeroptera). Collana del progetto finalizzato, Promozione Della Qualità Dell'Ambiente AQ.
- Bendali-Saoudi, F. (2006).** Etude bioécologique, Systématique et Biochimique des Culicidae (Diptera- Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte Biologique anticulicidienne. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Naturelle, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Boudjelida, H., Bouaziz, A., Thomas, S., Smaghe, G., & Soltani N. (2005).** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pest. Bioch. and Physiol*, 83, 115- 123.
- Brunet, J. L., Brunet, P.A., & Brunet, O. (2006).** Les Insectes et la santé. *John Libbey Eurotextn*.
- Brunet, J. L., Brunet, P.A., & Brunet, O. (2006).** Les Insectes et la santé. *John Libbey Eurotextn*.

- Callot, H. J. (1990).** Catalogue and Atlas of the Beetles of Alsace. Volume 2 Hydradephaga: Dytiscidae, Haliplidae, Gyrinidae, Alsatian Society of Entomology & Zoological Museum of the University and City of Strasbourg, 69 p.
- Chabbi, Y. & Benyacoub, S. (2000).** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala, composition - statut - répartition. Synthèse, Revue des sciences et technologie. Publication de l'Université d'Annaba (Algérie). No 7, 98 p.
- Chapman, A. D. (2009).** Numbers of Living Species in Australia and the World. *Australian Biological Resources Study*. 184 p.
- Clarke, R.T, Furse, M.T, Gunn, R.J, Winder, J.M & Wright J.F. (2002).** Sampling variation in macroinvertebrate data and implications for river quality indices. *Freshwater Biology*, 47, 1735-1751.
- Clement J.M. (1981).** Larousse agricole. Ed. Montparnasse, Paris, 1207P.
- Cook, D.R. (1974).** Water mite genera and subgenera. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 21:vii+1-860.
- Dajoz R. (1982).** Précis d'écologie. Ed. Bordas. Paris. 503p.
- Dajoz R. (1998).** Le feu et son influence sur les insectes forestiers. Mise au point
- Dajoz, R. (1971).** Précis d'écologie. (ed) Dunod. Paris, 434 p.
- Dajoz, R. (1971).** Précis d'écologie. (ed) Dunod. Paris, 434 p.
- Dejoux, C., Lauzanne, L., & Lévêque, C. (1969).** Evolution qualitative et quantitative de la faune benthique dans la partie est du lac Tchad.
- Dethier, M. (1981).** Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, les Héteroptères. *Off. Rech. Sci. Tech. Outre-Mer*, 45, 661-683.
- Dreux, P. (1963).** Evaluation de l'effectif d'une population par la méthode des marquages et recaptures. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, (3), 367-381.
- Emeka, U.J., Sylvanus, U.H., Akuoma, U.B., & Nanee, D.S. (2020).** Benthic macroinvertebrates diversity and physical-chemical parameters as indicators of the water qualities of Ntawogba Creek Port Harcourt Nigeria. *American Journal of Chemical and Biochemical Engineering*, 4(1), 8-17. doi:10.11648/j.ajcbe.20200401.12.
- Faurie C., Ferra C., Medori P., Devaux J., 1980–**Ecologie.
- Gattolliat, J.L., & Sartori, M. (2008).** What is *Baetis rhodani* (Pictet, 1843) (Insecta, Ephemeroptera, Baetidae)? Designation of a neotype and redescription of the species from its original area. *Zootaxa*, 1957, 69-80.
- Gueddouche, M., Bendali-Saoudi, F., Mahmoudi, K., & Soltani, N. (2024):** Larval mosquito predation: evaluation of the effectiveness of five aquatic arthropod species against larvae of *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 (Diptera: Culicidae). *Oriental Insects*. <https://doi.org/10.1080/00305316.2024.2331702>
- Himmi, O. (2007).** Les Culicidae (Insectes, Dipteres) du Maroc: Systématique, Ecologie et Etudes Epidemiologiques Pilotes.Thèse de doctorat d'état en Biologie spécialité ecologie.Univ. Mohamed V- Agdal, Faculté des sciences Rabat.
- Holmen, M. (1987).** The aquatic Adepaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Brill.
- Jolivet, P. (1980).** Les Insectes et l'homme. Insecte d'importance médicale. *Masson. edspestic. Sci*, 55, 909-918.
- JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2011).** Qualité de l'Eau de Consommation Humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-mourad Raïs. Algiers, Algaria, pp. 7-25.

- Kachou T.**, 2006 - Contribution à l'étude de la situation de l'arboriculture fruitière dans la région du Souf, Mém. Ing. Agro. ITAS. Ouargla, 95p.
- Khechekouche, E. (2011)**. Bio-écologie du Fennec, Fennecuserda, (Zimmermann,
- Kocher, L. (1964)**. Commented catalogue of the Beetles of Morocco. X. Addendum and corrigendum. Tables. *Work of the Cherifian Scientific Institute and the Faculty of Sciences, Zoology Series*, 30, 1-200.
- Kraïem, M. (1986)**. Contribution à l'étude hydrobiologique de trois cours d'eau du Nord-Ouest de la Tunisie. Présentation, physico-chimie et aperçu faunistique. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 55(3), 96-104.
- Lane P. R. et Crosskey R. W. (1993)**. Medical insects and arachnids, Chapman and Hall, London. 723p.
- Le Berre, M. (1990)**. Faune du Sahara. Mammifères. Ed. Rymond Chabaud, T.2, Paris,359p.
- Le Berre, M. (1989)**. Faune du Sahara, Poissons, Amphibiens, Reptiles, Ed. Raymond Chabaud-Lechevalier, Paris, 332 p.
- Mahmoud, A.M, & Riad A.S. (2020)**. Ecological studies on some aquatic insects in the Damietta branch, River Nile of Egypt as bioindicators of pollution. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(4), 57-76. doi:10.21608/ejabf.2020.95322.
- Mahmoudi K. (2022)**. Etude bioécologique des Culicidae et de la faune associée au niveau du lac Tonga. Lutte biologique (plantes et prédation) de quelques espèces inventoriées. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie. <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2023/06/These-Mahmoudi-Khaoula.pdf>
- Mahmoudi K, Bendali-Saoudi F, Soltani N. (2023)**. Do water physicochemical parameters explain richness and phenology of aquatic beetles (Coleoptera) in Tonga Lake (Northeast Algeria)? *Oriental Insects*. 57(1):1–24. <https://doi.org/10.1080/00305316.2022.2033335>
- Markert, B., Wappelhorst, O., Weckert, V., Herpin, U., Siewers, U., Friese, K., & Breulmann, G. (1999)**. The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 240(2), 425-429.
- Meziani. (2012)**. La réutilisation des eaux usées dans la région de Souf-Sahara
- Min JK, & Kong, DS. (2020)**. Distribution patterns of benthic macroinvertebrate communities based on multispatial-scale environmental variables in the river systems of Republic Of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 35(1), 323-347. doi:10.1080/02705060.2020.1815599.
- Min JK, & Kong, DS. (2020)**. Distribution patterns of benthic macroinvertebrate communities based on multispatial-scale environmental variables in the river systems of Republic of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 35(1), 323-347. doi:10.1080/02705060.2020.1815599.
- Moisan, J. (2010)**. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p.
- Mostefaoui O. Et Khechekhouche E. (2008)**. Ecologie trophique de Fennecs Zeldi (Zimmermann, 1780) dans les régions sahariennes cas de la région du Souf et la cuvette d' Ouargla. Mém. Ing.Agro. ITAS. Ouargla, 162p.
- Mouane, A. (2010)**. Contribution à la connaissance des Amphibiens et des Reptiles de la région de l'Erg Oriental (Souf, Taibet et Touggourt). Mém. Magistère : Écologie Animale. Univ. Biskra, 164p

- MOUANE, A., 2020.** Contribution à l'étude de l'écologie de l'herpétofaune du Sahara septentrional. Thèse doctorat en Écologie Animale, Université Biskra, 155P.
- Mouane, A, Si Bachir, A, Ghennoum, I, Harrouchi, A. 2013.** Premières données sur la diversité de l'Herpétofaune de l'Erg oriental (Région du Souf - Algérie). *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 148: 491–502.
- Mouane, A. 2010.** Contribution à la connaissance des Amphibiens et des Reptiles de la région de l'Erg Oriental (Souf, Taibet et Touggourt) [Magister dissertation]. Biskra, Algeria: University of Biskra.
- Nadjah A. (1971).** Les Oasis du Souf, Edit Maison de livre, Algérie.174 p.
- Neveu-Lemaire. (1923).** L'évolution de la classification des Culicidae. *Annales de Parasitologie*, T.1(1).18 p.
- O.M.S. (1973).** Lutte antivectorielle en santé internationale. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 156 pp.
- Pierre, F.B. (1995).** Clé Illustrée des Familles des Coléoptères de France. Paris *l'Entomologiste*. Tome 50. 56, 0013- 8886.
- Poisson, R. (1957).** Faune de France.n° 61, Hétéroptères Aquatiques, figure 33, page 59.
- Polhemus, J.T., & Herring J.L. (1970).** Études hydrobiologiques en Nouvelle-Calédonie (Mission 1965 du Premier Institut de zoologie de l'Université de Vienne). X. Aquatic and semi-aquatic hemiptera of New Caledonia. *Cah. Orstom, sér. Hydrobiol*, 4 (2), 3-12.
- Popoola, K.O.K., & Otalekor, A. (2011).** Analysis of aquatic insects' communities of Awba reservoir and its physico-chemical properties.
- Proctor, H.C. (2006).** Key to Aquatic Mites Known from Alberta. Agriculture Canada, Ottawa.
- Ramade (1984).** Élément d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mac. GrawHill, Paris, 397 p.
- Raven., Berg., Hassenzähl. (2009).** Environnement. 1780) dans le Sahara septentrional (cas de la région du Souf).
- Régnière, J. (2009).** Predicting insect continental distributions from species physiology. *Unasylva*, 60 (231), 37-42.
- Régnière, J. (2009).** Predicting insect continental distributions from species physiology. *Unasylva*, 60 (231), 37-42.
- Ribera, I., Beutel, R.G., Balke, M., & Vogler, A.P. (2002).** Discovery of Aspitytidae, a new family of aquatic Coleoptera. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 269, 2351–2356. doi:10.1098/rspb.2002.2157.
- Ribera, I., Foster, G. (1993).** Use of aquatic Coleoptera as biological indicators (Coleoptera). *Elytron*, 6, 61-75.
- Richoux, P. (1982).** Practical introduction to the systematics of organisms of French continental waters. 2. Aquatic Coleoptera (genera: adults and larvae). *Bulletin Mensuel de la Société Linneenne de Lyon*, 51(8), 257-272.
- Rodhain, F., & Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Ed. Maloine S. A, Paris, 458 p.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambou, P., Champsaur, H., & Rodier, L. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer . 8eme édition. Paris. *Collection Dunod*, 383 p.

- Sanogo, S., Kabre, J.A.T., Cecchi, P. (2014).** Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(3),1005-1029.
- Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hevry, J.P., Rhaïem, A., & Brunhes, J. (2001).** Moustique d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.
- Short, A.E.Z. (2018).** Systematics of aquatic beetles (Coleoptera): current state and future directions. *Systematic Entomology*, 43(1), 1-18. doi:[10.1111/syen.12270](https://doi.org/10.1111/syen.12270).
- Slater, J. A., & Baranowski, R. M. (1978).** How to Know the True Bugs. Dubuque, Iowa.
- Strayer, D.L, & Dudgeon D. (2010).** Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344-358. doi:[10.1899/08-171.1](https://doi.org/10.1899/08-171.1).
- Strayer, D.L, & Dudgeon D. (2010).** Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344-358. doi:[10.1899/08-171.1](https://doi.org/10.1899/08-171.1).
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2003).** Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie. *CNRS Editions*. Paris, 587 p.
- Taşar, GE. (2018).** Contributions to the knowledge of aquatic Coleoptera fauna (dryopidae, helophoridae, heteroceridae, hydrochidae, hydrophilidae, gyridae, halplidae and noteridae) of Diyarbakır, Mardin and Batman Provinces (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(8), 927-936. doi:[10.4194/1303-2712-v18_8_01](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_8_01).
- Wallace, J.B., & Webster J.R. (1996).** The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41(1),115-139. doi:[10.1146/annurev.en.41.010196.000555](https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.000555).
- Walter, D. E., & Proctor, H. C. (1999).** Mites: ecology, evolution and behaviour. Life at a Microscale. *Springer*. 2nd Edition.
- Williams, D.D., & Smith, M.R. (1996).** Colonization dynamics of river benthos in response to local changes in bed characteristics. *Freshwater Biology*, 36, 237-248.
- Wilson, 1988; Wilson, O. (1988).** Biodiversity. Washington National Academy press. Parasitologia, Ornithologia , Entonologia .Institut of ecology , Vilnius . ISS N 13926.