



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED
كلية العلوم والطبيعية الحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا
Département de biologie
MEMOIRE DE FIN ETUDE
En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
Biologiques
Spécialité : Biodiversité et Environnement

THEME

Etude préliminaire sur les macro-invertébrés aquatiques
des marais d'Oued Souf (Sud-Est Algérien)

Présenté par :

**DRIF Isra*

**HASSANI Maroua*

Devant le jury composé de :

Président : Mr. BACHI Om Elkhir M.C.A Université d'El Oued

Examineur : Maoune Aicha M.C.A Université d'El Oued

Encadrante : ALAYAT Moufida Saoucen M.C.A Université d'El Oued

Année Universitaire : 2024-2025

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu, Maître des mondes, par Sa grâce les projets voient le jour et les efforts aboutissent. C'est avec Son aide que nous avons pu mener à bien ce travail.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire. Nous les remercions pour le temps qu'ils y ont consacré, ainsi que pour leurs remarques pertinentes et enrichissantes.

Nos remerciements les plus profonds vont à notre encadrante, Dr ALAYAT Moufida Saoucen, pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils avisés et son accompagnement constant tout au long de cette étude.

Nous exprimons également notre gratitude à pour son aide précieuse, sa bienveillance et son soutien continu.

Nos vifs remerciements vont à l'ensemble des responsables et membres du laboratoire pour leur encadrement, leur accompagnement et leurs orientations durant toutes les étapes de ce travail.

Nous remercions enfin les techniciens de la station d'épuration de Oued Souf (ONA – Office National de l'Assainissement) pour leur collaboration et leur aide dans la réalisation des analyses physico-chimiques.

DEDICACES

Louange à Dieu, Seigneur des Mondes. Je dédie cet ouvrage à:

La lumière de la maison, ma mère Fatima, cette femme patiente et généreuse, mon précieux trésor.

à mon soutien éternel, mon père AbdelKader, qui a cru en mes capacités, puisse-t-il rester longtemps à mes côtés.

à ma sœur bien-aimée Hanane, et à mes chers frères jaber, Ayoub, Yacoub.

à ma chère grand-mère Farida.

A ma professeure compatissante, patiente et merveilleuse, Alayat Mufida Sawsan, qui a insisté pour que nous ne présentions pas d'ouvrages sur vous et votre niveau.

A mes oncles, chacun nommément. A ma seule tante, qui m'a toujours soutenu .

à mes tantes, chacune nommément. à mes tantes, chacune nommément.

à mes oncles, chacun nommément. et en particulier à mes oncles Ammar, le deuxième père, et à mes oncles Othman et Abdel Rahman.

à ma fidèle amie Rachida

à l'épouse de mes oncles Ammar et Othman. Tout mon respect et toute ma reconnaissance.

A tous ceux qui ont prié pour moi et m'ont soutenu de près ou de loin. Merci du fond du cœur.

Maroua

DEDICACES

Lui seul accorde la réussite, et par Sa grâce tout s'accomplit.

Louange à Lui, autant que le nombre des battements de cœur et des bénédictions visibles et invisibles.

Puis à la Palestine, À la terre sacrée, à la plaie ouverte, au symbole d'une résistance inébranlable,

Je t'offre ce travail modeste, en gage d'amour, de fidélité et d'un attachement éternel.

À mon cher père(Brahim), Source de force tranquille, d'honnêteté et d'endurance,

Tu m'as appris que la patience est une force et que le travail est une voie inévitable.

À ma chère mère(Medjda), Mon refuge, ma tendresse et ma lumière dans les jours sombres.

Ton amour et tes prières constantes ont été le pilier silencieux de mon chemin

À mon beau-père(Mohamed), Pour sa bienveillance, ses encouragements et son respect sincère.

Et à ma belle-mère(Saliha), qui m'a accueillie avec le cœur d'une seconde mère, dans l'amour et la bonté

À mon époux bien-aimé(Abdelmadjid), Mon compagnon, mon pilier, mon soutien infaillible.

Merci d'avoir supporté les défis de ce parcours avec patience, amour et dévouement.

À mes jumeaux adorés (M, Modjib et M, Monib), Lumière de mes journées, souffle de ma vie, Vous êtes le rêve devenu réalité, la joie pure et inépuisable.

À mes frères et sœur (Intissar, Abdellatif, Ahmed, Moh Tayeb, Abdelbadie, Moh Laid),

Présents dans mes pensées, dans mes forces et mes silences. Votre amour m'a portée tout au long de ce chemin

À mes beaux-frères, Pour votre présence discrète, votre respect constant, et votre sincère gentillesse.

À mon grand-père(Laid), qu'Allah lui fasse miséricorde, Ton souvenir ne me quitte pas, ta prière me suit encore.

À mon oncle (Moh taher), qu'Allah lui accorde Sa miséricorde, Ton absence me blesse, mais ton empreinte demeure éternelle.

À mes deux grand-mères (Hania et Khadidja), que Dieu les protège, Et à mon grand-père(Abdallah), que Dieu lui accorde longue vie.

Vous êtes les racines, la sagesse et l'amour sans condition.

À ma directrice de mémoire (Dr, Alayat Moufida Saoucen), Merci pour votre bienveillance, vos conseils avisés et votre accompagnement constant. Vous avez marqué ce travail par votre présence lumineuse et inspirante.

Et enfin, à toute ma famille,

À chacun et chacune d'entre vous, pour un mot, un geste, une prière ou un sourire,

Je vous dédie cette réalisation, humble mais sincère, avec tout mon amour et ma gratitude.

Isra

RESUME :

Cette étude s'inscrit dans le cadre des efforts scientifiques visant à renforcer les connaissances sur la biodiversité dans les milieux fragiles, notamment les zones humides sahariennes encore peu explorées sur le plan écologique. La région d'Oued Souf, située dans le sud-est algérien, a été choisie comme modèle d'étude en raison de la richesse de ses écosystèmes aquatiques, comprenant des marais, des sebkhas et des points d'eau d'origine naturelle ou anthropique. L'objectif principal de cette recherche est d'inventorier et d'identifier les communautés de macro-invertébrés aquatiques à travers certaines stations d'échantillonnage réparties dans la région durant sept mois (de Décembre 2024 à Juin 2025), ainsi que d'analyser les caractéristiques physico-chimiques des eaux durant trois saisons différentes (hiver, printemps et été).

Les résultats obtenus ont mis en évidence une diversité spécifique élevée, regroupant 27 espèces appartenant à 17 familles et 9 ordres, avec une dominance marquée de certaines familles et espèces, ce qui traduit la capacité d'adaptation de ces organismes aux conditions environnementales extrêmes ainsi qu'elles occupent une position centrale dans les réseaux trophiques dans ces écosystèmes d'eau douce, et représentent des bons bioindicateurs de la qualité de ces eaux. Par ailleurs, une variation spatio-temporelle significative de la répartition des espèces a été constatée, en lien avec la qualité de l'eau et les paramètres écologiques locaux.

L'étude a également révélé la présence d'espèces présentant un intérêt épidémiologique, telles que certaines larves de moustiques et mollusques d'eau douce, pouvant jouer un rôle de vecteurs de maladies parasitaires. Ces résultats soulignent l'importance écologique et scientifique des zones humides sahariennes, et appellent à leur intégration dans les politiques de conservation de l'environnement, notamment face aux impacts croissants du changement climatique et des pressions anthropiques. Ainsi, ce travail représente une contribution préliminaire à l'inventaire faunistique local, ouvrant la voie à des recherches futures plus approfondies.

Mots-clés : macro-invertébrés aquatiques, Wilaya d'El Oued, indices écologiques, analyse des caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

ملخص

تندرج هذه الدراسة في إطار الجهود العلمية الرامية إلى تعزيز المعارف حول التنوع البيولوجي في البيئات الهشة، لا سيما المناطق الرطبة الصحراوية، التي لا تزال إلى حدّ الساعة قليلة الدراسة من الناحية الإيكولوجية. وقد تم اختيار منطقة وادي سوف، الواقعة في الجنوب الشرقي الجزائري، كنموذج لهذه الأوساط الطبيعية، نظرًا لما تزخر به من تنوع بيئي خاص ووجود عدة مواقع مائية طبيعية وشبه طبيعية، مثل المستنقعات والسبخات. تهدف هذه الدراسة إلى جرد وتحديد المجتمعات الحيوانية لللافقاريات المائية الكبيرة (Macro-invertébrés) عبر بعض المحطات موزعة بالمنطقة مدة سبعة أشهر من ديسمبر 2024 إلى جوان 2025، بالإضافة إلى تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه هذه المحطات خلال ثلاث فصول مختلفة (الشتاء، الربيع، والصيف).

كشفت النتائج عن وجود تنوع نوعي معتبر، شمل 27 نوعًا ينتمون إلى 17 عائلة و9 رتب، مع هيمنة لبعض الرتب والفصائل والأنواع، ما يعكس قدرة هذه الكائنات على التكيف مع الظروف البيئية القاسية و كذلك مكانتها ودورها الأساسي في السلاسل الغذائية في الأوساط المائية و اعتبارها مؤشرات بيئية جيدة لتحديد كفاءة ونوعية هذه المياه العذبة . كما تم تسجيل تباين زمني ومكاني ملحوظ في توزيع الأنواع، مرتبطًا بخصائص المياه والظروف البيئية لكل محطة.

ومن النقاط المهمة التي أبرزتها الدراسة أيضًا، وجود بعض الأنواع ذات الأهمية الصحية، على غرار يرقات البعوض وبعض الرخويات، والتي قد تمثل ناقلات محتملة لأمراض طفيلية. وتبرز هذه النتائج الأهمية البيئية والعلمية الكبرى للمناطق الرطبة في وادي سوف، مما يستوجب إدراجها في استراتيجيات الحماية البيئية، خاصة في ظل التغيرات المناخية والتوسع العمراني والأنشطة البشرية المتزايدة. وعليه، فإن هذا العمل يشكل مساهمة أولية نحو جرد شامل للتنوع الحيوي المحلي، ويفتح آفاقًا مستقبلية لأبحاث أكثر تعمقًا في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات المائية، ولاية الوادي، مؤشرات إيكولوجية، تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء

Abstract:

This study is part of broader scientific efforts aimed at enhancing knowledge about biodiversity in fragile ecosystems, particularly Saharan wetlands, which remain largely understudied from an ecological perspective. The region of Oued Souf, located in southeastern Algeria, was selected as a study model due to its rich aquatic ecosystems, including marshes, sebkhas, and both natural and anthropogenic water bodies. The primary objective of this research is to inventory and identify the aquatic macro-invertebrate communities across several sampling stations in the region, in addition to analyzing the physico-chemical characteristics of the water during three different seasons (winter, spring, and summer).

The results revealed a high level of species diversity, comprising 27 species across 17 families and 9 orders, with a notable dominance of certain families and species. This diversity reflects the remarkable adaptability of these organisms to extreme environmental conditions. Moreover, significant spatio-temporal variation was observed in species distribution, linked to water quality and local ecological parameters.

The study also highlighted the presence of species with epidemiological importance, such as mosquito larvae and freshwater mollusks, which are potential vectors of parasitic diseases. These findings emphasize the ecological and scientific value of Saharan wetlands and the urgent need to incorporate them into environmental conservation strategies, particularly in light of climate change and growing human pressures. Therefore, this work represents a preliminary but essential contribution to the local faunal inventory and opens the door to more in-depth future research.

Keywords: aquatic macroinvertebrates, El Oued province, ecological indicators, physico-chemical analysis of water.

Liste des abréviations

C : Degré.

Fig: Figure.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé P : Seuil de signification.

pH : Potentiel Hydrogène

T ° : Température

Tab :Tableau.

P mm : précipitation.

TABLEAU DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Cycle de vie du ver gordien	14
2	Cycle développement des Clicidae	16
3	Larve de <i>Cx. pipiens</i>	17
4	Coléoptère aquatique, Gauche - <i>Haliphus ruficollis</i> (De Geer), vue dorsale. Droite <i>Haliphus flavicollis</i> (Sturm), vue ventrale	18
5	Cycle biologique des Hétéroptères	20
6	Hétéroptère aquatiques, A : Vue dorsale. B : Vue de profil d'un Hétéroptère adulte modifiée.	20
7	Face ventrale d'une femelle adulte du genre <i>Limnesia</i> selon Proctor ,	22
8	Cycle biologique des hydracariens	22
9	Morphologie générale de larve des Ephémères	23
10	Quelques types des larves d'Ephémères	24
11	Préparation française des olympiades internationales de géoscience	25
12	Trichoptères (Trichoptera) Fig.a, c, d	26
13	Différentes formes des larves des diptères	27
14	Morphologie générale de larve des Odonates. A : Larve d'Anizoptère. B : Larve de Zygoptères. C : Bras mentonnier	29
15	Morphologie des crustacées	30
16	Cycle de vie de <i>Daphnia magna</i>	30
17	Situation géographique de la région d'Oued Souf et Découpage administratif de la wilaya	33
18	Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gausson de la région d'El Oued	40

19	Position de la région d'Oued Souf dans le Climagramme d'EMBERGER (2014-2024).	41
20	Carte de localisations des sites d'études	45
21	Positionnement géographique des stations d'échantillonnage	46
22	Technique d'échantillonnage de la faune aquatique	47
23	Identification et conservation au niveau du laboratoire	49
24	le pourcentage des ordres inventoriés dans les 8 stations et les 3 saisons	61
25	Répartition en pourcentage, A : par Ordre et B : par Famille des Macro-invertébrés inventoriés.	62
26	Richesse spécifique des espèces inventoriées au niveau des 8 stations de la région d'Oued Souf	64
27	Abondance relative(%) des espèces inventoriées au niveau des 8 stations d'étude au dans la région d'Oued Souf	65
28	Richesse spécifique des espèces inventoriées durant trois saisons au niveau de la région d'Oued Souf	69
29	Abondance relative (%) des espèces inventoriées durant trois saisons d'étude au niveau de la région d'Oued Souf	70
30	l'indice de diversité Shannon-Weaver au niveau des 8 stations d'étude au niveau de la région d'Oued Souf (Décembre 2024 – Juin 2025).	73
31	l'indice d'équitabilité des espèces inventoriées au niveau des 8 stations d'étude dans la région d'Oued Souf (Décembre 2024 – Juin 2025).	74
32	l'indice de diversité Shannon-Weaver durant trois saisons d'étude au niveau de la région d'Oued Souf	75
33	l'indice d'équitabilité des espèces inventoriées durant trois saisons d'étude au niveau de la région d'Oued Souf	76
34	<i>Physa fontanilis</i> Linnaeus 1758	77
35	<i>Corixa punctata</i>	78
36	<i>Daphnia magna</i>	79
37	<i>Sigara coleoptrata</i>	80

38	Aedes dorsalis Meigen 1830	82
39	Dytiscus semisulcatus	83
40	Hydrachna cruenta	84
41	Herophydrus guineensis	86
42	Parametre physique-chimique de l'eau par 8 station	90

TABLE DES TABLEAUX

N°	Titre	
1	Les données de Température de la région d'Oued Souf(2024)	38
2	Les données Précipitations de la région d'Oued Souf (2024	38
3	Les variations de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2024)	39
4	Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (2024)	39
5	Station d'étude des invertébrés situées dans la région de oued Souf (coordonnées, dimensions, nature)	46
6	Inventaire des espèces de macro-invertébrés benthiques récoltées au niveau du marais de la région d'Oued Souf (Décembre 2024 - Juin 2025) / Embranchement/ classe/ Ordre/Famille/ Espèces/ Effectif.	59
7	Valeurs des qualités d'échantillonnages des espèces capturées dans huit stations de la région d'Oued Souf de mois de Décembre 2024 jusqu'au mois de Juin 2025.	64
8	Fréquence d'occurrence (Focc, Catégorie d'espèce(C) des Macro-invertébrés	68
9	Fréquence d'occurrence (Focc, Catégorie d'espèce(C) des Macro-invertébrés pendant trois saisons d'études au niveau de la région d'Oued Souf	72
10	Variation Spatiale des paramètres physico-chimiques et nombre total d'individus	93
11	Variation Saisonnière des paramètres physico-chimiques et nombre total d'individus	94

Sommaire

REMERCIEMENTS

DEDICACES

DEDICACES

RESUME

ملخص

Abstract

Liste des abréviations

TABLEAU DES FIGURES

TABLE DES TABLEAUX

Introduction02

Partie

Bibliographiques

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I .1. Généralités sur les macro-invertébrés :07

I .1.1.Habitat.....07

I .1.2.Cycle de vie.....08

I .1.3.Diversité.....08

I .1.4.Rôle écologique.....08

I .1.2. Importance des macro-invertébrés aquatiques.....08

I.2.1 . Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau.....08

I .2.2. Chaîne alimentaire.....09

I .2.3. Décomposition et recyclage des matières organiques..... 10

I .2.4. Régulation des populations aquatiques 10

I .3. Effets négatifs des macro-invertébrés aquatiques : 11

I .3.1. Espèces envahissantes et déséquilibres écologiques : 11

I .3.2. Défis de gestion et de détection	12
I .3.3. Vecteurs de maladies	13
I.3. 4. Impact économique.....	15
I .3.5. Déséquilibre dans les écosystèmes artificiels ou dégradés	15
I .4. Quelque représentant des invertébrés :	15

Chapitre II

Présentation de la région d'étude

II.1. Situation géographique	34
II.2. Caractérisation floristique.....	35
II.3 Caractérisation faunistique	36
II. 4. Caractéristiques climatiques	37
II.4.1. Température.....	37
II.4.2 . Précipitations:.....	38
II .4. .3. Vents :.....	39
II .4.4. Humidité Relative :.....	39
II .5 . Synthèse climatique :.....	40
<i>Partie pratique</i>	43

Chapitre III

Matériel et méthodes.

III.1. Choix et description des stations d'étude.....	45
III.2. Présentation de Modèle biologique	48
III-2-1 Matériel et Méthodes d'étude du peuplement aquatique et son milieu.....	48
III-2-1-1-Travail sur terrain.....	48
III-2-1-1-1 Techniques d'échantillonnages.....	48
III-2-1-1-1-2 Prélèvement des échantillons d'eau pour l'analyse physicochimique.....	49
III-2-1-1-2- Travail au niveau de laboratoire	49
III-2-1-1- 3- Identification systématique de la faune aquatique.....	49
III.2.1.2. 2. Traitement physico chimique des échantillons d'eau	51

III.3 Traitement des données.....	51
III.3.1 Examen des résultats obtenus par la qualité de l'échantillonnage	52
III.3.2 Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition.....	52
III.3.2.1 Richesse spécifique totale :	52
III.3.2.2 Richesse spécifique moyenne :.....	52
III.3.2.3 Fréquences centésimales ou abondances relatives :	53
III.3.2.4 Constance ou indice d'occurrence.....	53
III.3.3 Exploitation des résultats par des indices écologiques de structure.....	54
III.3.3.1 Indice de diversité de Shannon-Weaver.....	55
III.3.3.3 Analyse de similitude (Indice de JACCARD):	55

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Inventaire et abondance du peuplement des macro-invertébrés benthiques au niveau des marais dans la région d'Oued Souf	58
IV.1.1. Répartition de l'effectif récolté (%) par ordre et par famille	62
IV.2. Analyse des résultats par les divers indices	64
IV.2.1. Qualité d'échantillonnage :	64
IV.2.2. Indices écologiques	65
IV.2.2.1. Indices écologiques de composition.....	65
IV.2.2.2. Indices de structure	74
IV.3. Description taxonomique de quelques espèces inventoriées	77
IV.4. Caractérisation physico- chimiques de l'eau.....	88
IV.4. 1. Evolution Spatio-Temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau	88
IV.4.2. Variation Spatio-Temporelle des paramètres physico-chimiques et nombre total d'individus	92
Discussion.....	95
CONCLUSION & PERSPECTIVES	99
Références.....	102
Annexes	111

Introduction

Introduction

Les « macro-invertébrés » désignent les animaux invertébrés que l'on capture généralement avec des filets ou tamis de 500 μm . Ils regroupent plusieurs centaines de genres issus de différents groupes, tels que les Arthropodes, Mollusques, Annélides, (Hauer & Resh, 2017).

Les invertébrés représentent plus de 95 % des espèces animales connues (Wilson et al., 1999). Ils vivent presque partout et constituent une part essentielle de la biodiversité terrestre et aquatique. Parmi eux, les Arthropodes sont particulièrement nombreux, avec plus d'un million d'espèces, dont environ 75 % sont des insectes (Gourmelon & Ahtiainen, 2007).

Ils sont très utiles pour évaluer la qualité de l'eau, en raison de sa présence dans tous les cours d'eau et leur collecte est simple (Lin et al., 2016). Bien que les eaux douces couvrent seulement 2,3 % de la surface terrestre, elles abritent au moins 9,5 % des espèces animales connues (Reid et al., 2019).

Ces organismes jouent aussi un rôle clé dans les chaînes alimentaires aquatiques. Ils participent au transfert d'énergie et au recyclage des matières. Ils servent de nourriture à de nombreuses espèces de poissons, amphibiens et oiseaux (Moisan, 2017).

Les insectes aquatiques, à différents stades (larves, nymphes, adultes), constituent environ 95 % des macro-invertébrés. Parmi eux, on trouve les éphémères, diptères, trichoptères, coléoptères, odonates et lépidoptères. D'autres groupes comme les annélides, mollusques et crustacés sont aussi présents (Lee et al., 2006).

Les macro-invertébrés benthiques sont visibles à l'œil nu. Ils vivent au fond des rivières et lacs et incluent insectes, mollusques, crustacés et vers (Moisan & Pelletier, 2008). Leur répartition varie selon les couches d'eau et leur tolérance à la pollution est différente. La disparition d'espèces sensibles et l'apparition d'espèces tolérantes indiquent une baisse de la qualité de l'eau (Sanogo et al., 2014). Ils sont donc d'excellents bio-indicateurs (Markert et al., 1999).

La qualité d'un écosystème aquatique peut être évaluée et surveillée à l'aide de divers indicateurs, qu'ils soient biotiques ou abiotiques. Parmi ces indices, les macro-invertébrés,

Introduction

reconnus comme de bons indicateurs de l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (Nguyen et al., 2017)."

La protection de la qualité des eaux douces est un enjeu majeur, surtout face à la demande croissante en eau propre (Moisan et al., 2013 ; Nguyen et al., 2017). Les macro-invertébrés sont d'excellents indicateurs écologiques grâce à leur habitat fixe, leurs différents cycles de vie, leur diversité et leur tolérance variable à la pollution (Moisan & Pelletier, 2008).

Ils sont aussi impliqués dans la transmission de maladies, telles que les arboviroses et parasitoses, véhiculées par certains nématodes transmis par les moustiques des genres *Aedes* et *Culex* (Koumba et al., 2018). Ces maladies sont préoccupantes pour la santé humaine et animale.

Malgré leur richesse écologique, les zones humides en Algérie subissent une pression croissante liée à diverses activités humaines : surpâturage, braconnage, urbanisation anarchique, pollution d'origine industrielle et agricole, sans oublier les impacts du changement climatique. Ces menaces ont entraîné une régression des surfaces d'habitats naturels, une détérioration de la qualité des eaux et une baisse des populations de certaines espèces rares d'eau (Ben Saci et al., 2023).

Bien que situées en milieu désertique, certaines régions abritent des zones humides sous diverses formes, telles que des oasis, des marécages, des berges de cours d'eau, des lacs ou encore des stations de filtration. La région d'El Oued, en plein cœur du désert, compte plusieurs plans d'eau naturels, notamment le Chott Dhiba et Saif El Menadi, issus de la remontée de la nappe phréatique. On y trouve également des plans d'eau d'origine anthropique, comme les stations de filtration localisées dans les communes de Kounine et de Hassani Abd al-Karim. Ces zones humides constituent une ressource hydrologique précieuse pour la région d'Oued Souf, offrant un habitat favorable à la vie et à la diversité des invertébrés benthiques.

Cependant, ces milieux sont insuffisamment protégés et subissent une dégradation progressive liée au rejet d'eaux usées ainsi qu'à l'accumulation de déchets et de gravats, mettant en péril la biodiversité locale. De plus, le manque d'études sur les macro-invertébrés aquatiques – qui sont d'excellents bioindicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques – limite la compréhension de leur rôle dans ces milieux. C'est dans ce contexte que nous avons entrepris une

Introduction

étude préliminaire visant à identifier et inventorier les macro-invertébrés présents dans certaines zones marécageuses de la région d'Oued Souf.

En vue de réaliser les objectifs prioritaires suivants :

- Identifier les macroinvertébrés qui ont été collectés au niveau des stations prospectées dans la région d'Oued Souf, et de mieux comprendre leur diversité. Cette étude vise également à repérer les espèces bio-indicatrices, ainsi que celles susceptibles de transmettre des agents pathogènes (les hôtes intermédiaires ou vecteurs).

-Réaliser des analyses physico-chimiques de l'eau à chaque station durant trois saisons, pour comprendre l'impact des facteurs biotiques et abiotiques sur la répartition spatio-temporelle des macro-invertébrés benthiques, ainsi que leurs préférences écologiques.

La présente étude est structurée en quatre chapitres :

Le premier chapitre : consiste en une synthèse bibliographique avec des généralités sur les macro-invertébrés (définition, morphologie, classification, importance, Habitat ect)

- Le deuxième chapitre : Traite les caractéristiques générales de la région d'étude, notamment la position géographique, géologie, climatologie et les caractéristiques floristiques et faunistiques.
- Le troisième chapitre : Englobe la description des sites d'études et les divers matériel, méthodes et techniques employées sur terrain et au niveau de laboratoire pour effectuer ce travail, ainsi que les techniques utilisées pour traiter et exploiter les résultats obtenus.
- Le quatrième chapitre : qui représente la majeure partie de ce travail avec des résultats obtenus et discussion. Enfin une conclusion et perspectives clôturent ce travail.

Partie
Bibliographiques

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur les macro-invertébrés :

Les macro-invertébrés d'eau douce sont des organismes animaux dépourvus de squelette osseux ou cartilagineux, visibles à l'œil nu, qui vivent dans les milieux aquatiques tels que les rivières, les lacs et les étangs. Ils comprennent principalement les insectes aquatiques, les mollusques, les crustacés d'eau douce ainsi que les vers, et jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes d'eau douce. Ces organismes, en raison de leur diversité taxonomique et de leur sensibilité aux changements environnementaux, sont largement utilisés comme bio-indicateurs pour évaluer la qualité et la santé des habitats aquatiques (Popoola & Otalekor, 2011 ; Tachet et al., 2006).

Les macro-invertébrés représentent un taxon très varié, englobant plusieurs phylums. Cette diversité morphologique et fonctionnelle offre à ce groupe une large gamme de réponses possibles face aux perturbations environnementales, ce qui en fait un outil privilégié pour la bio-évaluation des écosystèmes aquatiques (Rosenberg & Resh, 1993).

Parmi eux, les insectes aquatiques constituent la majorité des macro-invertébrés benthiques. Ils existent sous différentes formes selon leur cycle biologique : larve, nymphe et adulte (Anonyme, 2014). Leur morphologie générale est caractérisée par trois segments distincts : la tête, le thorax et l'abdomen.

Les macro-invertébrés sont largement utilisés comme bio-indicateurs pour évaluer la qualité des cours d'eau. Selon Véronique (2014), les bio-indicateurs permettent de détecter les modifications environnementales et les contaminations, d'évaluer l'impact de ces perturbations sur l'écosystème, ainsi que de superviser l'amélioration de la qualité environnementale suite aux mesures correctives mises en place (Rosenberg & Resh, 1993).

I.1.1.Habitat

Les macro-invertébrés aquatiques se retrouvent dans les sédiments, la végétation, les rochers ainsi que dans les débris présents dans les systèmes d'eau douce (Bonada, 2015). Ils colonisent des micro habitats spécifiques, particulièrement dans les cours d'eau de tête (Atapaththu, 2024), où les conditions physico-chimiques et la structure du milieu influencent leur distribution et leur abondance.

I.1.2.Cycle de vie

Ces organismes subissent des cycles de vie complexes incluant plusieurs stades, tels que l'œuf, la larve ou nymphe, et l'adulte (Bonada, 2015). Une caractéristique notable de nombreuses espèces est la transition entre un stade larvaire strictement aquatique et un stade adulte terrestre, ce qui leur permet d'exploiter des niches écologiques distinctes au cours de leur développement (Atapaththu, 2024).

I.1.3.Diversité

Les macro-invertébrés aquatiques regroupent une vaste diversité taxonomique comprenant des arthropodes, des mollusques, ainsi que des annélides (Hauer & Resh, 2017). La composition des communautés varie fortement en fonction de la qualité de l'eau et des conditions environnementales locales, faisant d'eux des bio-indicateurs pertinents pour l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques (Welti et al., 2024).

I.1.4.Rôle écologique

Ces organismes jouent plusieurs rôles écologiques essentiels, agissant comme prédateurs, détritivores et filtreurs, ce qui contribue à la stabilité des réseaux trophiques dans les écosystèmes d'eau douce (Chaloner et al., 2009; Atapaththu, 2024). De plus, leur présence et diversité servent d'indicateurs fiables de la santé environnementale et de la qualité de l'eau, ce qui est crucial pour la gestion et la conservation des ressources aquatiques (Welti et al., 2024).

I.2.Importance des macro-invertébrés aquatiques

I.2.1.Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau

Les macro-invertébrés aquatiques sont considérés comme des bio-indicateurs particulièrement fiables en raison de leur sensibilité aux variations environnementales, notamment aux changements de la qualité de l'eau. Ces organismes réagissent différemment aux polluants présents dans l'eau, tels que les composés organiques, les nutriments excédentaires responsables de l'eutrophisation, ou encore les substances chimiques toxiques. En effet, certaines espèces possèdent une faible tolérance à ces perturbations, tandis que d'autres sont capables de survivre dans des conditions plus dégradées (Orozco-González & Ocasio-Torres, 2023 ;

Abdullahi & Ibrahim, 2018). Cette diversité de tolérance permet d'établir des profils précis de la qualité écologique d'un cours d'eau. Pour quantifier ces observations, des indices standardisés comme l'Indice Biotique ou le Biological Monitoring Working Party (BMWP) sont utilisés dans de nombreuses régions du monde. Ces indices reposent sur la composition et l'abondance des macro-invertébrés collectés dans un site donné. En combinant ces données, il est possible d'évaluer la qualité de l'eau de manière objective et comparative. Par exemple, un indice élevé indique généralement une eau de bonne qualité, tandis qu'un indice bas signale une pollution importante ou une dégradation écologique (Roldán-Pérez, 2016 ; Gresens et al., 2009). De plus, l'utilisation de ces bio-indicateurs permet d'identifier rapidement les zones nécessitant une intervention pour restaurer ou protéger la qualité des eaux. Cela s'avère particulièrement utile pour la gestion durable des ressources hydriques, la réglementation des rejets polluants, et la mise en œuvre de politiques environnementales efficaces. Ces méthodes de surveillance sont également moins coûteuses et plus représentatives des impacts à long terme que les analyses chimiques ponctuelles (Gresens et al., 2009).

I.2.2. Chaîne alimentaire

Les macro-invertébrés occupent une position centrale dans les réseaux trophiques des écosystèmes d'eau douce, en jouant un rôle essentiel dans le transfert d'énergie. En effet, ils consomment principalement des producteurs primaires tels que les algues et la matière organique morte (détritiques), transformant ces ressources en biomasse accessible aux consommateurs supérieurs (Rabo, 2024 ; Bonada, 2015). Cette conversion est indispensable pour la survie des poissons, amphibiens, oiseaux aquatiques, et autres prédateurs, qui dépendent directement ou indirectement de ces ressources. La diversité et la densité des macro-invertébrés influencent fortement la disponibilité de la nourriture pour ces consommateurs. Par conséquent, une baisse de la diversité ou de l'abondance des macro-invertébrés peut entraîner un effet domino sur l'ensemble de la chaîne alimentaire, affectant les populations de poissons et d'autres organismes aquatiques (Rabo, 2024). De plus, certains macro-invertébrés sont eux-mêmes des prédateurs importants, contrôlant la population d'autres invertébrés et contribuant ainsi à l'équilibre trophique.

Le rôle de ces organismes est également crucial dans les environnements fluviaux où les cycles de vie complexes et la mobilité des espèces favorisent des interactions écologiques dynamiques.

Par exemple, les poissons benthiques se nourrissent largement de macro-invertébrés présents sur le fond des rivières, soulignant l'importance de la conservation de ces communautés pour la pêche et la biodiversité locale.

I.2.3. Décomposition et recyclage des matières organiques

Les macro-invertébrés jouent un rôle fondamental dans le processus de décomposition des matières organiques au sein des écosystèmes aquatiques. En tant que détritivores, ils fragmentent les débris végétaux et animaux, facilitant ainsi l'activité microbienne qui transforme ces matières en nutriments assimilables par les plantes aquatiques et les algues (Rashid & Pandit, 2014). Ce mécanisme est essentiel pour le recyclage des nutriments, garantissant le renouvellement constant des ressources nécessaires à la production primaire. Par ailleurs, les filtreurs parmi les macro-invertébrés participent à la purification de l'eau en capturant et en éliminant les particules en suspension, contribuant ainsi à la clarté et à la qualité globale de l'eau. Ces fonctions assurent non seulement le maintien de la santé écologique des milieux aquatiques mais aussi la résilience des écosystèmes face aux perturbations environnementales.

Le rôle des macro-invertébrés dans ces processus est également lié à leur diversité fonctionnelle : différentes espèces assurent des fonctions complémentaires dans la chaîne de décomposition et dans le cycle des nutriments, ce qui favorise la stabilité et la productivité des habitats aquatiques. Par conséquent, leur déclin peut perturber ces équilibres naturels et engendrer des effets négatifs sur la qualité de l'eau et la biodiversité (Rabo, 2024).

I.2.4. Régulation des populations aquatiques

Les macro-invertébrés prédateurs occupent une fonction clé dans le contrôle des populations d'autres organismes aquatiques. Par exemple, les larves de libellules, des prédateurs voraces, régulent la densité d'autres invertébrés et microorganismes, empêchant ainsi leur prolifération excessive (Rabo, 2024). Cette régulation biologique est indispensable pour maintenir un équilibre au sein des communautés aquatiques et éviter des déséquilibres qui pourraient compromettre la stabilité écologique. Sans cette fonction de contrôle, certaines espèces pourraient se multiplier de manière incontrôlée, menant à une compétition accrue pour les ressources, à la dégradation de l'habitat, et à la baisse de la qualité de l'eau due à l'accumulation de déchets organiques ou à des phénomènes d'eutrophisation (Rabo, 2024). Cette régulation

contribue aussi à préserver la diversité biologique en permettant la coexistence de multiples espèces, chacune occupant une niche écologique spécifique. Les interactions complexes entre prédateurs et proies chez les macroinvertébrés participent donc au maintien des processus écologiques fondamentaux et à la résilience des écosystèmes d'eau douce. (Bonada, 2015; López-López & Sedeño-Díaz, 2015).

I.3.Effets négatifs des macro-invertébrés aquatiques :

Bien que les macro-invertébrés aquatiques soient généralement bénéfiques, certains peuvent avoir des effets négatifs en cas d'introduction dans des milieux non adaptés, de pollution, ou de déséquilibre écologique. Il est donc important de gérer les écosystèmes de manière durable pour éviter ces dérives

I.3.1. Espèces envahissantes et déséquilibres écologiques :

Certaines macro-invertébrés aquatiques deviennent envahissantes lorsqu'elles sont introduites en dehors de leur aire de répartition naturelle, provoquant d'importants déséquilibres écologiques. Par exemple, la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) forme des colonies denses qui s'attachent aux surfaces submergées, obstruant les conduites d'eau, les installations industrielles et les stations d'épuration, ce qui engendre des pertes économiques significatives (Xu et al., 2014). Sa prolifération rapide réduit la disponibilité en oxygène et la pénétration de la lumière, affectant ainsi la flore et la faune aquatiques indigènes. De même, la palourde asiatique (*Corbicula fluminea*) est connue pour son taux de reproduction élevé, lui permettant de dominer les habitats benthiques et de modifier la composition des sédiments (Xu et al., 2014). Le gastéropode néo-zélandais (*Potamopyrgus antipodarum*), quant à lui, atteint des densités extrêmement élevées, évince les espèces locales et perturbe les réseaux trophiques aquatiques (Xu et al., 2014).

- **Exemples :**

Dreissena polymorpha (Moule zébrée) :

Cette espèce est bien connue pour sa capacité de colonisation rapide et massive. Elle se fixe solidement aux substrats durs, y compris les infrastructures humaines comme les canalisations, les barrages et les navires. Sa capacité de filtration est très élevée, pouvant traiter plusieurs litres d'eau par jour. Ce comportement altère profondément les chaînes alimentaires locales, car il réduit la disponibilité du phytoplancton, ressource essentielle pour de nombreuses

espèces aquatiques (Neumann & Jenner, 1992). De plus, sa prolifération peut entraîner un appauvrissement de la biodiversité, notamment par la compétition interspécifique et la modification des conditions physico-chimiques du milieu.

Corbicula fluminea (palourde asiatique) :

Bien que similaire à la moule zébrée dans sa capacité de filtration, *C. fluminea* se distingue par ses préférences écologiques : elle colonise généralement des substrats sableux ou vaseux, supporte mieux certaines variations de température, et peut modifier la composition du sédiment. Sa reproduction rapide et sa tolérance écologique en font un compétiteur redoutable pour les espèces indigènes benthiques (Karatayev et al., 2005). Elle perturbe les flux de nutriments dans les systèmes aquatiques et peut accélérer l'eutrophisation.

Potamopyrgus antipodarum (Gastéropode néo-zélandais) :

Ce petit mollusque peut atteindre des densités extrêmement élevées, souvent supérieures à 500 000 individus/m² dans certains habitats. Il se reproduit par parthénogenèse, ce qui favorise une expansion rapide. Sa présence modifie la structure des communautés benthiques en réduisant l'abondance des espèces concurrentes, en changeant les processus de décomposition de la matière organique, et en affectant les cycles biogéochimiques. De plus, sa petite taille lui permet d'échapper à de nombreux prédateurs, ce qui lui confère un avantage sélectif supplémentaire (Alonso & Castro-Diez, 2008).

I.3.2. Défis de gestion et de détection

La lutte contre ces espèces pose des défis considérables, en raison de leur taux de reproduction élevé, de leur dispersion rapide par les voies hydrauliques ou le transport humain, et de leur impact durable sur les écosystèmes. Les méthodes traditionnelles de suivi — telles que l'échantillonnage manuel ou les observations visuelles — ne permettent souvent pas de détecter ces espèces à faible densité ou au stade précoce d'invasion. Ainsi, la communauté scientifique recommande le développement et l'utilisation de techniques moléculaires, telles que les analyses d'ADN environnemental (eDNA), pour détecter la présence de ces organismes de manière sensible et spécifique, même à partir de faibles concentrations dans l'eau (Ciências et al., 2015). Ces approches innovantes offrent également des perspectives intéressantes pour évaluer la dynamique des populations et anticiper les points chauds d'invasion.

I.3.3. Vecteurs de maladies

Certains macro-invertébrés sont hôtes intermédiaires de **parasites** nuisibles à l'humain ou aux animaux, en particulier les mollusques (escargots, limaces), jouent un rôle essentiel dans la transmission de nombreux parasites. La compréhension de ces cycles est cruciale pour la prévention des maladies parasitaires humaines et animales, notamment via : le contrôle des hôtes intermédiaires, l'assainissement des eaux, et la sensibilisation aux risques liés à la consommation de produits aquatiques crus.

Exemple1 : les **planorbes** (mollusques d'eau douce) peuvent héberger le parasite responsable de la **bilharziose (schistosomiase)**.

Schistosomiase (Bilharziose) – *Schistosoma spp* : C'est une maladie grave dans les régions tropicales (Afrique, Asie, Amérique du Sud).

***Hôte intermédiaire** : escargots d'eau douce (*Biomphalaria, Bulinus, Oncomelania*).

***Hôte définitif** : humain.

Cycle de transmission :

- a- Les œufs de *Schistosoma* sont excrétés dans l'eau par les urines ou les selles humaines.
- b- Les œufs éclosent → libèrent des **miracidiums** → pénètrent dans un escargot aquatique.
- c- Dans l'escargot : développement en **sporocystes**, puis production de **cercaires**.
- d- Les **cercaires** quittent l'escargot et nagent librement dans l'eau → pénètrent la peau humaine.
- e- Dans l'humain : migration dans le sang → foie → appareil urogénital ou intestins → ponte des œufs.

Exemple 2 : Un diagramme illustrant le cycle de vie typique d'un ver gordien (*Gordius*), basé sur les recherches de M.G. Bolek (Fig 01)

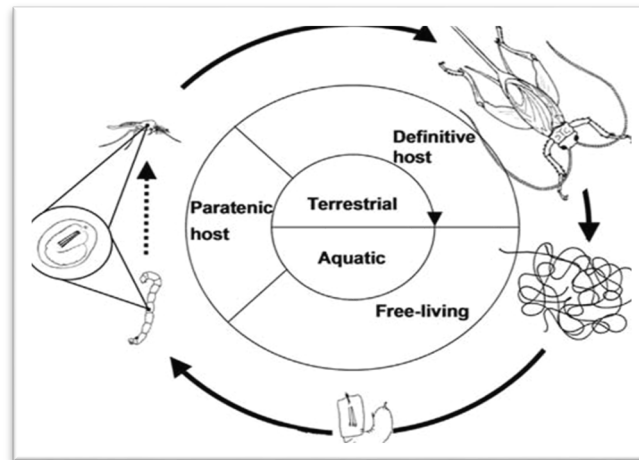


Figure 01: Cycle de vie du ver gordien (*Gordius*)

Ce cycle se déroule en 4 à 8 semaines en laboratoire, selon l'espèce de nématomorphe impliquée.

Cycle de vie du ver gordien (*Gordius*)

- a- **Œufs** : Les femelles pondent des œufs en longues chaînes dans l'eau.
- b- **Larves libres** : Les œufs éclosent en larves nageant librement.
- c- **Infection de l'hôte intermédiaire** : Les larves pénètrent dans le corps d'un arthropode aquatique (par exemple, un insecte aquatique).
- d- **Développement parasitaire** : À l'intérieur de l'hôte, la larve se développe en un ver long et fin, absorbant les nutriments de l'hôte.
- e- **Manipulation comportementale** : Le ver mature influence le comportement de l'hôte pour l'amener à sauter dans l'eau, facilitant ainsi la libération du ver.
- f- **Libération et reproduction** : Le ver émerge dans l'eau, se reproduit et le cycle recommence.

Ce cycle illustre l'adaptabilité et la complexité du développement des nématomorphes aquatiques.

Exemple 3 : Certains **crustacés** peuvent héberger des larves de parasites qui affectent les poissons ou les amphibiens.

I.3. 4. Impact économique

En cas de prolifération, certaines espèces (comme les moules zébrées) causent des coûts élevés d'entretien pour les installations industrielles ou les réseaux d'eau potable.

I.3.5. Déséquilibre dans les écosystèmes artificiels ou dégradés

Dans les milieux très dégradés (eaux très polluées), certains macro-invertébrés très tolérants à la pollution (ex. : vers tubifex) peuvent proliférer de manière excessive, signalant un déséquilibre écologique grave

I.4. Quelque représentant des invertébrés :

A. Les Culicidae:

Les moustiques se développent progressivement et sont des insectes complets, et au fil des étapes de leur développement, leurs détails anatomiques et morphologiques s'enrichissent. 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.*, 2024)., 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 (héxapodes), 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. 2**) 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 hématophage (Neveu-Lemaire, 1923; Alayat 2024). Le cycle de vie des moustiques varie d'une espèce à l'autre et dure environ douze à vingt jours (Adisso & Alia, 2005; Alayat 2024) et fortement influencée par la température et l'humidité, (la durée du cycle est de 10 à 15 jours pour les zones tropicales); (Bendali-Saoudi, 2006; Alayat 2024.). Ce sont des insectes holométaboles (à métamorphose complète), leur cycle biologique comprend une phase aquatique et une phase aérienne et s'effectue en plusieurs étapes allant de l'accouplement ; passant par la ponte ; l'éclosion ; le développement larvaire ; la nymphose et l'émergence. (Fig 03)

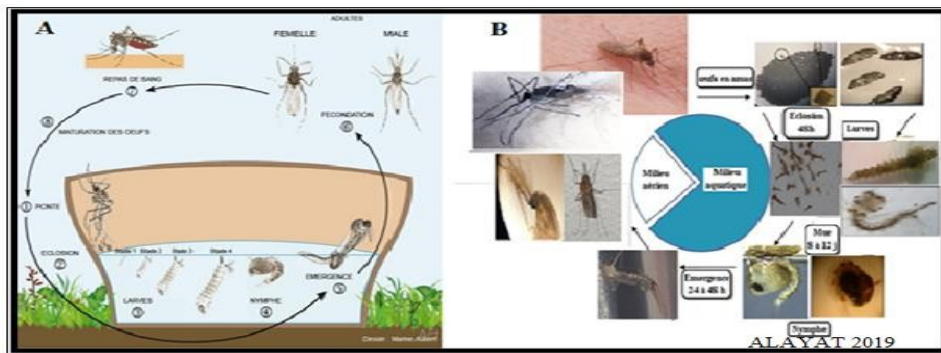


Figure02: (Cycle de développement des Culicidae (A:Guilaumot, 2013; B : Alayat 2024)

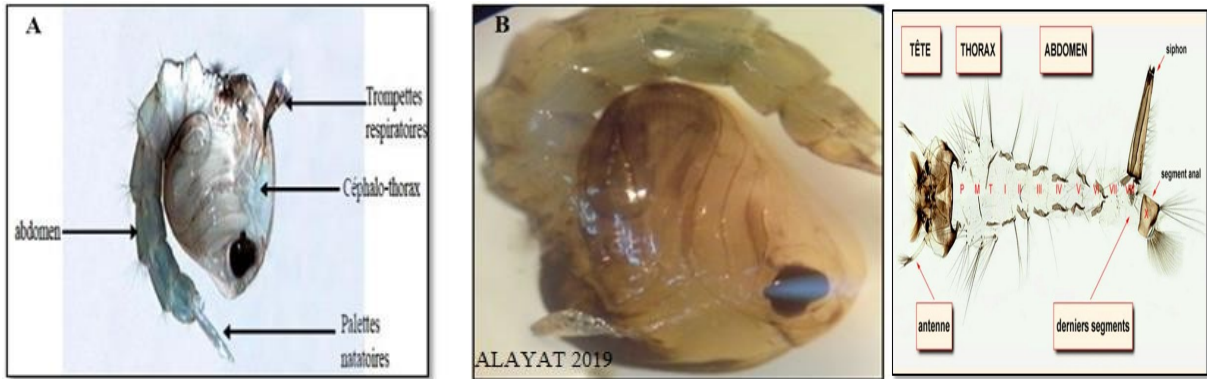


Figure 03 : Larve de *Cx. pipiens* (Brunhes *et al.*, 1999; Alayat, 2024).

(A) : Aspect général d'une nymphe du *Cx. pipiens* (Berchi, 2000).

(B) : vue générale d'une nymphe du *Culiseta longiareolata* (Alayat, 2024)

A.1. Position systématique

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

B. 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.

C'est l'un des insectes les plus nombreux 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 méta-thoraciques, servent au vol . Biologiquement, en Holométaboles typiques, vie et comportements des larves sont généralement totalement différents de ceux des adultes (Pierre, 1995;Serrage,2024) .(Fig 04)

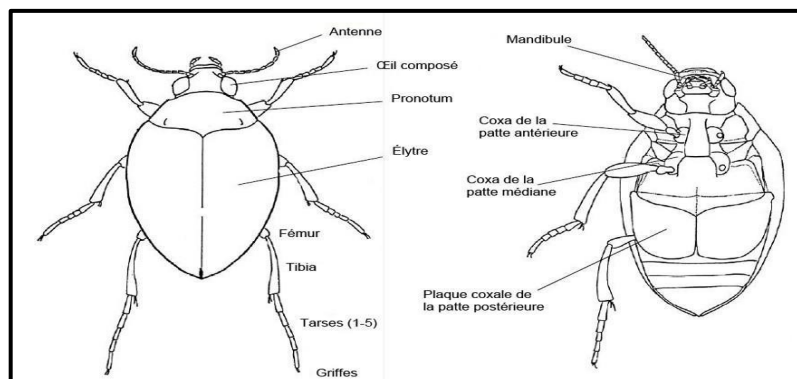


Figure 04 : Coléoptère aquatique, Gauche - *Haliplus ruficollis* (De Geer), vue dorsale. Droite – *Haliplus flavicollis* (Sturm), vue ventrale (Holmen, 1987; Serrage, 2024)

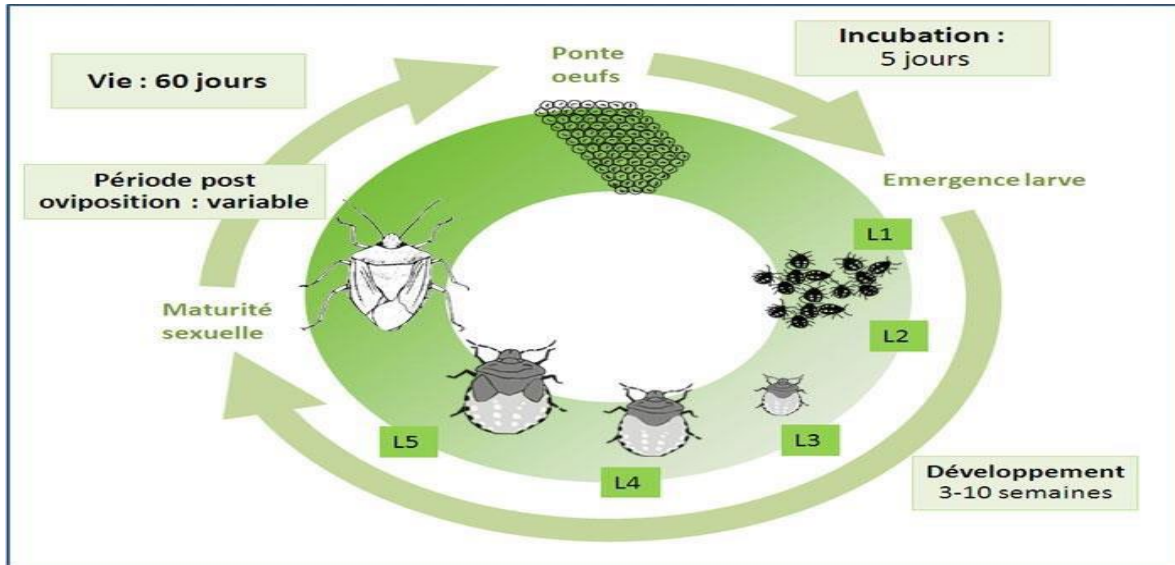
B.1. Position systématique

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

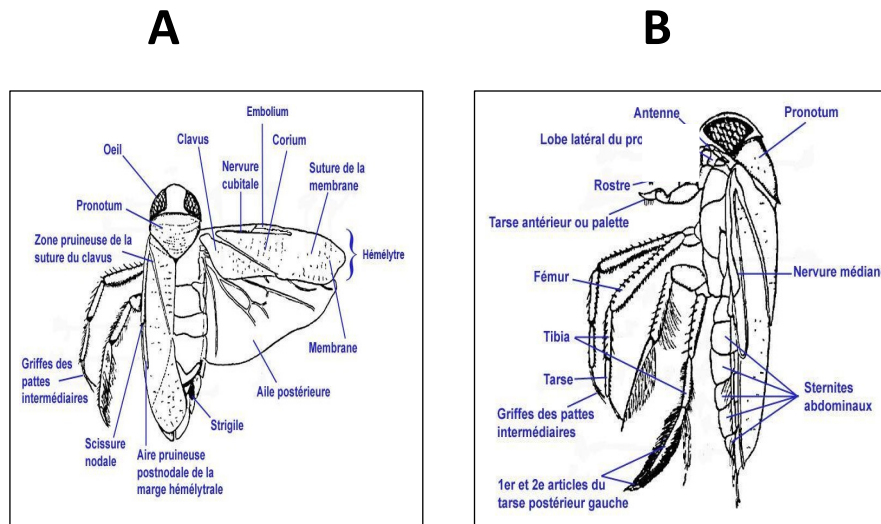
C. Les Héétéoptères aquatiques

Les Héétéoptères sont des hémimétaboles 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; Serrage, 2024). La reproduction s'effectue en une ou deux générations annuelles. La ponte est déposée sur un support immergé. Ce sont des insectes hémimétaboles 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 Héétéoptères 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 méta thoraciques (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.5**). 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

mésnotum qui se prolonge vers l'arrière par un scutellum. Les pattes sont souvent d'égale longueur et portent des tarses de 1 à 3 articles, munis de 1 ou 2 giffes. (Serrage, 2024). (Fig 06)



Figur05: Cycle biologique des Héteroptères (Bonetti, 2019; Serrage, 2024)



Figur06: Héteroptère aquatiques, A : Vue dorsale. B : Vue de profil d'un Héteroptère adulte

(Poisson, 1957) modifiée. (Serrage, 2024)

C.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

D. Les Hydracariens

Il y a un acarien partout dans le monde. 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; Serrage, 2024)

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; Serrage, 2024), elle subdivise les Acariens en 4 groupes : Prostigmata, Astigmata, Gribatida, Il y a un Mesostigmata.(Fig 7,8)

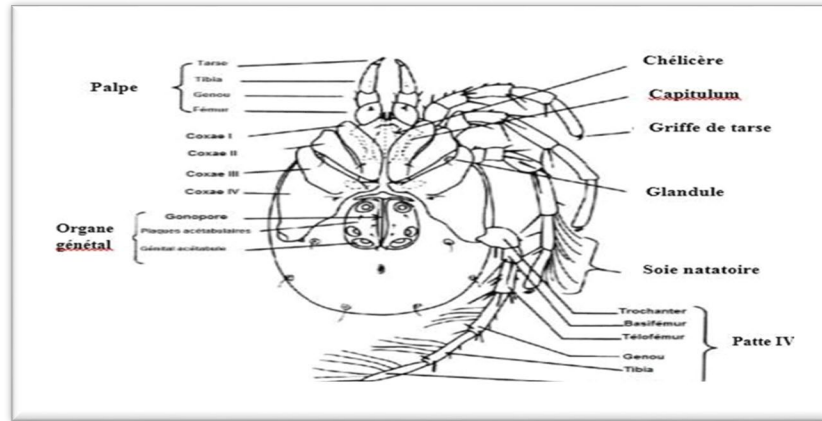
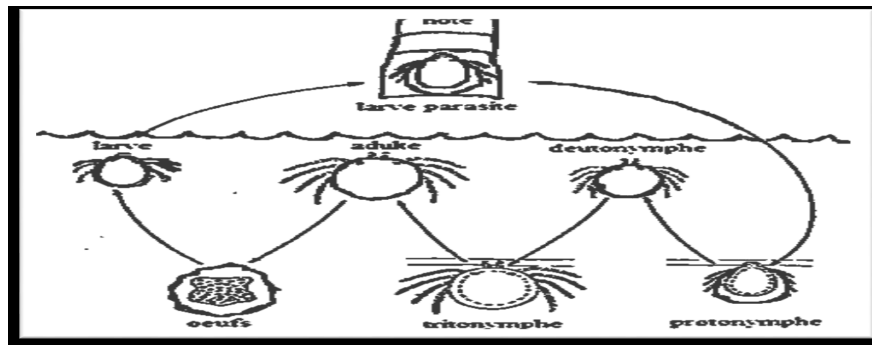


Figure 07: Face ventrale d'une femelle adulte du genre *Limnesia* selon Proctor, (2006 Serrage, 2024)



Figur08: Cycle biologique des hydracariens (Smith, 1976; Serrage, 2024).

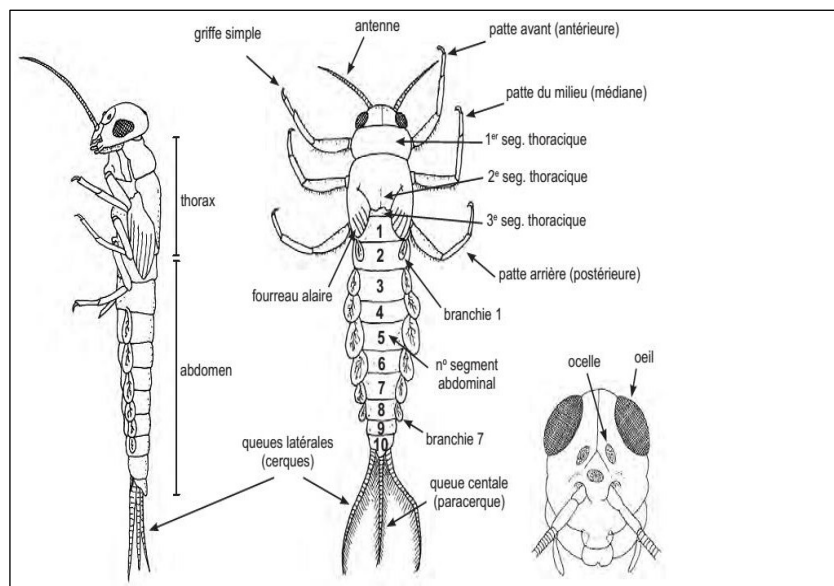
D.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Arachnida
Ordre	Trombidiforme
Super-famille	Hygrobatoidea
Famille	Hydrachnidae Leach, 1815

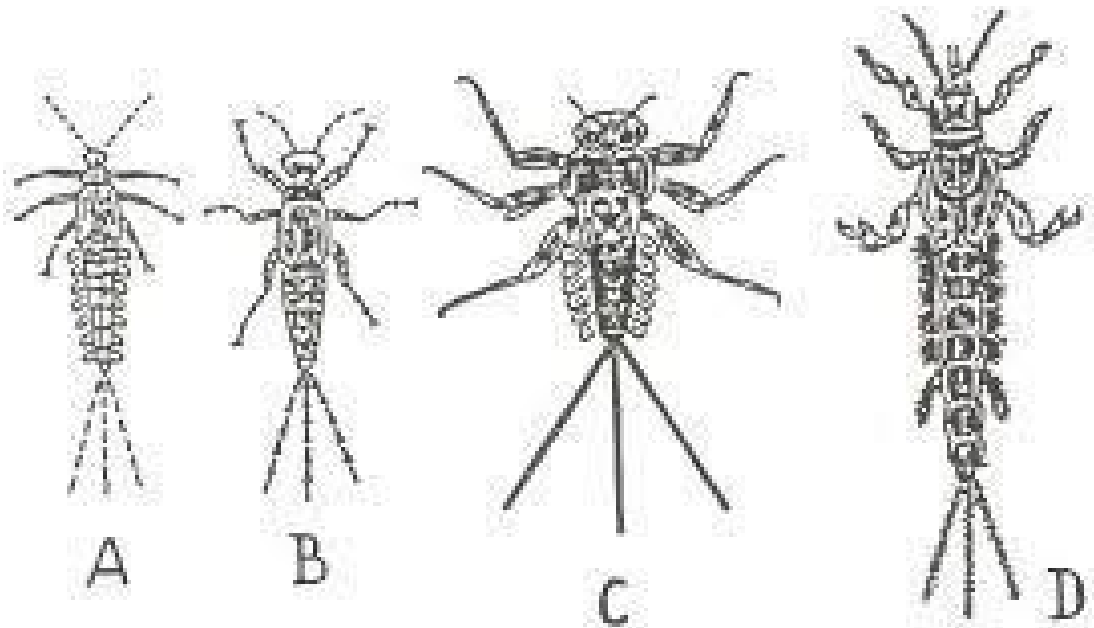
E. Les Ephéméroptère

La raison pour laquelle cette mouche a été nommée ainsi est qu'elle vit pendant une très courte période et que sa spécialisation réside dans 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). Ses larves se trouvent en abondance dans divers milieux aquatiques d'eau courante. (Torrents, ruisseaux & rivières). Cette mouche est considérée comme un indicateur dans l'évaluation de la qualité biologique de l'eau et a une valeur biologique importante et élevée dans les dommages qu'elle cause aux cours d'eau, car ce groupe d'insectes

contient un pourcentage élevé d'espèces ayant des exigences biologiques 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; (Serrage, 2024)).(Fig 9, 10)



Figur09: Morphologie générale de larve des Ephémères (Moisan, 2010;in (Serrage 2024))



Figur10: Quelques types des larves d'Ephémères [source et date de la photo](#)

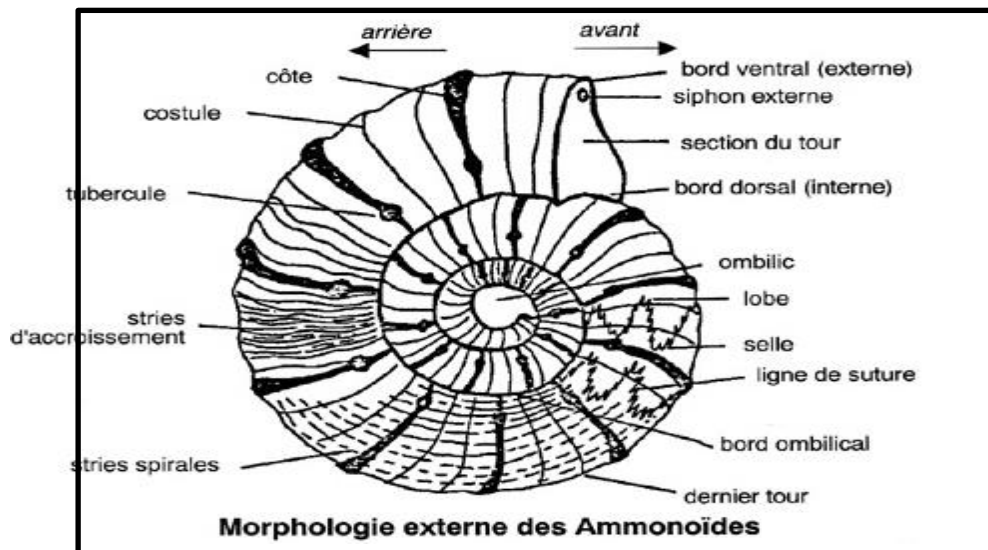
E.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Ephemeroptera
Famille	Ephemeridae Ephemeridae Latreille, 1810

F.Mollusque

Les mollusques sont des organismes appartenant au règne animal. Différentes formes et tailles, et on estime que 80 % d'entre eux ne dépassent pas cinq centimètres de longueur. Leur corps est mou et non segmenté, souvent protégé par une coquille calcaire. Leur corps est constitué d'une masse musculaire appelée pied et d'une masse viscérale dorsale partiellement recouverte d'une enveloppe appelée manteau. Les animaux de cet embranchement vivent principalement en milieu marin, mais on les retrouve également dans divers écosystèmes continentaux (À LA RENCONTRE DES MOLLUSQUES;2023)

Les mollusques sont des animaux à corps mou avec : - un pied musculueux (pensez aux escargots) - un tissu spécialisé (le manteau) qui sécrète des formations calcaires (la coquille) - une « râpe » en chitine (la radula) au niveau de la bouche (perdue chez les bivalves). Certains groupes ne forment pas de coquille, c'est pourquoi on ne les retrouve pas sous forme fossile. Les mollusques présentent une grande diversité morphologique et écologique.(Fig11)



Figur11: Préparation française des olympiades internationales de géoscience

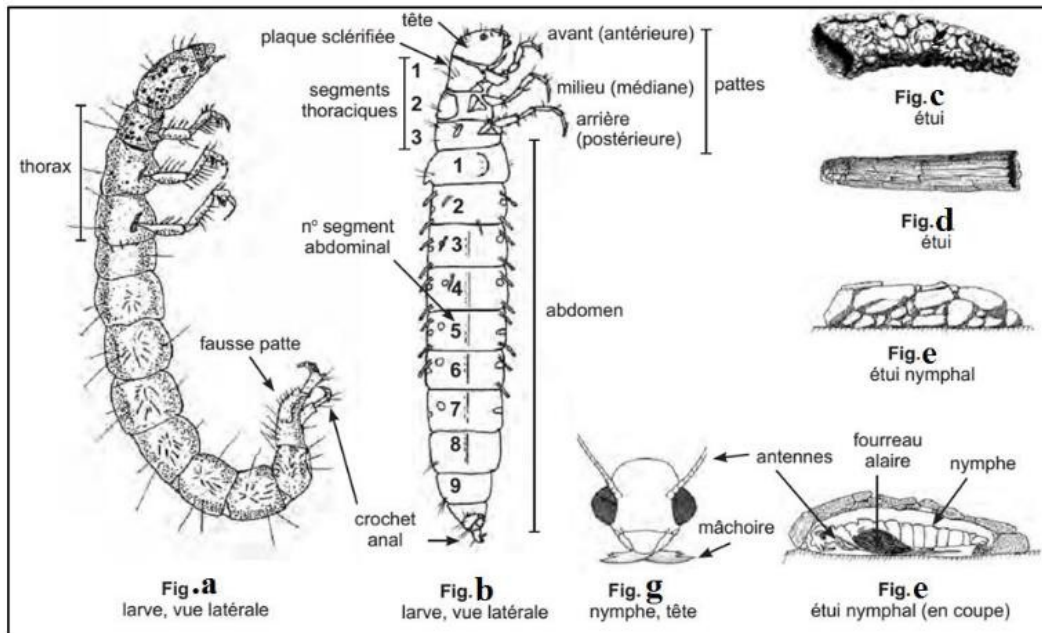
G. Les Trichoptères (ou phryganes) :

Ce sont des insectes holométaboles à facies de papillons et sont hygrophiles et souvent lucifuges, beaucoup sont crépusculaires (**Grassé *et al.*, 1970**).

Les larves et les nymphes sont aquatiques, à l'exception du Limnephilidae Enoicyla qui s'est secondairement adapté à la vie terrestre. C'est un ordre qui s'est différencié à la fin de l'ère primaire à partir d'un ancêtre commun notamment aux Lépidoptères et Mécoptères.

Les premiers Trichoptères (Philopotamidae) sont connus depuis le Trias ; le groupe s'est surtout diversifié pendant le Jurassique et le Crétacé ; la plupart des familles actuellement connues, à l'exception de celle des Limnephilidae qui est apparue au Tertiaire,

étaient présentes au Crétacé. Au moins 105 genres (dont 34 pour la seule famille des Limnephilidae) sont présents en France lato sensu (**Tachet, 2013**).(Fig 12)



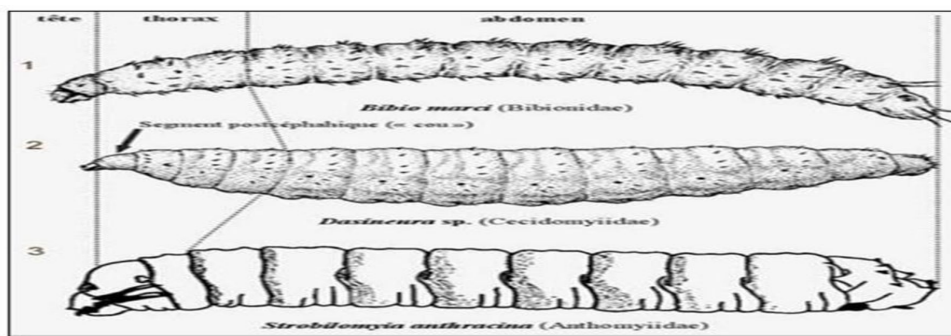
Figur12:Trichoptères (Trichoptera) Fig.a, c, d (**Mccafferty, 1981**).

G.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	iinsecta:
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Trichoptera Kirby, 1813

H. Les Diptères :

Les diptères constituent avec les coléoptères le groupe des ordres d'insectes les plus variés en espèces et abondants dans le monde. Les formes aquatiques sont par contre moins nombreuses que les formes terrestres mais bien souvent ils sont d'un intérêt économique et médical. Ce groupe, à métamorphose complète, est le plus important des insectes aquatiques aussi bien en milieu lentique que l'otique. Selon les espèces, les stades larvaires (3 à 4 mues) aquatiques durent plusieurs semaines à près de 2 ans. La plupart des espèces ont une génération par an, certains en ont deux. La plupart des larves ont une respiration cutanée ou branchiale (Johannsen, 1977 ; Dejoux *et al.*, 1983).(Fig 13)



Figur13: Différentes formes des larves des diptères (Moisan, 2010)

H.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	iiinsecta:
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Déptera (Tachet, 2010).

I. Les Odonates (les libellules) :

Les libellules font partie des insectes, une des grandes classes du règne animal. Leur nom scientifique « Odonates » provient du grec et signifie « mâchoires dentées », la larve et l'adulte sont des prédateurs carnivores. Les Odonates se subdivisent en deux Sous-ordres : les demoiselles (Zygoptères) qui comptent environ 2 700 espèces et les libellules (Anisoptères) comprenant 2 900 espèces (**Souache, 1993**).

Les odonates sont des insectes qui habitent tous les types de milieux humides. Ils sont reconnus comme un maillon environnemental essentiel au bon fonctionnement des zones humides. Comme prédateurs, ils jouent un rôle non négligeable dans la régulation d'une partie de la faune de ces biotopes. Comme proies, ils contribuent au maintien et au développement d'autres espèces animales. Leur présence est donc un indice sur la richesse faunistique des eaux douces (**D'aguilar&Domanget,1998;SERRAGE, 2024**).

La faune odonatologique d'Afrique du Nord et du Maghreb en particulier (Maroc, Algérie & Tunisie) est relativement bien connue. On dénombre en Afrique du Nord, 83 espèces (**Boudot, 2010**). Tout comme pour les imagos, les larves de zygoptères et d'anisoptères montrent des différences morphologiques. Les zygoptères sont petits, et ont à l'extrémité de l'abdomen trois lamelles caudales servant pour le déplacement et pour la respiration. Les anisoptères sont plus grands, et ont à la fin de l'abdomen, une pyramide caudale. Malgré ces grandes différences, il existe beaucoup d'organes identiques chez ces deux groupes. Parmi ces organes, le mentum ; les antennes ; la longueur des pattes et de l'abdomen ainsi que la forme de la tête permettent aussi l'identification des familles, genres et espèce. (Fig 14)

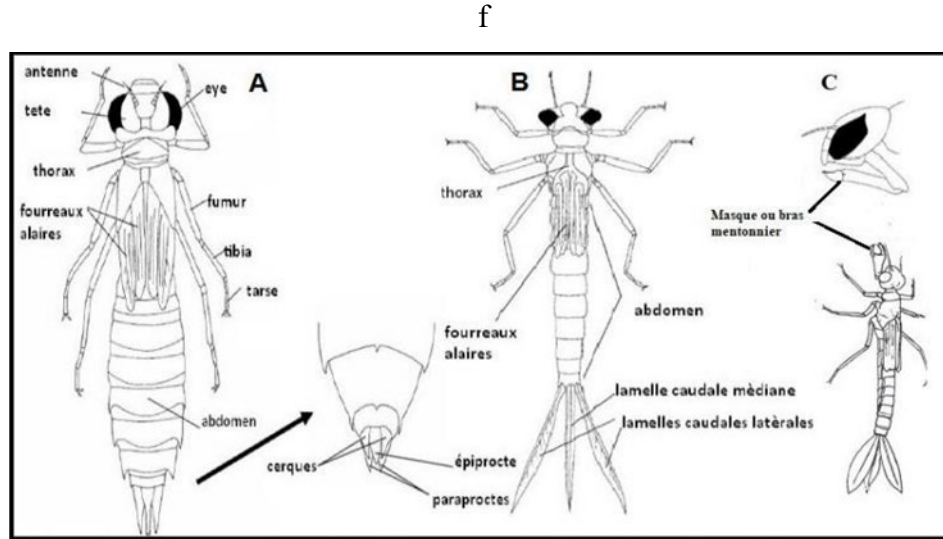


Figure14: Morphologie générale de larve des Odonates. **A :** Larve d’Anizoptère. **B :** Larve de Zygoptères. **C :** Bras mentonnier (Zebbsa, 2016; (Serrage, 2024).

I.1 . Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	iinsecta:
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Odonata Fabricius, 1793

J.Crustacés :

Les crustacés vivent dans les eaux douces stagnantes, ou à faible courant, qui sont riches, en débris organiques. La prolifération de crustacés constitue donc un indice de pollution organique. De plus, ils sont sensibles à la pollution par les nitrates et les pesticides, ainsi qu’à l’acidification et à la faible oxygénation des plans d’eau (Hullnudd, 2009). (Fig 15,16)

Le corps des crustacés peut être divisé en trois parties : le céphalon, le thorax et l'abdomen (Tachet, 2010).

Les crustacés possèdent un minimum de cinq paires de pattes articulées (exception faite des ostracodes) ainsi que deux paires d'antennes (Beaumont et Cassier, 2009 ; Baudour et Habiles, 2017).

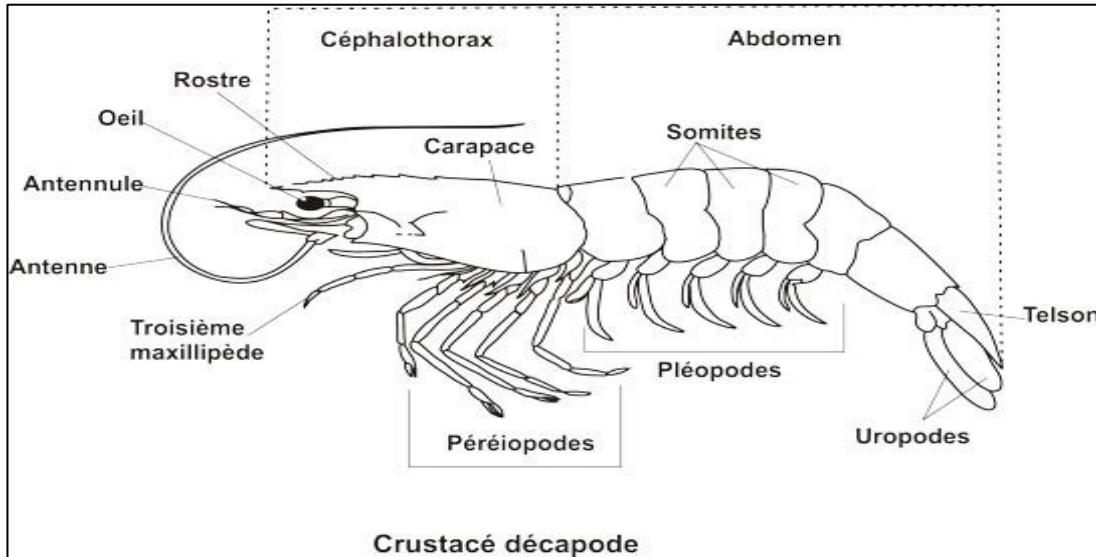


Figure15: Morphologie des crustacées (Moison et al., 2010).

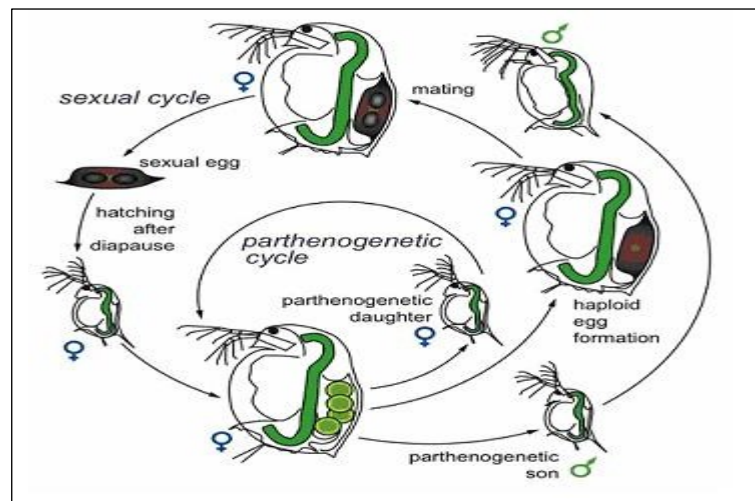


Figure16: Cycle de vie de *Daphnia magna* (D'après Manar, 2008 ; repris de Ebert, 2005; Serrage, 2024).

J.1. Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Crustacé
Sous-classe	Branchiopode i
Ordre	Cladocère
Famille	Daphnidae Straus, 1820

Chapitre II

Présentation de la région d'étude

Notre étude comprend l'identification de la région d'Oued Souf, située dans le Sud-Est de l'Algérie, où se trouvent nos stations d'étude, ainsi que l'analyse des facteurs et des caractéristiques climatiques, chimiques et physiques de cette région.

II.1. Situation géographique

La wilaya d'Oued Souf est située à environ 600 km au sud-est de la capitale, Alger, dans le nord-est de la partie septentrionale du Sahara algérien (entre 32°30' et 33°90' de latitude Nord ; 6°65' et 8°40' de longitude Est) (Fig. 17). Elle se trouve à une altitude moyenne de 75 m. Elle est délimitée par les zones des Chotts et de Merouane au nord, l'erg oriental au sud, la vallée d'Oued Righ à l'ouest et la frontière tunisienne à l'est (A.N.D.I., 2014).

Cette wilaya s'étend sur une superficie de 25 753 km². Elle est limitée au nord et au nord-est par les wilayas de Khenchela, Tébessa et Biskra, au sud-est par les wilayas de Touggourt et d'El M'Ghair, au sud par la wilaya de Ouargla, et à l'est par la frontière tunisienne (Fig 17) (Gueddoul, 2025).

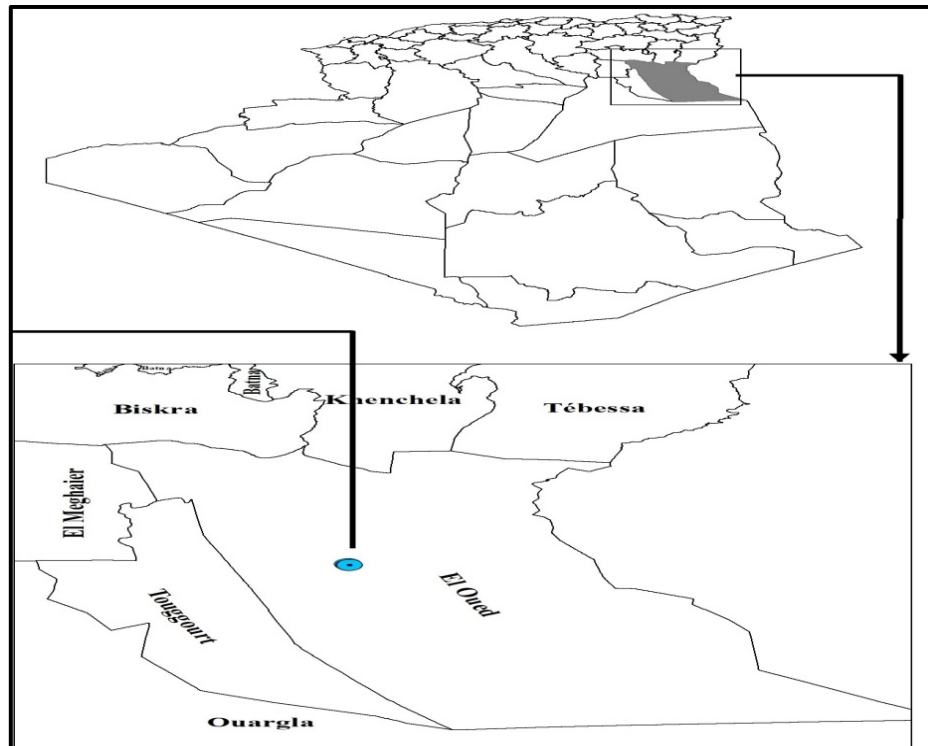


Figure17: Situation géographique de la région d'Oued Souf et Découpage administratif de la wilaya (Gueddoul, 2025)

II.2. Caractérisation floristique

L'aspect général de la région du Souf est caractérisé par une végétation ouverte et peu dense. Les individus végétaux y poussent de manière dispersée, laissant entre eux des espaces considérables. Les plantes herbacées représentent la majorité des espèces, tandis que les arbres et arbustes ligneux sont rares. Ainsi, les terres de la région du Souf sont exposées à l'érosion et au déplacement du sable, contrairement aux zones humides où la végétation dense couvre et protège la surface du sol contre les facteurs érosifs.

Le paysage de la région est influencé par les saisons. Il existe un cycle de quatre ans au cours duquel la végétation évolue selon les périodes. En général, les communautés végétales se développent pendant la saison des pluies, c'est-à-dire en hiver et au printemps (de janvier à mai). En revanche, durant la saison sèche estivale, le couvert végétal diminue considérablement, et la majeure partie du sol est réduite à des débris végétaux et des tiges sèches.

Les principales espèces végétales recensées dans la région du Souf sont les suivantes :

- Plantes des dunes de sable :

Stipagrostis pungens, *Helianthemum lippii*, *Retama retam*, *Cyperus conglomeratus*, *Limoniastrum guyonianum*, *Ephedra alata*, *Astragalus gomboeformis*, *Euphorbia guyoniana*, *Haloxylon scoparium*, *Henophyton deserti*, *Ammosperma cinereum*, *Zygophyllum glutinosum*, *Cistanche violacea*, *Farsetia aegyptia*.

- Plantes des terrains plats :

Matthiola longipetala, *Eremobium aegyptiacum*, *Plantago psyllium*, *Plantago albicans*, *Atractylis carduus*, *Ifloga spicata*, *Schismus barbatus*, *Cutandia dicotoma*, *Asphodelus refractus*, *Bassia muricata*, *Launaea fragilis*, *Brocchia cinerea*, *Launaea capitata*, *Silene villosa*, *Arnebia decumbens*, *Lotus halophilus*, *Trigonella stellata*, *Koelpinia liniaris*.

- Plantes des zones salées :

Halocnemum cruciatum, *Tamarix boveana*, *Suaeda vera*, *Phragmites australis*, *Frankenia pulverulenta*, *Limoniastrum guyonianum*, *Aeluropus littoralis*, *Sonchus maritimus*, *Spergularia marina* (Halis, 2024).

II.3 Caractérisation faunistique

D'après Catalisano (1986), le nombre d'espèces qu'un désert peut contenir par unité de surface est relativement faible comparé à celui d'autres écosystèmes de la planète. Toutefois, le désert abrite une étonnante diversité d'animaux, notamment des invertébrés, des poissons, des amphibiens, des reptiles, des oiseaux et des mammifères. Dans le Sahara algérien, les études faunistiques restent rares (Le Berre, 1989).

➤ **Invertébrés**

Selon les travaux d'Alia et Ferdjeni (2008), Khechekhouche et Moustefaoui (2008), Allal (2008), Gori (2009), Bousbia (2010), Ababsa et al. (2011), Ababsa (2012), Brahmi (2010), Brahmi et al. (2012), Aouimeur (2016) et Khechekhouche et al. (2009–2018), les principaux invertébrés recensés dans la région du Souf appartiennent à 14 ordres regroupant 336 espèces. Ces espèces sont classées dans 144 familles, réparties entre 22 ordres et 4 classes. La famille des Formicidae, avec 19 espèces, est la plus riche. Parmi les ordres les plus représentés, on trouve : Les Coléoptères : 22 familles ; les Hyménoptères et Diptères : 20 familles chacun ; les Hétéroptères : 9 familles. Sur le plan des classes, les Insecta dominant avec 17 ordres, suivis par les Arachnida (5 ordres) et les Crustacea (2 ordres).

➤ **Poissons, Amphibiens et Reptiles**

Concernant les poissons, une seule famille est signalée : les Poeciliidae, représentée par l'espèce *Gambusia affinis*.

En raison de l'aridité du climat et de l'absence de points d'eau permanents, les amphibiens sont rares dans la région du Souf. Néanmoins, certaines espèces ont été observées de manière sporadique, notamment des grenouilles et des crapauds capables de s'adapter à des milieux temporaires, leur permettant ainsi de survivre dans des conditions environnementales extrêmes.

La région abrite une grande diversité de reptiles, bien adaptés aux conditions désertiques. Entre 2008 et 2009, 27 espèces de reptiles ont été recensées dans la région du Souf. Elles se répartissent en 15 espèces de sauriens, appartenant à divers genres tels que *Acanthodactylus*, *Scincus*, *Agama* et *Tarentola*, 8 espèces d'ophidiens, incluant celles du genre *Cerastes*, ainsi qu'une seule espèce de chélonien. (Mouane et al., 2013 ; Mouane, 2020 ; Mouane et al., 2022).

➤ **Oiseaux**

La liste avifaunistique de la région du Souf est une synthèse de plusieurs études, notamment celles d'Isenmann et Moali (Allal, 2008 ; Ababsa et al., 2011 ; Guezoul et al., 2017 ; Gueddoul et al., 2024).

Ces travaux ont permis d'identifier 13 familles et 28 espèces d'oiseaux. La famille des Sylviidae est la plus représentée, avec notamment *Sylvia nana* (Scopoli, 1769) et *Sylvia deserticola* (Tristram, 1859).

➤ **Mammifères**

Les principales espèces de mammifères recensées dans la région du Souf appartiennent à 6 ordres, 7 familles et totalisent 20 espèces (Allal, 2008 ; Khechekhouché et Moustefaoui, 2008 ; Alia et Ferdjani, 2008 ; Alia, 2012 ; Alia et *al.*, 2012). Parmi ces groupes, les rongeurs sont les plus représentés, avec des espèces comme *Gerbillus nanus* (Blanford, 1875) et *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758).

II. 4. Caractéristiques climatiques

II.4.1. Température

Selon Ramade (1984), la température constitue un élément crucial, car elle régule l'ensemble des processus métaboliques et influence, par conséquent, la répartition globale de toutes les espèces et communautés d'organismes vivants dans la biosphère.

Le tableau ci-dessous présente un regroupement des températures maximales, minimales et moyennes mensuelles relevées dans les zones étudiées. Il fait extrêmement chaud dans la wilaya d'El Oued, qui compte parmi les régions les plus chaudes d'Algérie. Pour l'année 2024, selon les données enregistrées, le mois de juillet a été le plus chaud, avec une température moyenne atteignant 36,1°C, tandis que la température la plus basse a été enregistrée en décembre, avec 11,8°C. (Tab 01)

Tableau 01: Les données de Température de la région d'Oued Souf (2024)

Mois	Temp. Moyenne (°C)	Temp. Min (°C)	Temp. Max (°C)
Janvier	12,7	6,3	19,6
Février	15,2	9,5	21
Mars	19	12,1	25,8
Avril	21,3	15,7	27
Mai	28,2	21,1	34,9
Juin	33,3	25,8	40,4
Juillet	36,1	28,8	42,8
Août	34,3	27,8	40,4
Septembre	29,1	23,8	34,4
Octobre	25,2	20,2	30,8
Novembre	18,7	13,1	25
Décembre	11,8	6,1	18,4

(O.N.M.,. El Oued, 2025 et WWW.tutiempo.com)

4.2. Précipitations:

Le terme « précipitations » désigne toutes les formes d'eau sous forme de gouttelettes ou de flocons qui se déposent depuis l'atmosphère. Ils fluctuent d'un lieu à l'autre et influencent grandement la répartition et la nature des organismes présents. (Benazia& Maiassi, 2021).

Selon le tableau, on estime que la pluviométrie annuelle est de 77, 44 mm .En avril, on a noté un volume de précipitations s'élevant à 31,74 mm. Il n'y a pas de pluie durant les mois de janvier, juin, juillet et aout. (Tab. 02).

Tableau02 : Les données Précipitations de la région d'Oued Souf (2024)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
P(mm)	0	2,03	0,25	31,74	2,28	0	0	0	25,39	12,95	2,29	0,51	77,44

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

4. 3.Vents :

Dans la région d'Oued Souf, les vents soufflent principalement de l'est et du nord-est, suivis dans une moindre mesure par ceux de l'ouest et du sud-ouest. Ils sont caractérisés par des températures extrêmement élevées (Sirocco). En règle générale, c'est au printemps que les vents sont les plus puissants, coïncidant avec la période de pollinisation des palmiers. Ils portent des sables éoliens qui donnent au ciel une couleur dorée et peuvent persister pendant trois jours consécutifs, avec une vitesse variable entre 30 et 40 km/h (Chekima et al, 2021).

En 2024, la valeur du vent la plus élevée sera de 16,7 en avril et la valeur la plus basse sera de 8,1 en novembre (TAB. 03).

Tableau03 :Les variations de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2024)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
V (km/h)	9,3	13,1	11,3	16,7	13,1	15,4	12,1	11	9,2	12,7	8,1	9,5

(O.N.M.El Oued, 2025 ; et WWW.tutiempo.com)

4.4. Humidité Relative :

L'humidité fait référence à la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, ce qui peut signaler la probabilité de pluie, de rosée ou de brouillard.

La région d'Oued Souf se distingue par son atmosphère sèche, avec un taux d'humidité moyen annuel de 40,10 %. Le taux d'humidité fluctue selon les saisons. Le taux d'humidité moyen le plus élevé, à 57,2%, a été noté en novembre, tandis que la valeur d'humidité moyenne la plus faible était de 21,1% pour juillet (TAB. 04).

Tableau04 : Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (2024)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Hum (%)	48,2	43,5	33	40,8	27,7	25,4	21,1	27,5	48,5	53,1	57,2	55,3	40,10

(O.N.M.El Oued, 2025 ; WWW.tutiempo.com)

5 . Synthèse climatique :

Pour pouvoir décrire le climat d'un endroit ou d'une zone, une multitude d'indices, de formules et de représentations graphiques sont suggérés. Cependant, ces énoncés introduisent toutes les températures et les précipitations en tant que variables principales Locuste & Salomon (2001). Ces deux éléments servent à la confection du diagramme ombrothermique de Gaussen et du climagramme pluviométrique d'Emberger.

a. Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gaussen :

Le diagramme ombrothermique (du grec ombros = pluie, thermos = chaleur) est construit en représentant les mois sur l'axe des abscisses, les précipitations (P en mm) sur un axe, et les températures (T en °C) sur un second axe. L'échelle des températures est doublée (soit $P = 2T$), ce qui permet de superposer les deux courbes dans un même graphique (Faurie et al., 1980)

.Selon Ramade (2003), les périodes de sécheresse se produisent lorsque la courbe des précipitations est inférieure à celle des températures, c'est-à-dire qu'un mois est considéré comme sec si le total des précipitations mensuelles (en mm) est inférieur au double de la moyenne mensuelle des températures (en °C), soit : $P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$

Inversement, lorsque les précipitations dépassent le double de la température moyenne mensuelle, le mois est considéré comme humide: $P \text{ (mm)} > 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$

La zone située entre les deux courbes indique ainsi une période humide. Lorsque la courbe des précipitations se trouve en dessous de celle des températures, elle indique une période sèche .Le diagramme pluviothermique montre que la période sèche s'étend sur les douze mois de l'année dans la zone étudiée.(Fig 18)

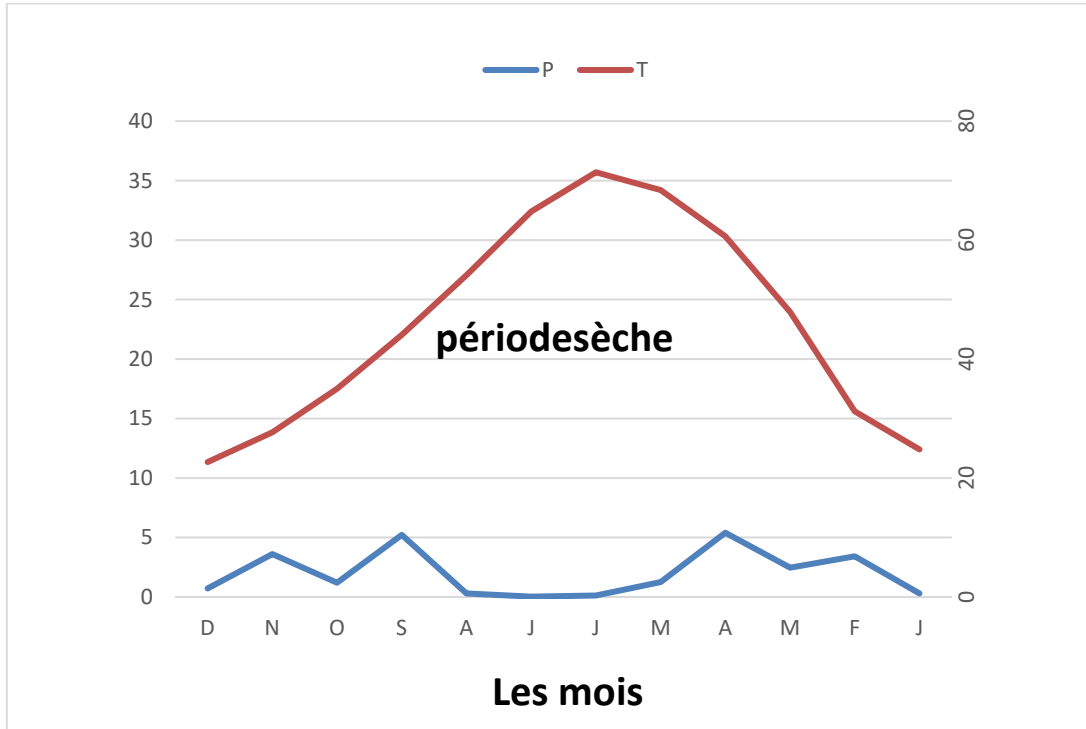


Figure18 : Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gaussens de la région d'El Oued (période 2014-2024)

Les données climatiques des tableaux 01 et 02 servent à établir le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens. Ces derniers révèlent qu'en 2024 et sur la période de 2014 à 2024, la région d'Oued Souf a connu une sécheresse s'étendant sur l'ensemble de l'année, de janvier à décembre (Fig. 18).

b. Climagramme d'EMBERGER :

Le quotient pluviométrique ou l'indice d'Emberger, qui indiquent l'étage bioclimatique d'une région spécifique. En Algérie, on peut distinguer cinq étages bioclimatiques : saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide. STEWART (1969) a apporté des modifications au quotient pluviométrique d'EMBERGER de la façon suivante : Pour le classement du bioclimat, nous avons utilisé la formule de Stewart (1969), adaptée à l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q2=3.43 P/ (M-m)$$

Q:est le quotient pluviométrique d'Emberger

P : est la somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud en C°.

m : est la moyennes des températures minima du mois le plus froid en C°.

$$Q2 (2014-2024)=3.43(48.1)/(45-3.7)= 3.74$$

$$Q2(2024)=3.43(77.44)/ (42,8 -6.3)=7.27$$

Le quotient pluviométrique d'Emberger pour la région d'Oued Souf, calculé sur une période de onze ans (2014-2024), est de 3.74, tandis que la température moyenne des minimas (m) des mois les plus froids est de 3.7°C. Ces valeurs, reportées sur le climagramme d'Emberger, indiquent que la région d'Oued Souf se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (tempéré) (fig19).

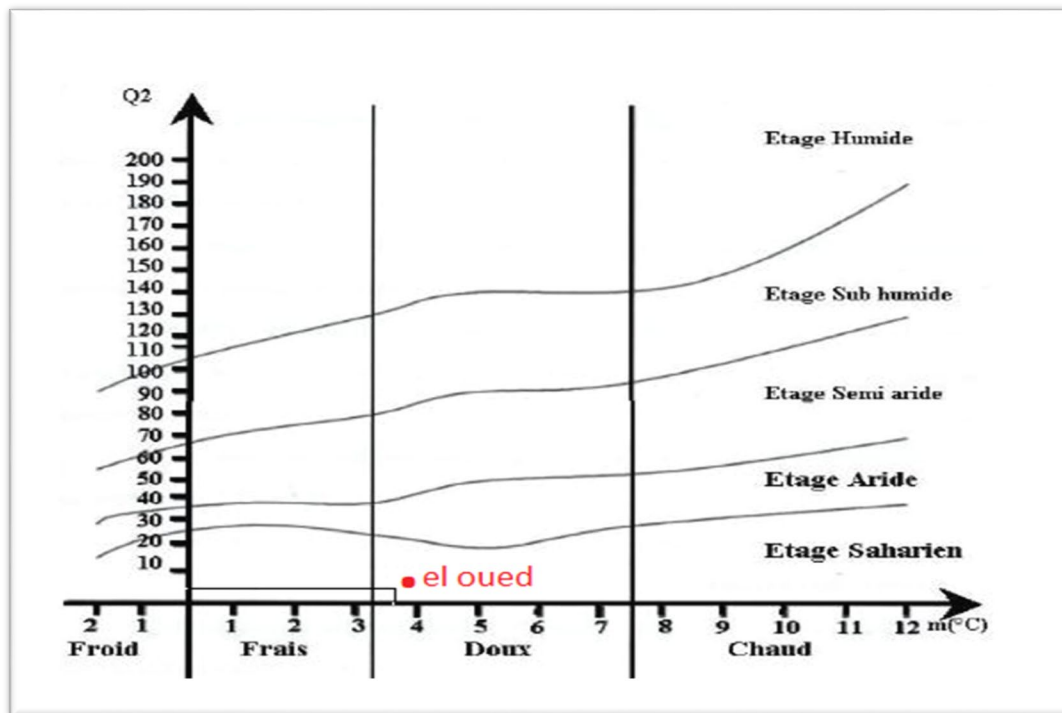


Figure19:Position de la région d'Oued Souf dans le Climagrammed'EMBERGER (2014-2024).

Partie pratique

Chapitre III

Matériel et méthodes.

Dans un premier temps, ce chapitre aborde la sélection des stations et les méthodes employées sur le site, ainsi que l'exploitation des résultats à travers des indices écologiques et des techniques statistiques

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

Dans ce travail, à la suite d'une prospection de certaines mares dans la région d'Oued Souf, huit stations ont été sélectionnées comme points d'échantillonnage des macro-invertébrés aquatiques : deux stations situées en bordure du marais de Souk Libya, quatre stations au niveau du lac Chott, une mare en périphérie de l'Université Hamma Lakhdar d'El-Oued, et une station située à l'intérieur de l'Université. Plusieurs prélèvements ont été effectués durant une période de six mois, de décembre 2024 à juin 2025. Ces stations sont localisées entre les routes nationales n°16 et n°48. Le lac Chott (33° 23'2.65" N, 6° 51'31.29" E) et le marais de Souk Libya (33° 22'2.50" N, 6° 51'40" E) se sont formés à la suite d'une élévation du niveau de la nappe phréatique. Ces milieux abritent une faune diversifiée incluant des oiseaux (canards, hirondelles), des amphibiens, ainsi que des chiens et des cochons sauvages. On y trouve également une végétation herbacée abondante, notamment *Phragmites australis* et *Zygophyllum album*. Toutefois, ces zones sont fortement impactées par la présence de déchets, et les sols y sont sablonneux et salés. La station située à l'intérieur de l'Université d'El-Oued est un bassin artificiel (33° 23'38.5" N, 6° 51'24" E). Enfin, la station localisée en périphérie de l'Université Hamma Lakhdar est également issue d'une remontée de la nappe phréatique (33° 23'32.5" N, 6° 51'10" E) (Fig. 20,21 ; Tab.05).

Tableau 05: Station d'étude des invertébrés situées dans la région de oued souf (coordonnées, dimensions, nature)

Les stations	Les gites	Longitude	Latitude
Souk Libya (SL1,SL2)	Marécage salants	6° 51'40" E	33° 22'2.50" N
lac chatt (ch1,ch2,ch3,ch4)	Marécage salants	6° 51'31.29" E	33° 23'2.65" N
Université(PU)	Marais: épigé	6° 51'24" E	33° 23'38,5" N
l'université Hamma Lakhdar(UG)	Bassin artificiel	6° 51'10" E	33° 23'32,5" N



Figure20: Carte de localisations des sites d'études (conception personnelle ,2025)

s1chG1:station1chat1,s2chG2:station2chat2,s3chG3:station3chat3,s4chG4:station4chat4

s5sL1:station5souk Libya1,s6sL:station6souk Libya2,s7UG:station7 l'université Hamma Lakhdar,s8PU:station8 Université.

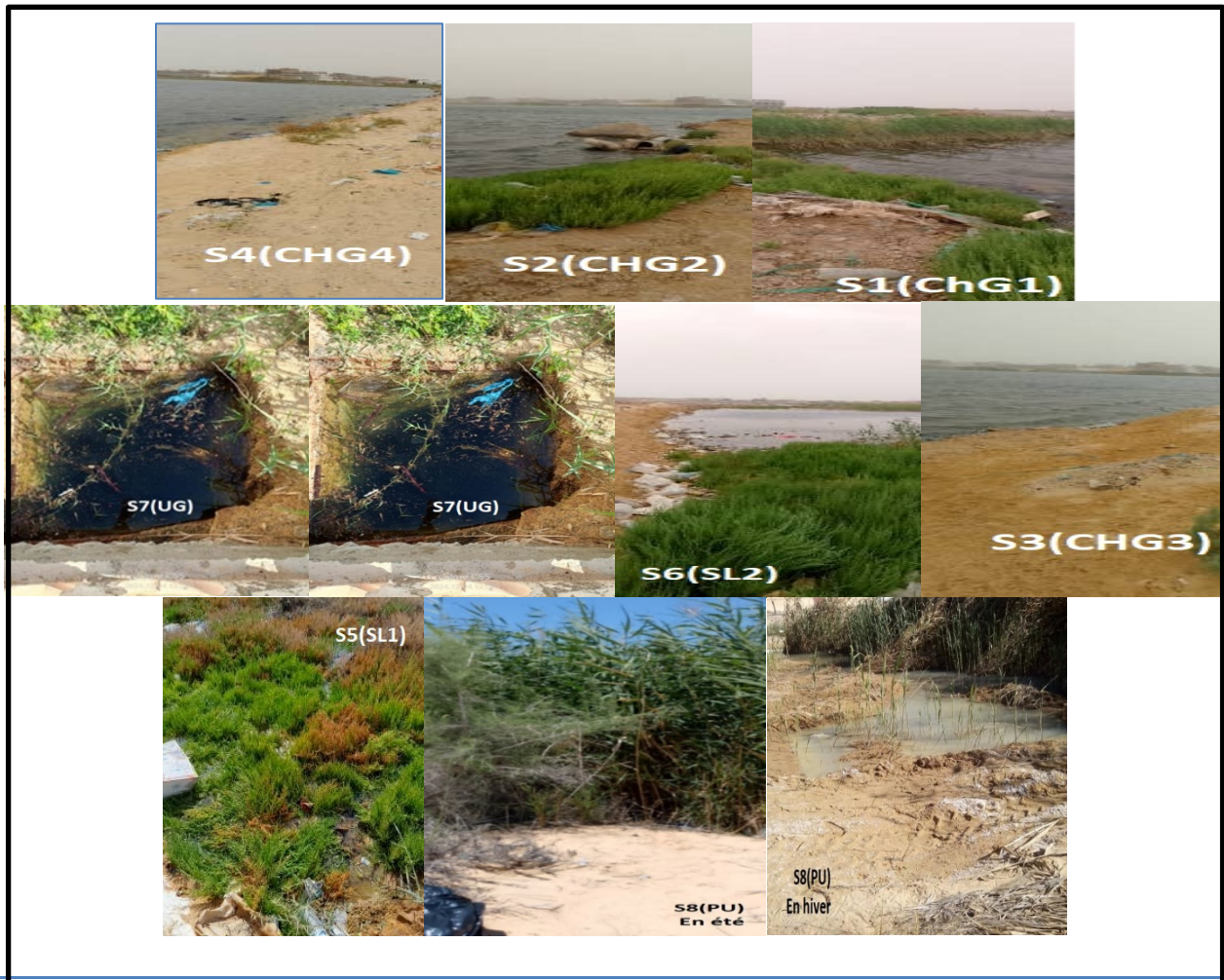


Figure21 : Positionnement géographique des stations d'échantillonnage

(photos personnelle, 2025)

III.2. Présentation de Modèle biologique

Notre recherche, axée sur l'identification de divers groupes d'organismes aquatiques (macro-invertébrés), porte un intérêt particulier aux Familles: celles des Culicidae, Chironomidae Ptychopteridae Stratiomyidae Hydrophilidae, Dytixidae, Corexidae, Nepidae, Notonectidae, Microveliinae, Micronectidae, Baetidae, Phryganeoidae, Daphnidae, Hydrachnidae, Physidae, Erpobdellidae

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

De décembre 2024 à juin 2025, la faune aquatique a été collectée deux fois par mois dans les stations précédemment mentionnées. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet troubleau à vide, doté d'une maille de 0,5 mm. L'extrémité du filet est immergée, puis déplacée de manière régulière en évitant les turbulences.

L'échantillonnage de la faune a été effectué à une profondeur variante entre 20 et 40 cm, le long de la berge de chaque station sélectionnée. Les échantillons collectés ont été placés dans des contenants hermétiques remplis d'eau du site, correctement étiquetés (mentionnant la date et le lieu de collecte), puis transportés au laboratoire. Après identification, les espèces récoltées ont été conservées dans de l'alcool à 75 % (Alayat, 2024). Les spécimens capturés ont d'abord été classés, sur la base de leur morphologie, en différentes morpho-espèces.

Le matériel utilisé pour la collecte comprenait : Boîtes en plastique et bouteilles d'eau vides ; Pipettes en plastique et bassines blanches ; Louche ; Alcool désinfectant ; Paires de gants.(Fig22)



Figure22: Technique d'échantillonnage de la faune aquatique (Photos personnelles, 2025)

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

Nous avons réalisé notre échantillonnage au niveau du lac de Souk Libya. Des normes rigoureuses ont été établies concernant le choix des sites et la méthode de collecte. Les échantillons ont été prélevés depuis les rives du lac, au niveau des quatre sites sélectionnés.

Avant le prélèvement, les cailloux, branchages, racines et autres galets ont été soigneusement éliminés. Le prélèvement s'effectue en plongeant la bouteille, goulot vers le bas, jusqu'à environ 30 cm sous la surface de l'eau. Ensuite, elle est remontée en décrivant un mouvement en « U », afin d'éviter à la fois les particules flottant à la surface et celles remuées depuis les sédiments (Rodier et al., 1996).

La quantité d'eau prélevée dépend des analyses à réaliser, et les agents de conservation utilisés seront précisés pour chaque paramètre analysé. Les échantillons sont conservés à une température de 4 °C (Aminot & Chaussepied, 1983).

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

Au laboratoire, les méthodes mises en œuvre incluent le tri et l'assemblage de spécimens, ainsi que l'identification de l'espèce collectée sur le terrain. Ces méthodes requièrent l'équipement et les articles suivants :

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

III-2-1-1- 3- Identification systématique de la faune aquatique

L'identification des taxons a été réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope photonique. Les structures morphologiques caractéristiques ont été capturées à l'aide de la caméra intégrée (Leica) au microscope. Dans de nombreux cas, une dissection sous microscope s'est avérée nécessaire. L'identification systématique des échantillons a été effectuée à l'aide d'une lame préparée avec une goutte de glycérol, après lavage à l'eau distillée. L'identification complète et précise des spécimens appartenant aux coléoptères aquatiques a été réalisée sur la base du Catalogue des Coléoptères d'Afrique du Nord (Bedel, 1925), ainsi que du Catalogue Atlas des Coléoptères d'Alsace, établi sous l'autorité de la Société Alsacienne d'Entomologie (Callot, 1990 ; 2001 ; Schott, 1999 ; 2000). L'identification des Hydracariens a

été effectuée à l'aide des clés dichotomiques de Cook (1974), Smith (1976, 2007), Perrier (1979) et Krantz (1975, 1978). Pour les Éphémères, les clés de Belfiore (1983) ainsi que les travaux de Gattolliat et Sartori (2008) ont été utilisées. L'identification des Hétéroptères aquatiques a été basée sur les études de Poisson (1957), Jansson (1969, 1986) et Dethier (1986), ainsi que sur de nombreuses publications traitant de la faune aquatique de la région méditerranéenne et de l'Afrique. Concernant les Culicidés, l'identification systématique a été réalisée à l'aide de clés dichotomiques appropriées, en se basant sur une série de caractéristiques morphologiques spécifiques. Les travaux de Himmi (2007) et le programme développé par Schaffner et al. (2001) ont été utilisés comme références. Les structures d'identification ont été documentées par photographie microscopique à l'aide d'un appareil photo intégré.(Fig 23)



Figure23 : Identification et conservation au niveau du laboratoire (Photos personnelles)

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

Sur une période de sept mois, de décembre 2024 à juin 2025. Nous avons prélevé des échantillons d'eau et enregistré les valeurs de 8 paramètres physiques et chimiques, en utilisant les huit stations d'étude. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de la station d'épuration d'Oued Souf, relevant de l'Office National d'Assainissement (ONA). Cependant, certains paramètres — à savoir le pH, la température, l'oxygène dissous, la conductivité et la salinité — ont été mesurés **in situ** à l'aide d'un appareil multiparamétrique (Multiline P4 de WTW). La DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur cinq jours), qui permet d'évaluer la concentration en matière organique biodégradable dans l'eau, est exprimée en mg/l. Le pH, indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution, représente une mesure du potentiel hydrogène. Il s'agit d'une grandeur sans dimension, directement liée à la concentration en ions oxonium H_3O^+ , résultant de l'association d'un proton H^+ avec une molécule d'eau. La MES (matières en suspension) désigne la quantité de particules solides non dissoutes présentes dans l'eau, exprimée en mg/l. Elle est généralement influencée par la capacité des sédiments à se mettre en suspension au contact de l'eau. La salinité correspond à la concentration en sels dissous (comme le chlorure de sodium, le chlorure de magnésium, le sulfate de magnésium, etc.) dans un échantillon d'eau. Elle est généralement mesurée par la conductivité électrique, qui n'a pas d'unité propre, mais peut être exprimée en ‰, en g/kg ou en PSU (unité pratique de salinité). Enfin, la température de l'eau a été mesurée à l'aide d'un thermomètre au moment du prélèvement (Aminot & Kérouel, 2004).

III.3 Traitement des données.

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) in LOUADI (1999) 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 macro-invertébrés benthiques sont traités d'abord par la qualité de l'échantillonnage puis sont exploités par des indices écologiques de composition et de structure.

III.3.1 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.3.2 Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition

Pour évaluer la diversité des invertébrés aquatiques présents dans les huit stations d'étude, nous avons utilisé plusieurs indices écologiques de composition, tels que la richesse spécifique, la richesse moyenne, la fréquence centésimale (F.C) ou abondance relative (A.R), ainsi que l'indice d'occurrence (Ramade, 2000). Ces paramètres permettent de mieux caractériser la composition et la distribution des espèces au sein des écosystèmes étudiés.

La diversité des communautés vivantes se traduit généralement par la richesse spécifique totale, correspondant au nombre total d'espèces (S) présentes dans un biotope, ainsi que par la richesse spécifique moyenne (s), qui reflète la moyenne du nombre d'espèces observées au cours d'une série de prélèvements. Cette diversité peut également être exprimée à l'aide de différents indices.

III.3.2.1 Richesse spécifique totale :

D'après Ramade (1984), La richesse totale est, par définition, le nombre d'espèces présentes dans un peuplement au sein d'un écosystème donné.

III.3.2.2 Richesse spécifique moyenne :

La richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans les échantillons d'un peuplement étudié. La richesse moyenne (s) 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:

$$S_m = \sum n_i / N$$

$\sum n_i$: la Somme des richesses' totales.

N : le nombre total de relevés.

III.3.2.3 Fréquences centésimales ou abondances relatives :

Une fréquence centésimale correspond au pourcentage des individus d'une espèce (n_i) par rapport au nombre total de l'ensemble des individus toutes espèces confondues (Dajoz, 1971).

L'abondance relative des espèces dans un peuplement ou dans un échantillon, caractérise la diversité faunistique d'un milieu donné :

$$F\% = n_i / N * 100$$

n_i : Nombre des individus de l'espèce prise en considération ;

N : Nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

III.3.2.4 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 :

$$C (\%) = P_i \times 100/P$$

P_i : 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.3.3 Exploitation des résultats par des indices écologiques de structure

Les indices de structure mettent en évidence la qualité de l'entomofaune analysée. Il s'agit de la diversité de Shannon-Weaver, de l'équipartition et de l'indice de Jaccard.

III.3.3.1 Indice de diversité de Shannon-Weaver

D'après Blondel et *al.* (1973), la diversité est définie comme le niveau d'hétérogénéité d'un peuplement. Selon Margalef (1958), cité par Legendre et *al.* (1984), l'indice de diversité H' de Shannon-Weaver peut être utilisé comme mesure de diversité, dont le calcul s'effectue comme suit

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

$$P_i = n_i / N$$

n_i : nombre d'individus d'une espèce i .

N : effectifs ou nombre total d'individus de la collection.

\log_2 : Logarithme à base de 2

$$0 \leq H' \leq 5$$

Le résultat de cette formule constitue une donnée en bits.

Cet indice fournit des informations sur la diversité des espèces dans chaque milieu considéré. La diversité dépend non seulement du nombre d'espèces présentes, mais aussi de leur abondance relative (BARBAULT, 1981). Elle atteint son maximum lorsque toutes les espèces du peuplement sont représentées par un nombre identique d'individus. En revanche, lorsque la diversité est faible, on qualifie le peuplement d'espèces pauvre selon BLONDEL (1979). En revanche, un indice de ce type élevé signifie que le milieu abonde en espèces de Culicidés et qu'il leur est propice.

Diversité maximale

Blondel (1979) exprime la diversité maximale par la formule suivante :

$$H'_{\max} = \log_2 S$$

H' max. est la diversité maximale exprimée en unités bits

S est la richesse totale des espèces

III.3.3.2 Indice d'équi-répartition

Selon Blondel (1979), l'équitabilité correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale. Elle est exprimée par la formule ci-dessous :

$$E = H' / H' \text{ max}$$

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 dominant 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.3.3.3 Analyse de similitude (Indice de JACCARD):

Afin de comparer les peuplements Culicidiens dans les 8 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:

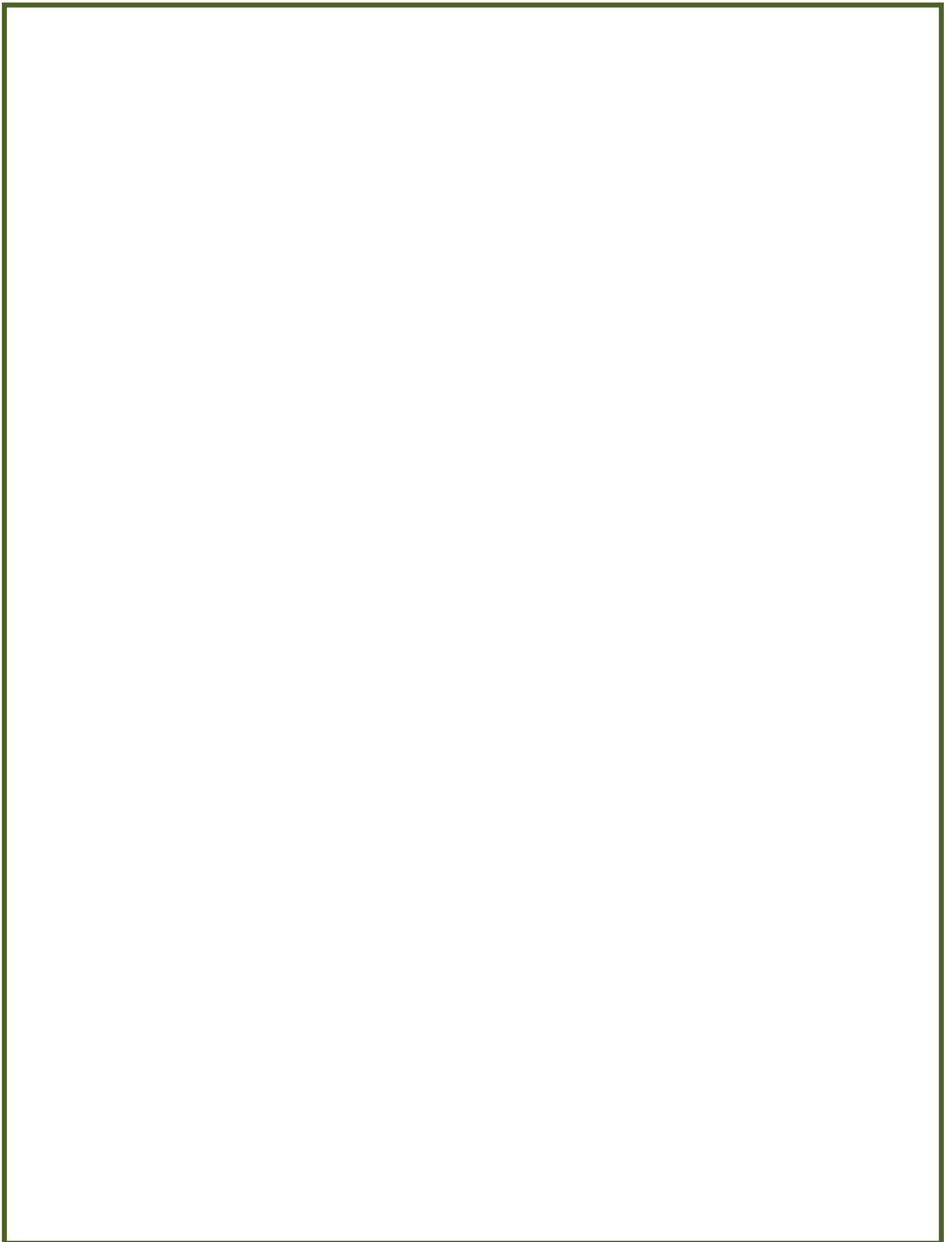
$$J = c / (a+b+c) \times 100$$

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.



CONCLUSION

&

PERSPECTIVES

Conclusion

L'étude que nous avons menée sur les macro-invertébrés aquatiques du marais d'Oued Souf s'inscrit dans une volonté de valoriser la biodiversité de cette zone humide saharienne, encore peu étudiée sur le plan écologique. Elle constitue une contribution préliminaire mais significative à l'inventaire faunistique régional.

Nos investigations ont permis d'identifier un nombre notable d'espèces appartenant à divers groupes taxonomiques (insectes, mollusques, crustacés, etc.), révélant une richesse spécifique insoupçonnée dans un milieu aride soumis à des conditions climatiques extrêmes. Cette diversité traduit une remarquable capacité d'adaptation des organismes aux contraintes environnementales telles que les fortes températures, la salinité fluctuante et les phases d'assèchement saisonnier.

Les analyses physico-chimiques des eaux (température, pH, conductivité, oxygène dissous, etc.) ont mis en évidence une variabilité spatio-temporelle importante, influençant la composition, l'abondance et la distribution des peuplements benthiques. Certaines espèces identifiées apparaissent comme de bons bioindicateurs de la qualité écologique des milieux aquatiques, tandis que d'autres pourraient jouer un rôle épidémiologique en tant que vecteurs ou hôtes intermédiaires.

Les résultats obtenus soulignent l'importance de préserver les zones humides temporaires, souvent négligées dans les stratégies de gestion environnementale, alors même qu'elles jouent un rôle écologique clé : réservoirs de biodiversité, sites de reproduction, et filtres naturels.

Cependant, cette étude reste limitée par sa durée et par le nombre de stations prospectées. Elle appelle donc à des travaux complémentaires notamment :

- La mise en place de suivis longitudinaux pour détecter les évolutions écologiques ;
- L'intégration d'autres groupes bio-indicateurs (phytoplancton, amphibiens, oiseaux, etc.) ;
- L'analyse des interactions trophiques et du fonctionnement écosystémique global ;
- L'évaluation des pressions anthropiques (urbanisation, agriculture, rejets domestiques).

CONCLUSION & PERSPECTIVES

En conclusion, ce travail constitue une base de données précieuse pour de futures recherches et pour l'élaboration de stratégies locales de conservation durable. Il met également en lumière le besoin urgent de renforcer la recherche scientifique dans les zones arides, qui abritent une biodiversité souvent insoupçonnée, mais d'une grande valeur patrimoniale et écologique.

Références

Références

1. (Anonyme. Eau & Rivières de Bretagne<<les Ephéméroptères>>. [En ligne]. P3.<http://educatif.eau-et-rivieres.asso.fr/pdf/ephemeropteres.pdf>
2. Ababsa, L., Sekour, M., Souttou, K., Allal, A., Doumandji, S., 2011. Quelques paramètres de la reproduction du cratérope fauve *Turdoidea fulva* (des fontaines, 1789) dans la région du Souf. *Revue des Bio-ressources*, vol. 1(1) : 20-25
3. Abdullahi, U. A., & Ibrahim, S. (2018). An assessment of pollution in aquatic environment using bioindicators: A review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(2), 64–68.
4. Adisso, S., & Alia, A. (2005). Contribution à l'étude écologique et biologique des Culicidae au Bénin. Cotonou : Université d'Abomey-Calavi.
5. Agence Nationale de Développement de l'Investissement (A.N.D.I.). (2014). Monographie de la wilaya d'El Oued. Alger : A.N.D.I.
6. Alayat, M. (2024). Étude entomologique et épidémiologique des Culicidae dans la région de Souf [Mémoire de Master, Université d'El Oued].
7. Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., ... & Zamora-Muñoz, C. (1995). Caracterización del estado ecológico de los ríos mediterráneos ibéricos con macroinvertebrados: metodología del proyecto GUADALMED. *Limnetica*, 13(1), 187–204.
8. ALIA Z et FERDJANI B., 2008. –Inventaire de l'entomofaune dans la région d'Oued Souf (cas de deux stations Dabadibe et Ghamra) *Mém. Ing.Agro. ITAS. Ouargla*, 160p.
9. Alia, Z., 2018. Importance des rongeurs dans la région du Souf. Thèse doctorat en Sciences Agronomiques, Université Ouargla, 167 P
10. 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.
11. Alonso, A., & Castro-Díez, P. (2008). What explains the invading success of the aquatic mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca)? *Hydrobiologia*, 614(1), 107–116.
12. Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin (No. 551.464 AMI).
13. Aminot, A., & Kérouel, R. (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses*. France: Quae.
14. AOUIMEUR, S., 2016 - Effet de l'action déprédatrice de l'apate monachus (Coleoptera Bostrychidae) sur trois cultivars de palmiers (*Phoenix dactylifera*) dans la région du Souf (Sahara Septentrional-Est, Algérie). *Mém. Mag. Agro., Univ. Kasdi Merbah, Ouargla*, 274 p.
15. Atapaththu, K. S. S. (2024). Ecological significance of aquatic macroinvertebrates in headwater streams. *Journal of Tropical Forestry and Environment*, 13(2).

Références

16. Barbault, R. (1981). *Écologie des peuplements*. Paris : Masson
17. Baudour, A., & Habiles, R. (2017). La qualité de l'eau en relation avec les macro-invertébrés : Cas de l'Oued Seybouse [Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945, Guelma]. 65 p.
18. Beaumont, A., & Cassier, P. (2009). *Écologie des crustacés d'eau douce : aspects bioécologiques et indicateurs de qualité*. [Publication universitaire ou conférence – à préciser si possible].
19. 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.
20. Belfiore, C. (1983). Guide pre il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane (24) Effemeroteri (Ephemeroptera). Collana del progetto finalizzato, Promozione Della Qualità Dell'Ambiente AQ.
21. BENZAIA, A., et MAIASSI, Z. (2021). Contribution à la connaissance de la composition des eaux usées urbaines de la ville d'El Oued.
22. Bendali-Saoudi, A. (2006). Faune culicidienne dans le Nord-Est algérien : Inventaire, corrélation avec les facteurs écologiques et essais de lutte [Thèse de doctorat, Université de Constantine].
23. Bernard, H. R. (2017). *Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches* (6th ed.). Lanham, MD: Rowman & Littlefield.
24. Blondel J., 1979 – Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
25. Blondel J., 1979 – Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
26. Blondel, J., Ferry, C., & Frochot, B. (1973). Avifaune et végétation : essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, 41(1), 63–84
27. Bolek, M. G., & Hanelt, B. (2024). Chapter 57: Nematomorpha (Phylum): Horsehair worms. In *Concepts in Animal Parasitology*. <https://doi.org/10.32873/unl.dc.ciap057>
28. Bonada, N. (2015). Els macroinvertebrats aquàtics dels ecosistemes fluvials. *Revista Mètode*, 25, 37–48.
29. Boudot, J. P. (2010). *Les Libellules : identification, biologie, écologie*. Paris : Biotope.
30. Callot, H. J. (1990). Catalogue and Atlas of the Beetles of Alsace. Volume 2 Hydradeptera: Dytiscidae, Haliplidae, Gyrinidae, Alsatian Society of Entomology & Zoological Museum of the University and City of Strasbourg, 69 p.
31. Chekima N., Chouia H., Retima M., Retima N., 2021, Enquête sur l'utilisation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle de La région d'El-oued, Mémoire Master , Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED, 20p.
32. Dajoz R., 1982 - Précis d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503 p.
33. DAJOZ, R., 1971 – Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434p.

Références

34. Dejoux, C., Elouard, J. M., Forge, P., & Maslin, J. L. (1983). Catalogue illustré des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. Paris : ORSTOM.
35. Dethier, M. (1981). Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, les Hétéroptères. Off. Rech. Sci. Tech. Outre-Mer, 45, 661-683.
36. D'Aguillar, J., & Dommanget, J. L. (1998). Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord (2^e éd.). Paris : Delachaux et Niestlé.
37. Ebert, D. (2005). Ecology, epidemiology and evolution of parasitism in Daphnia. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information.
38. El Alami, M. (2002). Les macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de la qualité des eaux : cas de l'Oued Sebou (Maroc) [Thèse de doctorat, Université Mohamed V, Rabat].
39. 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
40. Gourmelon, A., & Ahtiainen, J. (2007). Developing test guidelines on invertebrate development and reproduction for the assessment of chemicals, including potential endocrine active substances: The OECD perspective. *Ecotoxicology*, 16, 161–167. <https://doi.org/10.1007/s10646-006-0103-y>
41. Grassé, P. P., Poisson, R. A., & Tuzet, O. (1970). Zoologie I : Invertébrés (Précis de Sciences Biologiques). Paris : Masson et Cie. 935 p.
42. Gresens, S. E., Smith, R. F., Sutton-Grier, A. E., & Kenney, M. A. (2009). Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The intersection of science and policy. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2(2), 99–128.
43. Guezoul, O., Djabri, L., Hani, A., Chaffai, H. & Bougherira, N. 2017 'Hydrochemical and isotopic methods of identifying the impact of irrigation on the quality of groundwater: a case study from the Guelma-Boucheougouf region, NE Algeria', *Environmental Earth Sciences*, 76(1), pp. 1–16.
44. Guilaumot, H. (2013). Étude sur les Culicidae dans les zones humides sahariennes [Mémoire de Master, Université de Montpellier].
45. Halis, Y. (2024). L'encyclopédie botanique de la région de Souf. Éditions scientifiques de Souf.
46. Hauer, F. R., & Resh, V. H. (2017). Chapter 15 – Macroinvertebrates (pp. 297–319). In *Methods in Stream Ecology*, Volume 1. Elsevier.
47. Hauer, F. R., & Resh, V. H. (2017). Macroinvertebrates. In *Methods in Stream Ecology* (Vol. 1). Elsevier.
48. HESSE, A.-S., IMBERT, E., KARABAGHLI, C., MANGOT, S., & SAADAT, S. (2014) : Les macro-invertébrés benthiques bioindicateurs de la qualité de nos rivières. 2- 3 pp.

Références

49. 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.
50. Himmi, O. (2007). Les Culicidae (Insectes, Diptères) du Maroc : Systématique, écologie et études épidémiologiques pilotes [Thèse de doctorat d'État, Université Mohamed V-Agdal, Rabat].
51. Holmen, M. (1987). The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Brill.
52. Hullnudd, M. (2009). Les crustacés de la source du Ru Saint-Roch. La Marne, 28 octobre 2009, 1 p.
53. Isenmann, P. & Moali, A. 2000. Oiseaux d'Algérie. Société d'Études Ornithologiques de France (SEOF), Paris.
54. Johannsen, O. A. (1977). Aquatic Diptera (4^e réédition des mémoires n°164 [1934], 177 [1935] et 210 [1973] publiés par Cornell University). Ithaca, NY : Cornell University Experimental and Applied Entomology Memoirs, 369 p.
55. Jolivet, P. (1980). Les insectes et l'homme : Insectes d'importance médicale. Masson. Ed. Spéc. Sci., 55, 909–918.
56. Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E., & Padilla, D. K. (2005). Contrasting distribution and impacts of two freshwater exotic suspension feeders, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*. In H. Segers & K. Martens (Eds.), *Developments in Hydrobiology* (Vol. 47, pp. 239–262). Springer.
57. Koumba, A. A., Koumba, C. R. Z., Mintsa Nguema, R., Salako Djogbenou, L., Obame Ondo, P., Ketoh, G. K., Comlan, P., M'Batchi, B., & Mavoungou, J. F. (2018). Distribution spatiale et saisonnière des gîtes larvaires des moustiques dans les espaces agricoles de la zone de Mouila, Gabon. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(4), 1754.
58. 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.
59. LE BERRE, M., 1989 - Faune du Sahara, Poissons, Amphibiens, Reptiles, Ed. Raymond Chabaud-Lechevalier, Paris, 332 p.
60. Lee, S. J., Park, J. H., & Ro, T. R. (2006). Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keumho River. *Entomological Research*, 36(2), 98–106.
61. Legendre, L., & Legendre, P. (1984). *Écologie numérique : La structure des données écologiques*. Paris : Masson.

62. Li, K., He, C., Zhuang, J., Zhang, Z., Xiang, H., Wang, Z., Yang, H., & Sheng, L. (2015). Long-term changes in the water quality and macroinvertebrate communities of a subtropical river in South China. *Water*, 7, 63–80. <https://doi.org/10.3390/w7010063>
63. Lin, Y., Chen, K., Chen, Q., & Chen, B. (2016). Effect of disturbance on the hydro-environmental factors and macroinvertebrate community in the Lijiang River. *Procedia Engineering*, 154, 247–251. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.456>
64. López-López, E., & Sedeño-Díaz, J. E. (2015). Biological indicators of water quality: The role of fish and macroinvertebrates as indicators of water quality. In *Water Quality: Principles and Practices* (pp. 643–661). Springer Netherlands.
65. Magistère : *Écologie Animale*. Univ. Biskra, 164p.
66. Mahmoudi, A., Bouzidi, H., & Toumi, K. (2023). Étude bioécologique des Culicidae et de la faune associée au niveau du lac Tonga : Lutte biologique (plantes et prédation) de quelques espèces inventoriées. Université d'Annaba.
67. Manar, N. (2008). Étude bioécologique des crustacés planctoniques dans les zones humides de l'Est algérien [Mémoire de Master, Université d'Annaba].
68. Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systems*, 3, 36–71.
69. 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.
70. McCafferty, W. P. (1981). *Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives*. Boston, MA : Jones and Bartlett Publishers.
71. Moisan, J. (2010). Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec.
72. Moisan, J. (2010). Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec. ISBN : 978-2-550-58416-2.
- À la rencontre des mollusques. (2023). Guide de découverte des mollusques d'eau douce et terrestres.
73. Moisan, J. (2017). Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec – Fosse du Labrador. Québec: Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement.
74. Moisan, J., & Pelletier, L. (2008). Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

Références

75. Moisan, J., & Pelletier, L. (2013). Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.
76. Moison, M., Roux, F., Quadrado, M., Duval, R., Ekovich, M., Lê, D. H., ... & Budar, F. (2010). Cytoplasmic phylogeny and evidence of cyto-nuclear co-adaptation in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 63(5), 728–738. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04276.x>
77. 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.
78. NADJAH, A., 1971. Le Souf des Oasis. Alger : Editions la Maison des livres, 174 p.
79. Neumann, D., & Jenner, H. A. (1992). The zebra mussel *Dreissena polymorpha*. Schweizerbart Science Publishers.
80. Neveu-Lemaire, M. (1923). L'évolution de la classification des Culicidae. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 1(1), 1–18.
81. Nguyen, T. H. T., Boets, P., Lock, K., Forio, M. A. E., Echelpoel, W. V., Butsel, J. V., Utreras, J. A. D., Everaert, G., Granda, L. E. D., Hoang, T. H. A. T., & Goethals, P. L. M. (2017). Water quality related macroinvertebrate community responses to environmental gradients in the Portoviejo River (Ecuador). *International Journal of Limnology*, 53, 203–219.
82. Orozco-González, C. E., & Ocasio-Torres, M. E. (2023). Aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water quality: A study of an ecosystem regulation service in a tropical river. *Ecologies*, 4(2), 209–228.
83. Pierre, F. B. (1995). Clé illustrée des familles des Coléoptères de France. *L'Entomologiste*, 50, 56. ISSN : 0013-8886.
84. Pierre, F.B. (1995). Clé Illustrée des Familles des Coléoptères de France. Paris l'Entomologiste. Tome 50. 56, 0013- 8886.
85. Poisson, R. (1957). Faune de France. n° 61, Hétéroptères Aquatiques, figure 33, page 59.
86. Poisson, R. (1957). Hétéroptères aquatiques (Faune de France, n° 61). Paris : Paul Lechevalier.
87. 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. *Cahiers ORSTOM, Série Hydrobiologie*, 4(2), 3–12.
88. Popoola, K.O.K., & Otalekor, A. (2011). Analysis of aquatic insects' communities of Awba reservoir and its physico-chemical properties.
89. Proctor, H. C. (2006). Key to aquatic mites known from Alberta. Ottawa: Agriculture and Agri-Food Canada.

90. RAMADE F., 1984 – Eléments d'écologie - Ecologie fondamentale–. Ed. Mc Graw–Hill,
91. RAMADE F., 1984 – Eléments d'écologie - Ecologie fondamentale–. Ed. Mc Graw–Hill,
92. RAMADE F., 1984. Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Ed. Mc. Graw& Hill, Paris, 576 p.
93. Ramade, F. (2000). Encyclopedic dictionary of pollutions; Dictionnaire encyclopedique des pollutions.
94. Rashid, R., & Pandit, A. K. (2014). Macroinvertebrates (oligochaetes) as indicators of pollution: A review. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 6(4), 140–144.
95. Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T., Kidd, K. A., Maccormack, T. J., Olden, J. D., & Ormerod, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94, 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
96. Ribera, I., & Foster, G. (1993). Use of aquatic Coleoptera as biological indicators (Coleoptera). *Elytron*, 6, 61–75.
97. Ribera, I., Beutel, R. G., Balke, M., & Vogler, A. P. (2002). Discovery of Aspidytidae, a new family of aquatic Coleoptera. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 269, 2351–2356. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2157>
98. Rodhain F., 1996 - Worldwide spread of *Aedes albopictu*. *Bul. Soci. Path. Exot.*, 89 (2) : 137-141
99. Rodhain, F., & Perez, C. (1985). *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Paris : Maloine.
100. Rosenberg D.M ., Resh V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, London, 488 p
101. Rosenberg DM et Resh VH, (1993): Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, London ,488p.
102. 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.
103. 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.
104. Serrage, N. (2024). Étude écologique des Hétéroptères aquatiques dans les zones humides
105. Short, A. E. Z. (2018). Systematics of aquatic beetles (Coleoptera): Current state and future directions. *Systematic Entomology*, 43(1), 1–18.
106. Slater, J. A., & Baranowski, R. M. (1978). *How to know the true bugs*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Company Publishers

Références

107. Souache, R. (1993). Contribution à l'étude de la faune odonatologique du Nord-Est algérien [Mémoire de Magistère, Université de Constantine].
108. STEWART, P., 1969 – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. Soc.Hist. Nat. Agro. : 24 -25.
109. Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2013). Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie, écologie (Vol. 15). Paris : CNRS Éditions.
110. Tachet.H, Richoux.P et Bournaud.M,U.-P.P,(2006) :Invertébrés d'eau douce :Systématique,biologie,écologie.CNRS 2ème édition,(Paris),588pp.
111. VOISIN, P., 2004. Le Souf. Ed El-Walide, El-Oued. 190p.
112. Walter, D. E., & Proctor, H. C. (1999). Mites: Ecology, evolution and behaviour. Life at a microscale (2nd ed.). Springer.
113. Welti, E. A. R., Bowler, D. E., Sinclair, J. S., Altermatt, F., Álvarez-Cabria, M., Amatulli, G., Angeler, D. G., Archambaud-Suard, G., Arrate Jorrín, I., Aspin, T. W. H., Azpiroz, I., ... Haase, P. (2024). Time series of freshwater macroinvertebrate abundances and site characteristics of European streams and rivers. *Scientific Data*, 11(1).
114. Wilson, J. D., Morris, A. J., Arroyo, B. E., Clark, S. C., & Bradbury, R. B. (1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 75, 13–30.
115. Xu, M., Wang, Z., Duan, X., & Pan, B. (2014). Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiologia*, 729(1), 247–259.
116. Zebza, R. (2016). État de la biodiversité des odonates dans le Nord-Est algérien [Thèse de doctorat, Université de Béjaïa]

Annexes

Outils et dispositifs utilisés dans l'étude

