

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE

N° :



DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : ECOLOGIE ET

ENVIRENEMENT

OPTION : ECOLOGIE URBAINE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par:

-Dahmani dounia zed

-Derradj rania

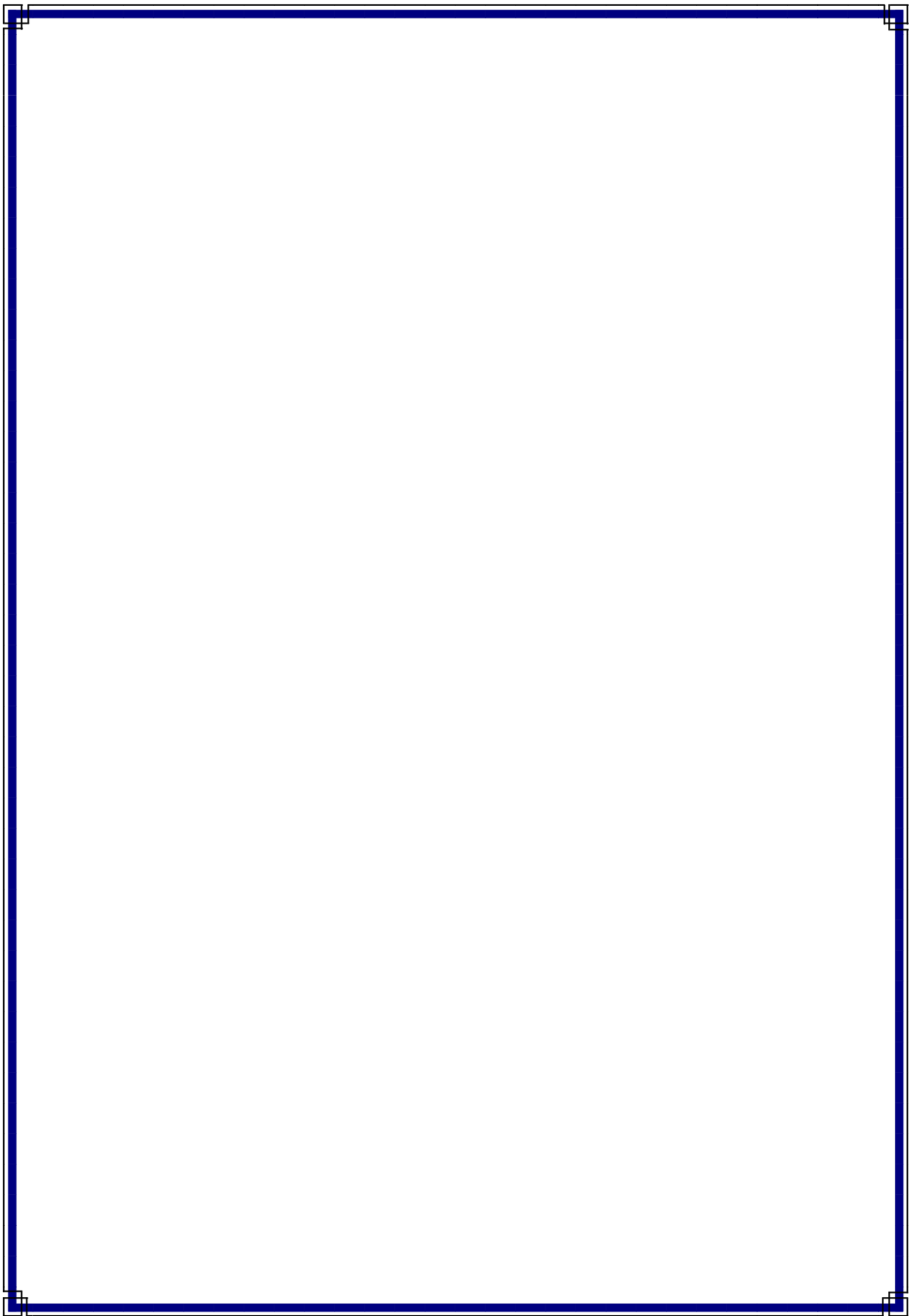
Intitulé

**Inventaire et systématique des macro-invertébrés
aquatiques des plans d'eau de la wilaya de
M'sila**

Soutenu devant le jury composé de:

Hedjouli zakaria	MCB	Université de M'Sila	Président.
Rouibi yacine	MCB	Université de M'Sila	Encadreur.
Sassoui ammar	MCB	Université de M'Sila	Examineur.

Année universitaire : 2024 /2025



Remerciements :

Nous louons Allah, Le Tout-Puissant, avec une louange abondante et bénie, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires la réalisation de ce travail modeste.

Nous exprimons notre profonde gratitude Monsieur " Rouibi Yacine", notre encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils avisés, son suivi rigoureux et son accompagnement tout au long de ce mémoire. Sa confiance et son soutien ont été d'une grande importance pour nous, et nous lui adressons nos remerciements les plus sincères.

Nos remerciements vont Également Monsieur "Hedjouli Zakaria", président du jury, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider cette soutenance et pour ses remarques enrichissantes.

Nous tenons aussi remercier chaleureusement Monsieur "Sassoui Ammar", examinateur de ce mémoire, pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour le temps et l'attention qu'il y a consacrés.

Nos sincères remerciements s'adressent également à Monsieur "Kamel Sghiri", responsable des laboratoires, pour les conditions de travail qu'il a mises à notre disposition, ainsi qu'à l'ensemble des ingénieurs et techniciens de laboratoire, pour leur assistance et leur coopération précieuse durant toute la période de recherche.

Enfin, nous remercions du fond du cœur nos collègues, amis, et membres de nos familles, ainsi que toutes les personnes qui nous ont soutenues, de près ou de loin, dans l'aboutissement de ce travail. À vous tous, nous adressons nos vœux de réussite et de bonheur.

Dédicace :

Louange Allah, par Sa gr ce les bonnes actions s'accomplissent, et par Sa volonté les objectifs sont atteints.

À ceux qui, après Dieu, ont contribué à tout ce que j'ai pu apprendre et accomplir, ceux qui ont semé en moi, depuis mon enfance, l'amour du savoir, de la recherche et de l'effort.

À ceux qui ont supporté les difficultés de la vie pour moi...

mon cher père, (Abdelkerim), qui m'a appris que l'ambition n'a pas de limites et que tout don mérite gratitude,

Et ma précieuse mère, source de tendresse et auteure de prières sincères qui m'ont toujours accompagnée. Vous avez toujours été fiers de moi, et cela restera ma plus grande motivation.

Je vous offre, vous deux, le fruit de mon travail et le résultat de longues années de persévérance. Vous êtes ma vraie fierté.

À mes sœurs : (Chaima, Djouhina, Radhia et Ritadj), qui ont toujours été mon soutien silencieux, attentives mon bonheur et ma réussite,

À mes amis et collègues, avec qui j'ai partagé les moments de fatigue et de joie, et crée des souvenirs inoubliables,

mes chers enseignants, qui ont partagé leur savoir avec générosité et ont toujours été des modèles suivre, mon encadrant, Monsieur (Rouibi Yacine), pour ses conseils, sa patience et son soutien scientifique inestimable,

Et mon amie et collègue (Ramia), avec qui j'ai travaillé main dans la main sur ce projet. Nous avons veillé, cherché, persévéré ensemble pour offrir un travail de qualité. Je suis fière de toi, ma chère,

tous ceux qui m'ont encouragée, soutenue et crue en moi,

Je vous dédie ce travail, car il est autant le fruit de vos efforts que du mien.

Dahmani Dounia zed.

Dédicace :

Au nom d'Allah, dont la lumière m'a guidée, et par la grâce duquel je me suis élevée.

Louange Lui, aussi nombreuses que les étoiles, autant que les prosternations des croyants, et autant que les cœurs qui battent en Son souvenir.

Je Lui adresse ma gratitude, en premier et en dernier, extérieurement et intérieurement.

Car ce succès n'est venu que par Sa faveur, et chaque pas franchi n'a été possible que grâce à Sa bienveillance.

À ceux qui ont semé dans mon cœur la lumière de la foi, de l'amour et de la satisfaction...

ma chère mère, ce paradis que je foule sur terre, et dont la voix de prière berce mes nuits.

mon tendre père, mon appui dans les moments de faiblesse, mon honneur et ma sécurité chaque instant.

Vos prières ont été mon arme, votre patience la force de ma persévérance.

Merci d'avoir toujours été là... dans mon dos, dans mon cœur, dans chaque instant de fatigue et de joie.

*mes chers frères : **Salah Eddine et Chihab Eddine,***

Vous avez été pour moi comme deux montagnes : solidité, virilité, et une chaleur fraternelle irremplaçable. À

*mes deux fleurs, mes sœurs bien-aimés : **Samah et Fatoum,***

Vos rires Étaient un baume, vos mots un apaisement.

Vous étiez ma compagnie dans la solitude, ma joie dans les moments d'épuisement.

*mes chères amies : **Saadia, Racha .***

Celles avec qui j'ai partagé chaque instant d'apprentissage, de fatigue, d'espoir... et même des larmes.

Vous êtes les sœurs que ma mère n'a pas enfantées. Vos souvenirs sont inoubliables, vos paroles habitent mon cœur comme les plus beaux poèmes.

*mon encadrant, Monsieur (**Rouibi Yacine**), pour ses conseils, sa patience et son soutien scientifique inestimable,*

*mon amie **Dounia**, avec qui j'ai partagé fatigue, rires et réussites.*

Compagne de route et d'étude, merci d'avoir été le baume de mes jours difficiles.

Et à tous ceux qui ont touché mon cœur par une parole, une prière ou un sourire...

Ce dipl me est le fruit de prières, de veillées et d'une longue patience.

Je vous le dédie.

En priant Allah de le bénir et de le rendre utile.

Derradj rania.

Liste des figures :

Figure 1 : les crustacés (les gammares).....	07
Figure 2 : gastéropode prosobranche vue dorsale.....	09
Figure 3 : morphologie générale des larves des odonates.....	11
Figure 4 : les éphéméroptères (larves).....	12
Figure 5 : les coléoptères (adulte et larve).....	14
Figure 6 : les hémiptères (adulte).....	15
Figure 7 : les trichoptères (larve).....	16
Figure 8 : les différentes parties des oligochètes (les annélides).....	18
Figure 9 : les diptères (différentes formes de larves).....	19
Figure 10 : localisation du site d'étude.....	23
Figure 11 : Situation géographique de la région de chott el Hodna.....	25
Figure 12 : La géologie de la région du Chott el Hodna.....	27
Figure 13 : Principaux systèmes morphologiques de Chott el Hodna.....	28
Figure 14 : Carte pédologique de la région d'El-Hodna.....	30
Figure 15 : Réseau hydrologique de chott el Hodna.....	32
Figure 16 : les températures mensuelles moyennes de M'Sila de la période de (1988-2014).....	33
Figure 17 : Précipitations mensuelles et annuelles moyennes en (mm) de la région de M'Sila durant la période (1988-2014).....	34
Figure 18 : Vitesses moyennes du vent en m/s de la région de M'sila Période 1988-2014).....	35
Figure 19 : Humidité relative mensuelle à M'Sila (période 1988-2014).....	36
Figure 20 : station 01.....	38
Figure 21 : station 02.....	39
Figure 22 : station 03.....	39
Figure 23 : station 04.....	40
Figure 24 : une bassine.....	41
Figure 25 : Ethanol.....	43
Figure 26 : Fillet.....	43

Figure 27 : Multè paramètre.....	43
Figure 28 :Matériels utilisés au laboratoire.....	45
Figure 29 : loupe binoculaire.....	45
Figure 30 :histogramme des variations mensuelles de la température des stations d'étude.....	51
Figure 31 :histogramme des variations mensuelles de ph des stations d'étude.....	53
Figure 32 :histogramme des variations mensuelles de la conductivité des stations d'étude.....	54
Figure 33 :histogramme des variations mensuelles de l'oxygène dissous des stations d'étude.....	56
Figure34 :histogramme des variations mensuelles de la salinité des stations d'étude....	58
Figure35 : histogramme des variations de profondeur des stations d'étude.....	59
Figure 36 : histogramme des variations de couverture végétale des stations d'étude....	61
Figure 37 : l'abondance des coléoptères dans les quatre stations.....	64
Figure 38 : Coléoptères (a) hygrobia sp (b) coelambus sp.....	64
Figure 39 : Larve de Dytiscus sp.....	64
Figure 40 : larve de Berosus sp.....	64
Figure 41 : l'abondance des diptères dans les quatre stations.....	66
Figure 42 : larve de chironomidae.....	66
Figure 43 : l'abondance des hémiptères dans les quatre stations.....	67
Figure 44 : Notonecta sp.....	68
Figure 45 : Corixa sp.....	68
Figure 46 : l'abondance des odonates dans les quatre stations.....	69
Figure 47 : Anax sp.....	69
Figure 48 : l'abondance des crustacés dans les quatre stations.....	70
Figure 49 :Chirocephalus sp.....	71
Figure 50 : l'abondance des amphibiens dans les quatre stations.....	72

Figure 51 : Larve des Anoures.....72

Listes des tableaux :

Tableau 01 : Données Climatique de la station météorologique de M'sila (Station météorologique de M'Sila 2014).....	32
Tableau 02 : Variations mensuelles de la température de l'eau des quatre stations.....	50
Tableau 03 : Variations mensuelles de ph des quatres stations.....	52
Tableau 04 : Variations mensuelles de la conductivité des quatre stations.....	54
Tableau 05 : Variations mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau des quatre stations.....	56
Tableau 06 : Variations mensuelles de salinité des quatres stations.....	57
Tableau 07 : variations de profondeur des stations d'étude.....	59
Tableau 08 : variations de couverture végétale des stations d'étude.....	60
Tableau 09 : Check-list des taxa faunistiques de la faune aquatique.....	62
Tableau 10 : Comparaison de la richesse moyenne (S_m) des macro-invertébrés aquatiques entre trois sites.....	73
Tableau 11 : Comparaison des valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') dans différentes sites études.....	75
Tableau 12 : Comparaison des valeurs de l'indice d'équitabilité dans différentes sites études.....	76

Table des matières :

Remerciements

Dédicace

Listes des figures
Listes
des tableaux

Introduction :

Chapitre I : Généralité sur les macros-invertébrés.

1- Définition des macro-invertébrés aquatiques	04
2- l'importance des macro-invertébrés	04
3- Les principaux ordres des macro-invertébrés	06
3-1-les Crustacés.....	06
3-2- les Mollusques.....	08
3-3- Les Odonates.....	10
3-4-Les Ephemeropteres.....	12
3-5- les Coléoptères.....	13
3-6- les Hémiptères.....	15
3-7- Les Trichoptères.....	16
3-8- les Annélides.....	18
3-9- les Diptères.....	19

Chapitre II : Description de la zone d'étude.

1-Description générale du bassin versant de Chott el Hodna	22
1-1-Présentation de site d'études.....	22
1-2-Situation géographique de sites d'études.....	23

1-3-Caractéristiques physiques.....	25
1-3-1- Géologie.....	25
1-3-2-Géomorphologie	27
1-3-3-Pédologie	28
1-3-4-Hydrologie.....	30
2- Les données climatiques de la zone d'étude.....	32
2-1-Températures	33
2-2-Précipitations.....	33
2- 3-Vents	34
2-4- Humidités.....	35
3- Faunes et flores de chott el Hodna.....	36
3-1-La faune.....	36
3-2-La flore.....	37
Chapitre III : Matériel et méthodes.	
1- Description des stations d'études	38
1-1-Choix et localisation des stations de prélèvement.....	40
2- Méthode de travail	41
2-1-Sur le terrain	41
2-1-1-L'échantillonnage.....	41
2-1-2-Conservation des échantillons	41
2-1-3-Matériels et produit.....	42
2-2-Au laboratoire.....	43
2-2-1-Tri et l'identification des macro-invertébrées	43

2-2-2-Matériel	44
3- La richesse spécifique	45
4- Indice de diversité de Schannon weaver H'	46
5- Indice d'équitabilité.....	46
6- Indice de dominance (D).....	47
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1- Analyse des paramètres abiotiques.....	49
1-1-La température	49
1-2-Mesure du pH.....	51
1-3-La conductivité	53
1-4-L'oxygène dissous	55
1-5-La salinité.....	56
1-6-Le profondeur.....	58
1-7-La végétation	60
2- Analyse qualitative et quantitative des taxons faunistiques récoltés	61
2-1-Check-list des taxa faunistiques.....	61
2-1-1-Les coléoptères.....	63
2-1-2-Les diptères.....	65
2-1-3-Les hémiptères.....	66
2-1-4-Les Odonates.....	68
2-1-5-Les crustacés.....	70
2-1-6-Les amphibiens.....	71
3- Analyse globale des macros-invertébrés aquatiques	72

3-1-La richesse spécifique	72
3-2-Les indices écologiques de structure	74
3-2-1-Indice de diversité de Schannon H'	74
3-2-2- Equitabilité	75
3-2-3- Indice de dominance (D) et indice de Simpson (1-D)	76
Conclusion.....	78
Références bibliographiques.....	80
Résumé	

Introduction

Introduction :

Les eaux douces ne représentent qu'environ 0,01 % des eaux liquides continentales (FAO, 2025). Parmi elles, les cours d'eau figurent parmi les écosystèmes les plus complexes et les plus dynamiques (Dynesius & Nilsson, 1994). Ils revêtent également une importance économique et sociale considérable. Ces milieux contribuent activement à la préservation, à l'amélioration et à la gestion de la qualité de l'eau, grâce à leur rôle de filtre naturel, à la fois physique en retenant les sédiments et biologique en décomposant les matières organiques (Dufour & Hervè, 2008). Ils jouent aussi un rôle essentiel dans la régulation des régimes hydrologiques, en limitant notamment les effets des crues, et constituent un important réservoir de biodiversité, abritant une grande diversité d'espèces animales et végétales.

Les zones humides sont des milieux de transition entre la terre et les étendues d'eau, influencés par des variables spatiales et temporelles d'inondation (Skinner & Zalewski, 1995). Selon la Convention de Ramsar, elles sont définies comme des étendues comprenant des marais, des tourbières, des vasières et des plans d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, contenant de l'eau stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée. Elles incluent également les zones marines dont la profondeur à marée basse ne dépasse pas six mètres (Convention de Ramsar, 2013).

Grâce à sa vaste superficie, l'Algérie constitue un trait d'union naturel entre la Méditerranée et le grand Sahara africain (Bezzalla, & *al.*, 2019). Elle présente une grande diversité de climats, organisée selon un gradient latitudinal allant du nord au sud. Cinq étages bioclimatiques y sont distingués : humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien (Djellouli & Daget, 1987). Cette situation géographique particulière permet au pays d'abriter une remarquable diversité de zones humides, réparties non seulement le long du littoral, mais également dans les Hautes Plaines et jusque dans le Sahara. Le rôle multifonctionnel de ces zones écologique, biologique, alimentaire, d'abri, de reproduction, de refuge et de régulation climatique leur confère le statut d'infrastructures naturelles essentielles à l'équilibre et à la stabilité des écosystèmes (Jisha & Puthur, 2021).

Les macro-invertébrés aquatiques comptent parmi les organismes les plus abondants et les plus diversifiés des écosystèmes d'eau douce. Ils jouent un rôle

essentiel dans le fonctionnement des milieux aquatiques (Sharitz & Batzer, 1999) en participant activement aux cycles biogéochimiques et au transfert d'énergie. De plus, ils contribuent à la décomposition de la matière organique au sein des sédiments, favorisant ainsi le recyclage des éléments nutritifs (Braeckman & *al.*, 2010).

En raison de leur mode de vie sédentaire, les macro-invertébrés sont considérés comme d'excellents bio-indicateurs (tenkiano, 2019). Leur grande diversité, leur sensibilité variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat, ainsi que leur réactivité rapide aux modifications de l'environnement, en font des outils précieux pour évaluer la qualité des milieux aquatiques et orienter les procédures de restauration écologique (Moisan & Pelletier, 2008).

Dans le centre de l'Algérie, la complexité des hydro-systèmes ainsi que la diversité des perturbations d'origine humaine, combinées à des conditions climatiques difficiles telles que la diminution des précipitations et l'élévation des températures, ont entraîné une fragmentation accrue des écosystèmes (benmoussa, 2024). Cette situation se manifeste par des transformations profondes et rapides des communautés faunistiques et floristiques, se traduisant par une réduction de la diversité biologique (Lounaci, 2005).

Dans les climats arides et semi-arides, les mares temporaires constituent un type de zone humide très particulier (Haiahem & *al.*, 2017). Ces étendues d'eau, peu profondes et de faible superficie, jouent un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité ainsi que dans le fonctionnement écologique des milieux aquatiques (jafza, 2021). Malgré la forte irrégularité saisonnière de leur cycle hydrologique, ces plans d'eau temporaires abritent généralement une faune riche et bien adaptée aux facteurs environnementaux et aux contraintes du milieu (gazaix, 2019) .

Les macro-invertébrés aquatiques, en raison de leur diversité et de leur sensibilité aux variations environnementales, sont couramment utilisés comme bioindicateurs pour évaluer la qualité de l'eau et détecter les impacts anthropiques (Tachet & *al.*, 2010). Dans un contexte de pression croissante sur les ressources hydriques, notamment dans les régions semi-arides comme la wilaya de M'Sila, il est essentiel d'étudier ces communautés biologiques pour comprendre l'état écologique des cours d'eau locaux et proposer des mesures de gestion adaptées (Benamar, 2015).

Le présent travail s'articule autour de 4 chapitres :

- le premier chapitre est un Généralité sur les macros invertébrées aquatiques.
- le deuxième chapitre est Description de la zone d'étude.
- le troisième chapitre est consacré au matériel utilisé et aux méthodes employées, il renferme la description des quatre stations d'étude ainsi que les techniques d'échantillonnages utilisées sur le terrain et le travail réalisé au laboratoire.
- et le dernier chapitre consacré aux résultats que nous avons obtenus et de leurs discussions.
- Enfin, Une conclusion générale et des perspectives terminent ce travail.

Chapitre I :
Généralités des macroinvertébrés
aquatiques.

1-Définition des macroinvertébrés aquatiques:

Les macroinvertébrés aquatiques sont des organismes dépourvus de colonne vertébrale, visibles à l'œil nu (généralement > 0,5 mm), vivant dans les milieux d'eau douce tels que les rivières, les étangs et les lacs. Ils incluent divers groupes comme les insectes aquatiques (éphémères, trichoptères, les mollusques, les crustacés et les annélides). (gèrino m, & al., 2020).

Ils jouent un rôle écologique fondamental dans les écosystèmes aquatiques. En effet, ils participent à la décomposition de la matière organique, au recyclage des nutriments et à la chaîne alimentaire en servant de proie à de nombreux poissons et oiseaux aquatiques. (wallace & webster, 2021)

Actuellement, on recense plusieurs milliers d'espèces de macroinvertébrés d'eau douce à travers le monde, dont plus de 10 000 espèces rien que pour les insectes aquatiques, ce qui témoigne de leur grande diversité biologique. (merrit r, & al., 2019)

Sur le plan taxonomique, les macroinvertébrés occupent une place importante dans le règne animal puisqu'ils appartiennent à plusieurs embranchements comme les Arthropodes, les Mollusques et les Annelides, illustrant ainsi leur diversité évolutive. (tachet h, & al., 2010)

Leur rôle fonctionnel est varié : certains sont déchiqueteurs (fragmentant la matière végétale), d'autres brouteurs (consommant les biofilms), collecteurs (filtrant les particules organiques fines) ou encore prédateurs (régulant les populations). Cette diversité fonctionnelle les rend indispensables au bon fonctionnement des cours d'eau. (bèche l & resh v, 2007)

les macroinvertébrés sont utilisés comme bioindicateurs dans la surveillance de la qualité de l'eau. Leur sensibilité variable à la pollution permet d'évaluer l'état écologique des milieux aquatiques à travers des indices biotiques standardisés. (bonada n, & al., 2006)

2-L'importance des macroinvertébrés :

Les macroinvertébrés aquatiques sont des organismes qui constituent une grande importance dans la connaissance du fonctionnement des écosystèmes Aquatiques, notamment, (les lacs, étangs, les rivières et les ruisseaux.....) (henri, & al., 2010)

Ces organismes constituent ainsi d'excellents bio-indicateurs en raison de leur mode de vie fixé, de leur grande diversité et de leur sensibilité variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Leur capacité à réagir rapidement aux modifications de leur environnement leur permet de refléter fidèlement l'état écologique d'un cours d'eau. (Haouchine, S, 2011)

Les macro-invertébrés benthiques constituent un élément essentiel des écosystèmes d'eau douce. Ils jouent un rôle clé en tant que source de nourriture pour de nombreux poissons, amphibiens et oiseaux. De plus, ces organismes sont couramment utilisés pour évaluer la qualité et l'état de santé des milieux aquatiques. (Moison, & al., 2010)

D'autre part, à travers leur activité de consommation, ils transforment la matière organique particulaire grossière (MOPG) en matière organique particulaire fine (MOPF), utilisable par d'autres groupes d'invertébrés (les collecteurs). (Tenkiano, S, 2017)

A cause de la diversité de leur cycle biologique, de leur grande variété d'espèces et de leur tolérance variable aux polluants et à la dégradation de l'habitat. Ils constituent un groupe faunistique essentiel au sein de ces écosystèmes aquatiques. Par ailleurs, de nombreuses espèces jouent un rôle clé en hébergeant certaines phases de développement de parasites affectant aussi bien les humains que les animaux, rendant l'étude de leur écologie indispensable. (Sanogo, Y, 2014)

Les macroinvertébrés aquatiques constituent une source de nourriture essentielle pour de nombreux organismes tels que les poissons, les amphibiens et les oiseaux aquatiques (hind , 2017). Ils assurent le transfert d'énergie des matières organiques en décomposition et des microorganismes vers les niveaux trophiques supérieurs, garantissant ainsi la stabilité de l'écosystème aquatique. (Wallace & Webster, 1996)

Ces organismes jouent un rôle clé dans la décomposition des matières organiques issues des végétaux et des déchets animaux, ce qui favorise le recyclage des nutriments et la redistribution des éléments nutritifs au sein de l'écosystème aquatique (troussellier m & legendre p, 2003). Certaines espèces, comme les insectes aquatiques broyeurs, accélèrent la dégradation des feuilles et du bois submergé, contribuant ainsi à l'équilibre écologique (Merritt, R & Cummins, K, 1996).

En raison de leur sensibilité aux changements de qualité de l'eau, tels que la pollution organique, les variations du taux d'oxygène dissous et la présence de substances toxiques, les macroinvertébrés aquatiques sont largement utilisés comme bio-indicateurs dans les études environnementales (orozco-gonzalez & *al.*, 2023). Certaines espèces, comme les Trichoptera et Ephemeroptera, nécessitent une eau propre, tandis que d'autres, comme les Chironomidae, tolèrent des conditions plus polluées, permettant ainsi une évaluation précise de l'état des milieux aquatiques. (Barbour, M, & *al.*, 1999)

L'étude des communautés de macroinvertébrés aquatiques est intégrée dans les programmes de surveillance environnementale pour détecter les changements dans les écosystèmes aquatique aidant ainsi les décideurs à mettre en place des mesures adaptées pour protéger ces milieux (hanot, 2023). De plus, ces organismes jouent un rôle important dans la gestion des ressources en eau, notamment dans les zones affectées par les activités humaines telles que l'agriculture et l'industrialisation. (Resh, V & Jackson, J, 1993)

3-Les principaux ordres des macroinvertébrés :

3-1-Les crustacés :

Les crustacés forment un vaste sous-embranchement d'arthropodes comprenant plus de 67 000 espèces décrites. Ils sont majoritairement aquatiques (marins et dulcicoles), bien que certaines espèces soient terrestres (ex. cloportes). Ce groupe comprend des animaux aussi variés que les crabes, crevettes, langoustes, bernardl'ermite et copépodes. Ils jouent un rôle écologique fondamental dans les écosystèmes aquatiques, notamment comme filtreurs, détritivores et maillons clés des réseaux trophiques. (Brusca, R & Brusca, G, 2003)

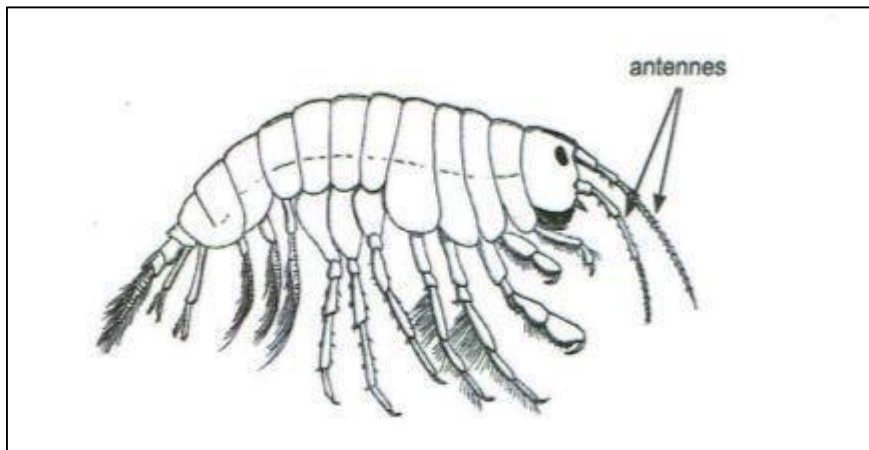


Figure 1 : les crustacés (les gammares) (moisan ,2010).

3-1-1-Morphologie et Caractéristiques :

Exosquelette chitineux renforcé par du calcaire, nécessitant des mues pour la croissance.

-Corps divisé en trois parties :

- Cephalothorax (tête et thorax fusionnés).
- Abdomen (parfois réduit, ex. chez les crabes).
- Appendices articulés spécialisés (antennes, pattes, pinces).

-Deux paires d'antennes, contrairement aux insectes.

-Système respiratoire branchial (échanges gazeux par des branchies).

-Reproduction variable :

- Fécondation interne ou externe.
- Larves souvent planctoniques (ex. nauplius, zoé chez les décapodes) (Ruppert, E, Fox, R, & Barnes, R, 2004).

3-1-2-Classification des Crustacés :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Crustacea

-Les crustacés sont classés en plusieurs classes principales :

3-1-2-1-Malacostraca (Malacostracés) :

La plus grande classe, incluant les espèces les plus connues.

-Exemples :

- Decapoda : Crabes (Carcinus), crevettes (Penaeus), langoustes (Palinurus).
- Isopoda : Cloportes (Armadillidium), isopodes marins (Bathynomus).
- Amphipoda : Gammare (Gammarus).

3-1-2-2-Branchiopoda (Branchiopodes) :

Petits crustacés principalement dulcicoles.

-Exemples :

- Daphnia (puces d'eau).
- Artemia (artémies, utilisées en aquaculture).

3-1-2-3-Maxillopoda (Maxillopodes) :

Groupes très variés, souvent de petite taille.

-Exemples :

- Copepoda (copépodes, plancton).
- Cirripedia (balanes, crustacés fixés sur les rochers ou les bateaux).

3-2-Les Mollusques :

Les mollusques constituent un embranchement très diversifié du règne animal, avec plus de 85 000 espèces décrites et possiblement plus de 200 000 espèces existantes. Ils sont présents dans les milieux marins, dulcicoles et terrestres. Ce groupe inclut des animaux bien connus comme les escargots, moules, huîtres, seiches, pieuvres et calamars. Leur morphologie varie considérablement, mais ils partagent plusieurs caractéristiques communes, notamment un corps mou non segmenté et souvent protégé par une coquille calcaire (Brusca, R & Brusca, G, 2003).

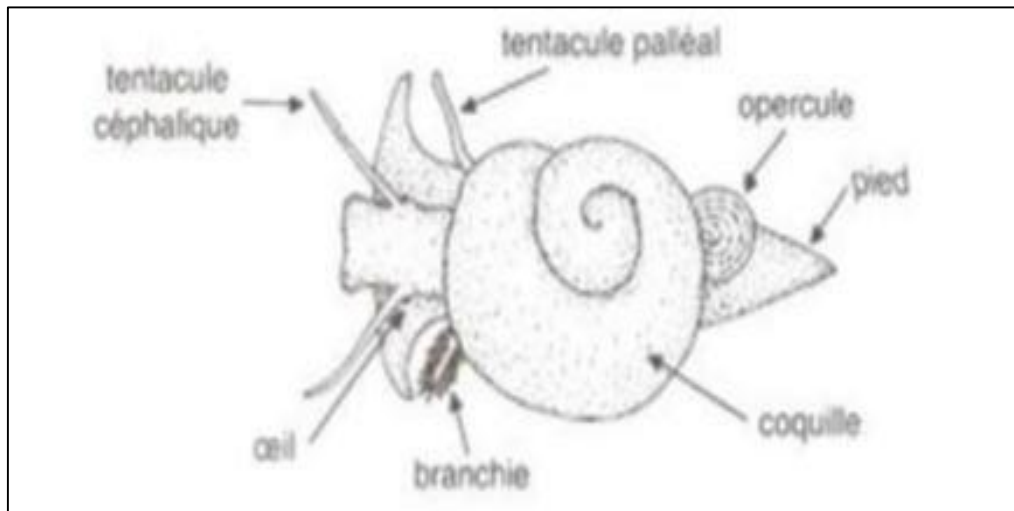


Figure 2 :gastéropode prosobranche vue dorsale (tachet et al,2012).

3-2-1-Morphologie et Caractéristiques :

- Tégument recouvert d'un manteau sécrétant souvent une coquille calcaire.
- Pied musculueux utilisé pour la locomotion (ex. rampant chez les gastéropodes, fouisseur chez les bivalves).
- Appareil digestif complet avec parfois une radula (langue dentée chez les gastéropodes et céphalopodes).
- Système circulatoire ouvert chez la plupart des mollusques (fermé chez les céphalopodes).
- Reproduction variée : Hermaphrodisme fréquent chez les gastéropodes, sexes séparés chez les bivalves et céphalopodes (Ruppert, E, Fox, R, & Barnes, R, 2004)

3-2-2-Classification des Mollusques :

•Règne : Animalia

•Embranchement : Mollusca

-Les mollusques sont divisés en huit classes principales, dont les trois suivantes sont les plus importantes :

3-2-2-1Gastropoda (Gastéropodes) :

- Comprend les escargots et les limaces.
- Corps asymétrique avec une torsion de la masse viscérale.
- Exemples : *Helix aspersa* (escargot de jardin), *Lymnaea stagnalis* (limnée).

3-2-2-2-Bivalvia (Bivalves) :

- Comprend les moules, huîtres, palourdes.
- Deux coquilles articulées protégeant le corps.
- Exemples : *Mytilus edulis* (moule), *Ostrea edulis* (huître plate).

3-2-2-3-Cephalopoda (Céphalopodes) :

- Comprend les pieuvres, seiches et calamars.
- Hautement évolués avec un système nerveux développé et des tentacules.
- Exemples : *Octopus vulgaris* (pieuvre commune), *Loligo vulgaris* (calamar).
- Autres classes :
- Polyplacophora (chitons, ex. *Chiton*).
- Monoplacophora (ex. *Neopilina*).
- Scaphopoda (dentaire de mer, ex. *Dentalium*).
- Aplacophora (mollusques vermiformes).

3-3-Les Odonates :

Les odonates forment un ordre d'insectes comprenant environ 6 000 espèces, largement répandues dans les milieux aquatiques et terrestres. Ce groupe regroupe les libellules (Anisoptères) et les demoiselles (Zygoptères), connus pour leur vol rapide et précis ainsi que leur rôle de prédateurs efficaces dans les écosystèmes aquatiques et terrestres. (Corbet, P, 1999)

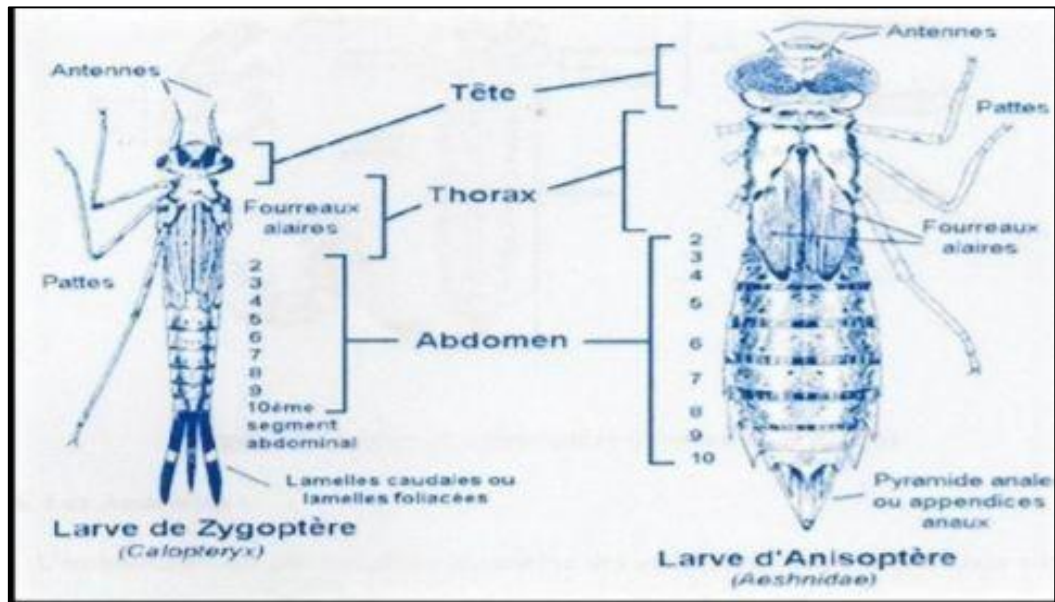


Figure 3 :morphologie générale des larves des odonates (moison et al.,2008).

3-3-1-Morphologie et Caractéristiques :

- Grandes ailes membraneuses indépendantes l'une de l'autre, permettant un vol rapide et agile.
- Gros yeux composés offrant une excellente vision panoramique.
- Appareil buccal broyeur adapté à la prédation.
- Larves aquatiques (naïades) avec un masque préhensile utilisé pour capturer des proies (Corbet, P, 1999).

3-3-2-Classification des Odonates :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Odonata

-L'ordre des odonates se divise en deux sous-ordres principaux :

3-3-2-1-Zygoptera (Demoiselles) :

-Corps fin et élancé, ailes repliées verticalement au repos.

-Exemples : Calopterygidae (caloptéryx), Coenagrionidae (agrions).

3-3-2-2-Anisoptera (Libellules vraies) :

-Corps plus robuste, ailes étalées horizontalement au repos.

-Exemples : Libellulidae (libellules), Aeshnidae (æshnes).

3-4-Les Éphéméroptères :

Les éphéméroptères sont un ordre d'insectes aquatiques caractérisés par leur cycle de vie particulier et leur courte durée de vie à l'état adulte. Ils sont parmi les plus anciens insectes ailés, avec une origine remontant au Paléozoïque, il y a plus de 300 millions d'années (Brittain, J & Sartori, M, 2003).

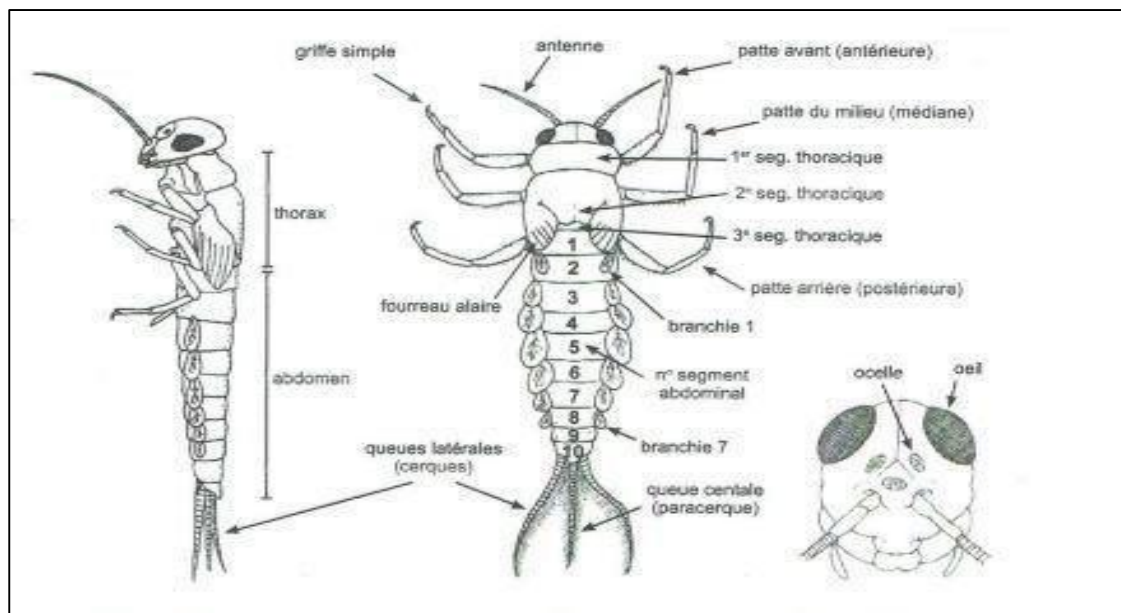


Figure 4 : les éphéméroptères (larves)(moison,2010)

3-4-1-Morphologie et Caractéristiques :

-Les éphéméroptères présentent plusieurs traits distinctifs :

-Deux paires d'ailes membraneuses : les ailes antérieures sont plus grandes que les postérieures.

-Un corps allongé et fragile, avec des cerques longs et filiformes à l'extrémité de l'abdomen.

-Des yeux composés bien développés, particulièrement chez les mâles.

-Une absence de pièces buccales fonctionnelles chez l'adulte, ce qui signifie qu'il ne se nourrit pas.

-Une larve aquatique (nymphé ou naïade) avec des branchies dorsales et des pattes adaptées au milieu aquatique (McCafferty, W, 1998).

3-4-2-Classification hiérarchique :

•Règne : Animalia

•Embranchement : Arthropoda

•Sous-embranchement : Hexapoda

•Classe : Insecta

•Ordre : Ephemeroptera

3-5-Les Coléoptères :

Les coléoptères constituent l'ordre le plus diversifié du règne animal, avec plus de 400 000 espèces décrites et une répartition mondiale. Ils se distinguent par la présence d'élytres, des ailes antérieures durcies protégeant les ailes postérieures membraneuses utilisées pour le vol. (Lawrence, J & Newton, A, 1995)

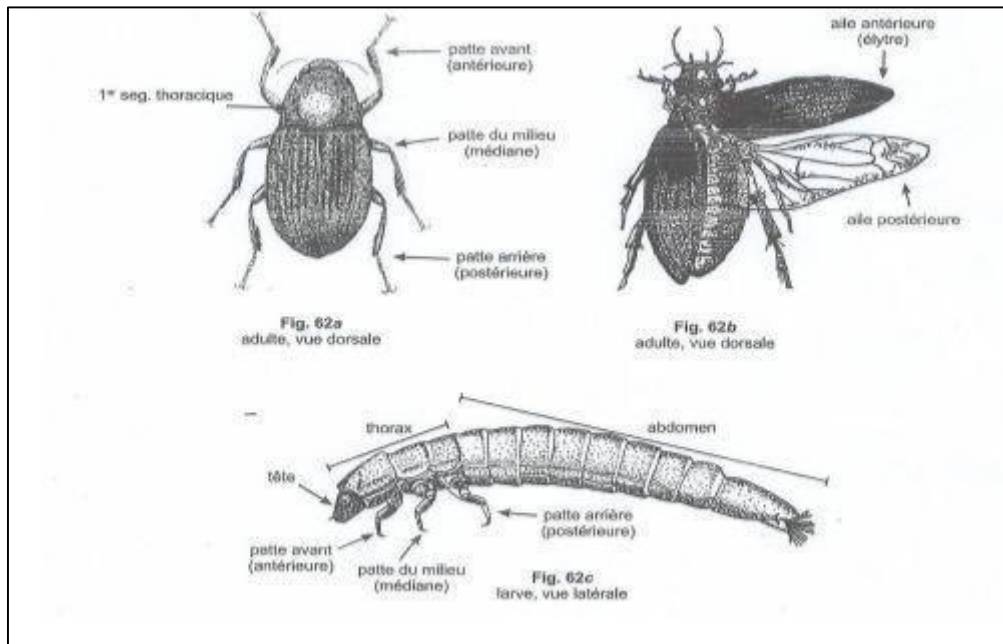


Figure 5 :les coléoptères (adulte et larve)(moison,2010)

3-5-1-Morphologie et Caractéristiques :

- Présence d'élytres** : Protègent le corps et les ailes postérieures.
- Appareil buccal broyeur** : Adapté à divers régimes alimentaires (herbivore, carnivore, détritivore).

3-5-2-Classification des Coléoptères :

-Les coléoptères appartiennent à :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Coleoptera

-L'ordre des coléoptères est divisé en quatre sous-ordres principaux :

3-5-2-1-Archostemata : Groupe primitif, comprenant peu d'espèces, souvent associées aux bois morts.

3-5-2-2-Adephaga : Inclut des coléoptères prédateurs, comme les Carabidae (carabes) et les Dytiscidae (dytiques aquatiques).

3-5-2-3-Polyphaga : Le sous-ordre le plus diversifié, comprenant les Coccinellidae (coccinelles), Scarabaeidae (scarabées), et Curculionidae (charançons).

3-5-2-4-Myxophaga : Groupe moins connu, avec des espèces vivant dans des environnements aquatiques ou humides. (Beutel, R & Leschen, R, 2005)

3-6-Les Hémiptères :

Les hémiptères constituent un ordre d'insectes très diversifié, regroupant plus de 80 000 espèces réparties dans différents habitats terrestres et aquatiques. Ce groupe inclut notamment (*Notonecta glauca*, *Corixa punctata*, *Gerris lacustris*...). Ils se distinguent par la présence d'un appareil buccal de type piqueur-suceur, utilisé pour se nourrir de la sève des plantes ou des fluides d'autres insectes (Gullan, P & Cranston, P, 2014).

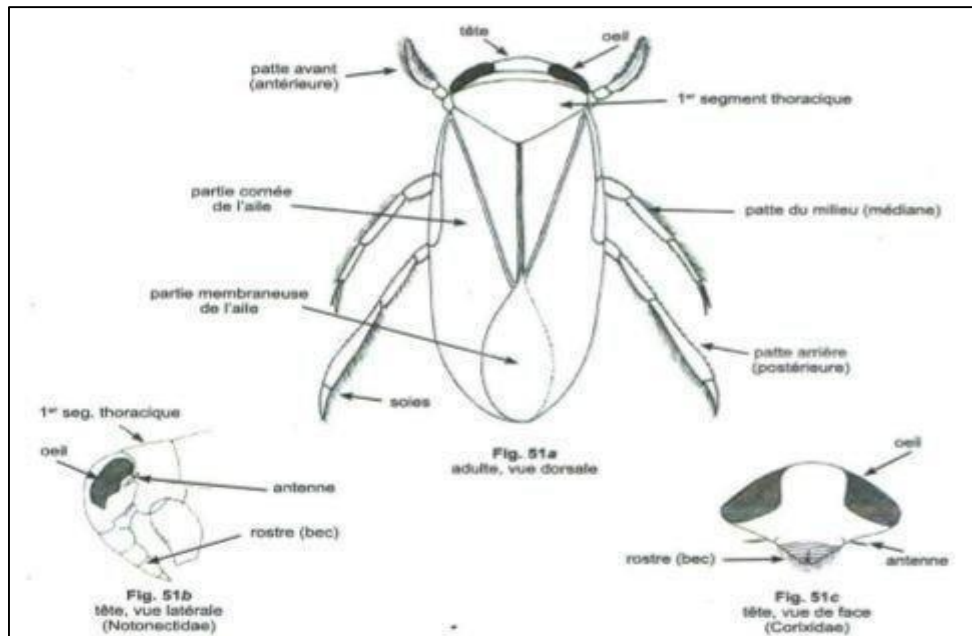


Figure 6 :les hémiptères (adulte)(moison ,2010).

3-6-1-Morphologie et Caractéristiques :

- Appareil buccal piqueur-suceur : Permet d'extraire la sève des plantes ou les fluides corporels d'autres insectes.
- Ailes souvent réduites ou absentes chez certaines espèces (ex. cochenilles).
- Métamorphose incomplète (hémimétabole) : œuf → larve → adulte (Gullan, P & Cranston, P, 2014)

3-6-2-Classification des Hémiptères :

-Les hémiptères appartiennent à :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Hemiptera

3-7-Les Trichoptères :

Les trichoptères sont un ordre d'insectes étroitement apparentés aux lépidoptères (papillons) et comptent environ 14 500 espèces décrites à ce jour. Ils sont principalement aquatiques à l'état larvaire, tandis que les adultes sont terrestres et nocturnes. Les larves de trichoptères sont connues pour leur capacité à construire des fourreaux protecteurs à partir de matériaux trouvés dans leur environnement (Morse, J, Yang, L, & Tian, L, 2019).

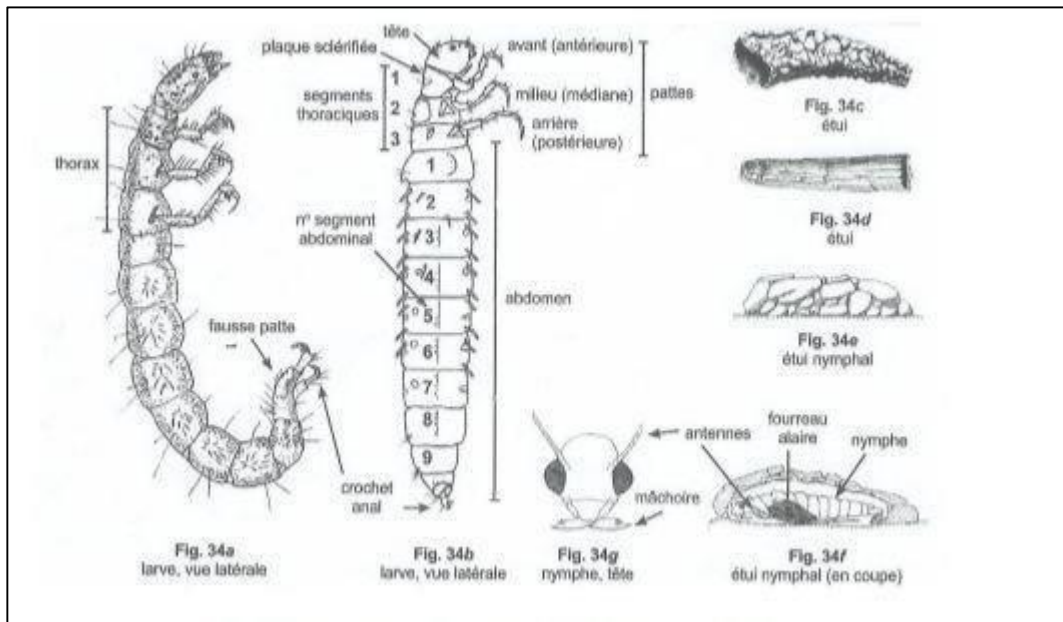


Figure 7 :les trichoptères (larve)(moison,2010).

3-7-1-Morphologie et Caractéristiques :

- Larves aquatiques : Possèdent des branchies trachéennes et des crochets anaux pour s'attacher aux substrats.
- Construction de fourreaux : Selon l'espèce, ils sont faits de sable, de petits cailloux, de feuilles ou de soie.
- Adultes ressemblant à de petits papillons : Ailes couvertes de poils (et non d'écaillés comme chez les lépidoptères).
- Appareil buccal réduit chez l'adulte, qui ne se nourrit pas ou peu (Holzenthal, R, & al., 2007).

3-7-2-Classification des Trichoptères :

-Les trichoptères appartiennent à :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Trichoptera

-L'ordre se divise en trois sous-ordres principaux :

3-7-2-1-Integripalpia :

•Larves constructrices de fourreaux faits de végétaux, de sable ou de petits cailloux.

•Exemples : Limnephilidae, Leptoceridae.

3-7-2-2-Annulipalpia :

-Larves constructrices de filets de soie pour capturer des particules alimentaires en suspension.

Exemples : Hydropsychidae, Philopotamidae.

3-7-2-3-Spicipalpia :

•Larves prédatrices, vivant sans fourreau ou dans des cavités.

•Exemples : Rhyacophilidae.

3-8-Les Annélides :

Les annélides forment un embranchement de vers segmentés comprenant plus de 17 000 espèces connues. Ils occupent des habitats très variés, allant des milieux aquatiques (marins et dulcicoles) aux milieux terrestres. Cet embranchement inclut des groupes bien connus comme les oligochètes (ex. lombrics), les polychètes (vers marins) et les achètes (sangues) (Brusca, R & Brusca, G, 2003).

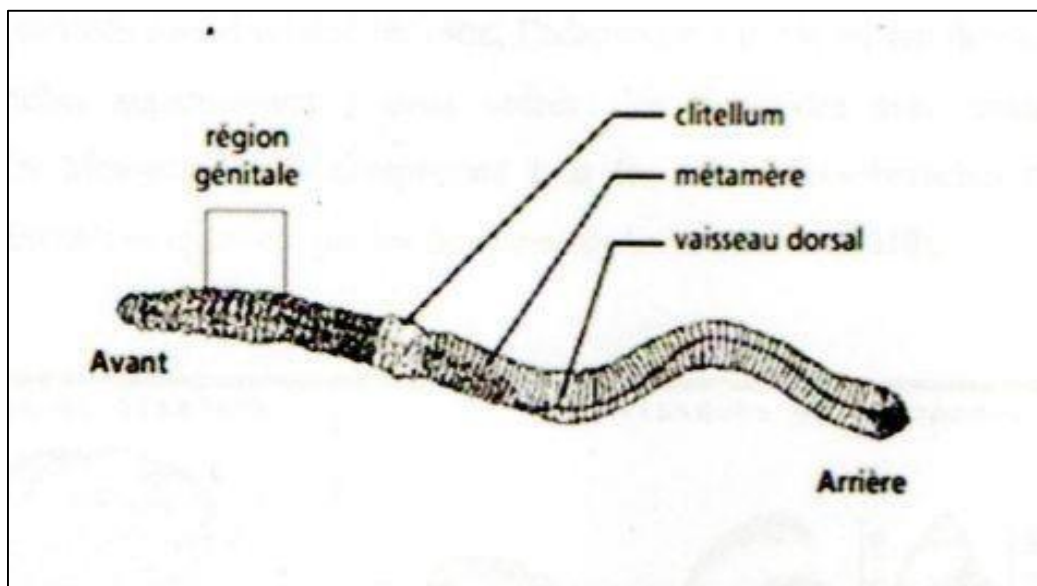


Figure 8 :les différents parties des oligochètes (les annélides)(tachet,2010).

3-8-1-Morphologie et Caractéristiques :

- Corps segmenté (métamérie) : Chaque segment contient des structures répétées (ex. néphridies, muscles, ganglions nerveux).
- Présence d'un coelome : Cavité corporelle remplie de liquide, jouant un rôle dans la locomotion et la circulation.
- Système circulatoire fermé : Avec des vaisseaux sanguins dorsaux et ventraux.
- Système nerveux ventral : Composé de ganglions segmentaires.
- Reproduction variée : Hermaphrodisme chez les oligochètes et les hirudinées, sexes séparés chez la plupart des polychètes (Rouse, G & Pleijel, F, 2001).

3-8-2-Classification des Annélides :

•Règne : Animalia

•Embranchement : Annelida

-Classes principales :

3-8-2-1-Polychaeta : Vers marins, souvent munis de parapodes (ex. Nereis).

3-8-2-2-Clitellata : Comprend les oligochètes et les sangsues.

3-8-2-3-Oligochaeta : Vers terrestres et dulcicoles (ex. Lumbricus terrestris).

3-8-2-4-Hirudinea : Sangsues, souvent parasites ou prédatrices.

3-9-Les Diptères :

Les diptères constituent un ordre d'insectes très diversifié, regroupant plus de 160 000 espèces décrites, avec une répartition mondiale. Ils sont caractérisés par la présence d'une seule paire d'ailes fonctionnelles (les ailes postérieures étant réduites en haltères, servant à l'équilibre). Ce groupe inclut des insectes bien connus comme les mouches, moustiques, taons et moucherons (Gullan, P & *al.*, 2014).

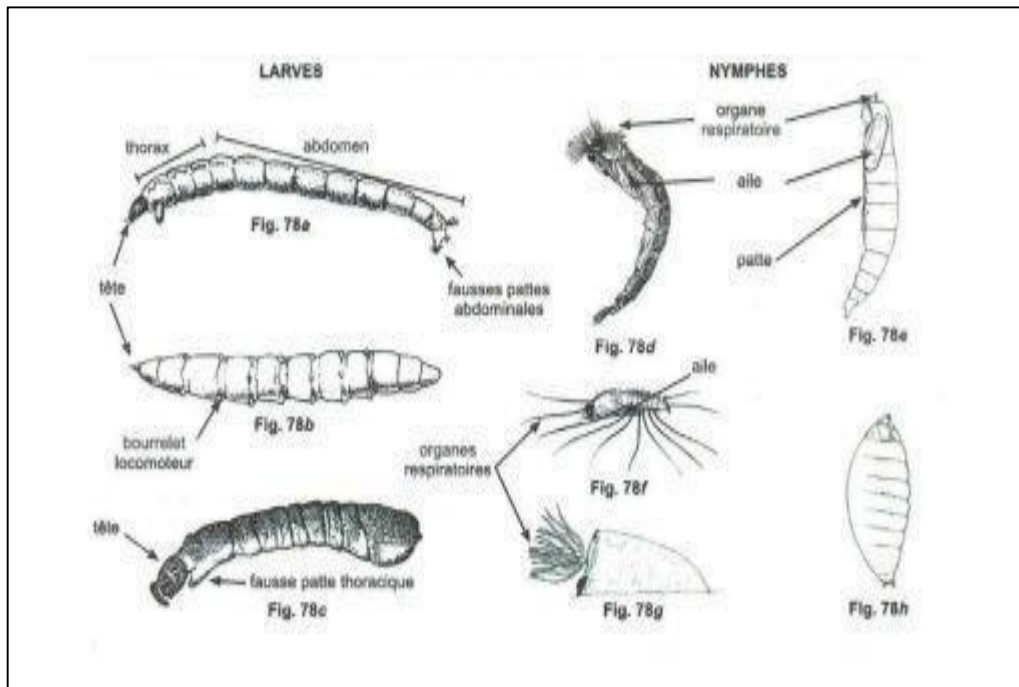


Figure 9 :les diptères (différentes formes de larves) (moison,2010).

3-9-1-Morphologie et Caractéristiques :

-Une seule paire d'ailes fonctionnelles, la seconde étant transformée en haltères pour le vol.

-Appareil buccal variable :

- Piqueur-suceur chez les moustiques (Culicidae).
- Lècheur-suceur chez les mouches domestiques (Muscidae).
- Perceur chez certains taons (Tabanidae).

-Cycle de vie holométabole (métamorphose complète) : œuf → larve → nymphe → adulte (Gullan, P & Cranston, P, 2014).

3-9-2-Classification des Diptères :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta

•Ordre : Diptera

-L'ordre est divisé en deux sous-ordres principaux :

3-9-2-1-Nematocera (diptères à antennes longues et filiformes) :

-Exemples :

•Culicidae (moustiques)

•Tipulidae (tipules)

•Psychodidae (phlébotomes)

3-9-2-2-Brachycera (diptères à antennes courtes) :

-Exemples :

•Tabanidae (taons)

•Muscidae (mouches domestiques)

•Syrphidae (syrphes, souvent confondus avec les abeilles)

•Un groupe particulier, les Cyclorrhapha, comprend des espèces aux larves souvent endoparasites ou saprophages, comme les Calliphoridae (mouches bleues) et les Tachinidae (mouches parasites) (McAlpine, J, 1989).

Chapitre II :
Description de la zone
d'étude.

1-Description générale du bassin versant de Chott el Hodna :

1-1-Présentation de site d'études :

Le Chott El Hodna est l'un des plus grands lacs salés d'Algérie, situé au cœur de la plaine de Hodna, entre les wilayas de M'Sila et Batna. Il s'étend sur une superficie d'environ 76 000 hectares, avec une longueur approximative de 77 km et une largeur atteignant 16 km. Le chott est alimenté par les eaux de ruissellement provenant des monts de l'Atlas saharien au sud et de l'Atlas tellien au nord, via plus de 22 oueds principaux, ainsi que par quelques sources d'eau douce. En raison de son fort taux de salinité, l'eau s'évapore en été, formant une croûte saline à sa surface, ce qui empêche le développement d'une couverture végétale significative. Classé site Ramsar depuis le 2 février 2001, le Chott El Hodna abrite plusieurs espèces animales menacées, notamment la gazelle de Cuvier et diverses espèces d'oiseaux aquatiques (Benaissa, H, & *al.*, 2023).

Chott El Hodna est un phénomène naturel unique qui constitue un écosystème particulier abritant diverses espèces d'oiseaux migrateurs, comme le flamant rose, qui y trouvent un lieu de repos et de nourriture lors de leur migration entre l'Europe et l'Afrique (Bensouiah, R, & *al.*, 2022). Le chott présente également une biodiversité remarquable avec des organismes adaptés à la forte salinité, notamment certaines espèces d'insectes, d'algues et de bactéries halophiles (Derdour, A, & *al.*, 2021)

Sur le plan géologique, la formation du Chott El Hodna remonte à des périodes très anciennes, où les mouvements tectoniques et les changements climatiques ont joué un rôle clé dans son apparition (Touati, A, & *al.*, 2020). Ce chott fait partie du bassin hydrographique interne de l'Algérie, où ses eaux ne s'écoulent pas vers la mer mais restent piégées, ce qui accentue la salinité du sol et de l'eau en raison de l'évaporation continue (Khaldi, H, & *al.*, 2023).

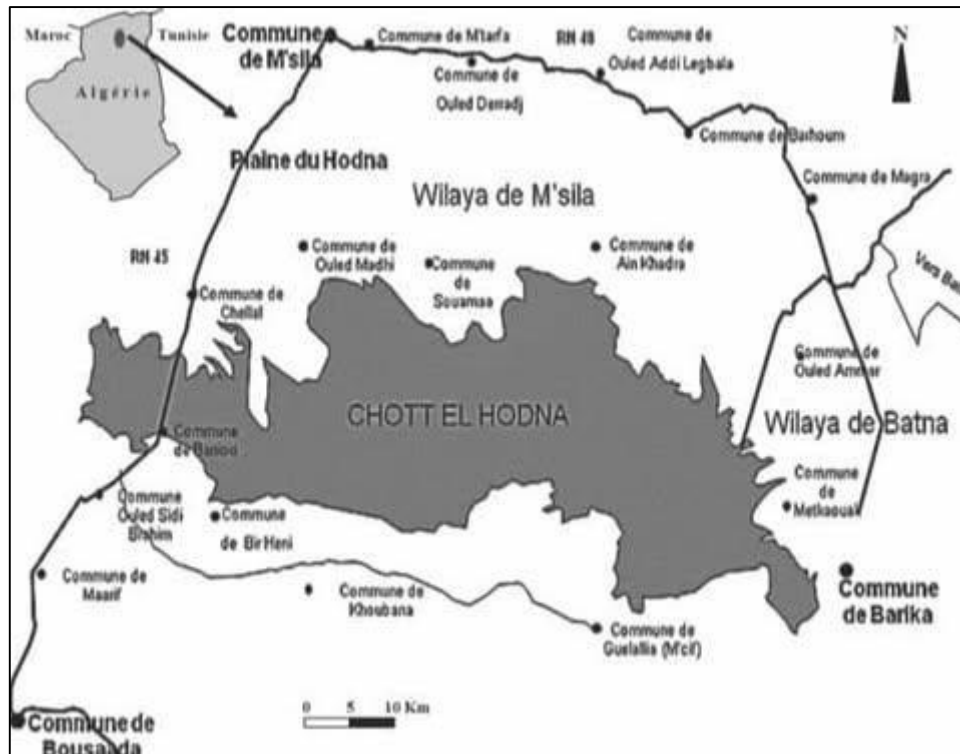


Figure 10 : localisation du site d'étude (Boumezbour, A. 2006).

1-2-Situation géographique de sites d'étude :

À environ cent kilomètres de la mer Méditerranée se trouve la région de Chott El Hodna, située au nord de l'Algérie.

Le Chott El Hodna fait partie d'une série de chotts qui se sont développés à la confluence des eaux provenant de l'Atlas saharien au sud et de l'Atlas tellien au nord (Boumezbour, A, 2002).

Son bassin est situé dans les Hautes Plaines centrales, à l'instar de certaines zones humides telles que (Chott Zahrez, Djair Chikh, Boghzoul) (Semaroui, S, & al., 2006).

-La zone d'étude est délimitée comme suit :

Au nord, par la chaîne des montagnes de Bibans et les montagnes de Hodna, avec une altitude variant entre 1400 m et 1800 m (Jean, C & Franco, A, 1995).

Au sud, par l'extrémité orientale de l'Atlas saharien (extension des montagnes des Ouled Naïl, avec une altitude variant entre 1470 m et 1675 m, ainsi que les montagnes de Zabbar : 980 m).

À l'est, par le mont Metlili, culminant à 1495 m (Kaabèche, M, 1990).

Au sud-est, par la ville de Barika et le mont Tsenia (Kaabèche, M, 1990).

Au sud-ouest, par les montagnes de Boussaâda, qui marquent la fin des montagnes des Ouled Nail (Mimoun, A, 1995).

À l'ouest, par les plaines steppiques des Hauts Plateaux algériens oranais, dont l'altitude moyenne varie entre 900 m et 1200 m (Jean, C & Franco, A, 1995).

Le chott occupe la partie inférieure du centre du bassin de Hodna, situé à l'extrême est des Hautes Plaines. Ce bassin, orienté ouest-nord-ouest / est-sud-est, s'étend sur 220 km de longueur et 90 km de largeur maximale. Il est encadré par deux formations montagneuses atteignant 1800 à 1900 m d'altitude au nord et 600 à 900 m au sud. D'un point de vue hydrologique, le bassin de Hodna est un bassin endoréique d'une superficie de 26 000 km² (Khelifa, A, & *al.*, 2022).

Les paysages végétaux des plaines steppiques élevées font partie de la zone saharienne d'un point de vue géobotanique.

Le bassin de Hodna, d'une superficie de 8500 km², constitue le niveau de base des oueds du bassin. En son centre se trouve une plaine basse et plate de 1100 km², appelée « Chott El Hodna », dont l'altitude maximale est de 400 m, l'altitude minimale de 390 m et l'altitude moyenne de 392 m (Benakhla, A, & *al.*, 2021).

Le Chott El Hodna est une zone de dispersion des crues, de forme ovale, constituant une zone humide salée de 77 km de longueur et 19 km de largeur. Sa superficie inondée varie, mais ne dépasse jamais 80 000 hectares. L'alimentation en eau est assurée par au moins 22 oueds principaux, ainsi que par des sources d'eau douce. Il est rempli d'eau uniquement en hiver et, en été, il est sec et salin, recouvert d'une croûte saline sur toute sa surface. et touristique importante, attirant les chercheurs intéressés par l'étude des milieux arides et des écosystèmes fragiles. Il constitue également une destination prisée par les amateurs de nature et les photographes, désireux de capturer des paysages uniques, que ce soit lorsque le chott est rempli d'eau ou lorsque des couches de sel scintillantes se forment à sa surface asséchée. De plus, la salinité du sol environnant lui confère des propriétés particulières pouvant être exploitées dans certaines activités économiques, comme l'extraction du sel ou le développement de projets agricoles adaptés à ces conditions (Zerrouki, H, & *al.*, 2023).

Au Cénozoïque (ère tertiaire), l'Éocène est représenté par des formations paléogènes sous forme de bandes parallèles sur le versant méridional des monts du Hodna, composées principalement de grès rouges, d'argiles variées, de calcaires et de conglomérats, suggérant des environnements de dépôt variés entre milieux fluviaux et lacustres (Zerarka, A, & al., 2020). L'Oligocène continental est constitué de conglomérats, de grès fins friables et de marnes rougeâtres, témoignant de dépôts dans des environnements fluviaux et arides (Bessaoud, B, & al., 2019).

Le Miocène se distingue par une alternance de marnes gypseuses, de grès et de calcaires, indiquant des fluctuations du niveau marin et des influences sédimentaires diverses (Belhamra, M, & al., 2021).

Les formations du Quaternaire sont dominées par d'anciens dépôts alluviaux et des sédiments fins, issus des processus d'érosion et de transport fluvial, qui ont façonné le paysage actuel de la région (Boudiaf, A, & al., 2020).

L'ensemble de ces formations géologiques reflète l'histoire géodynamique complexe du bassin du Hodna, marquée par des influences marines et continentales, ainsi qu'une activité tectonique significative ayant contribué à la structuration de son relief actuel (Mebarki, A, & al., 2022).

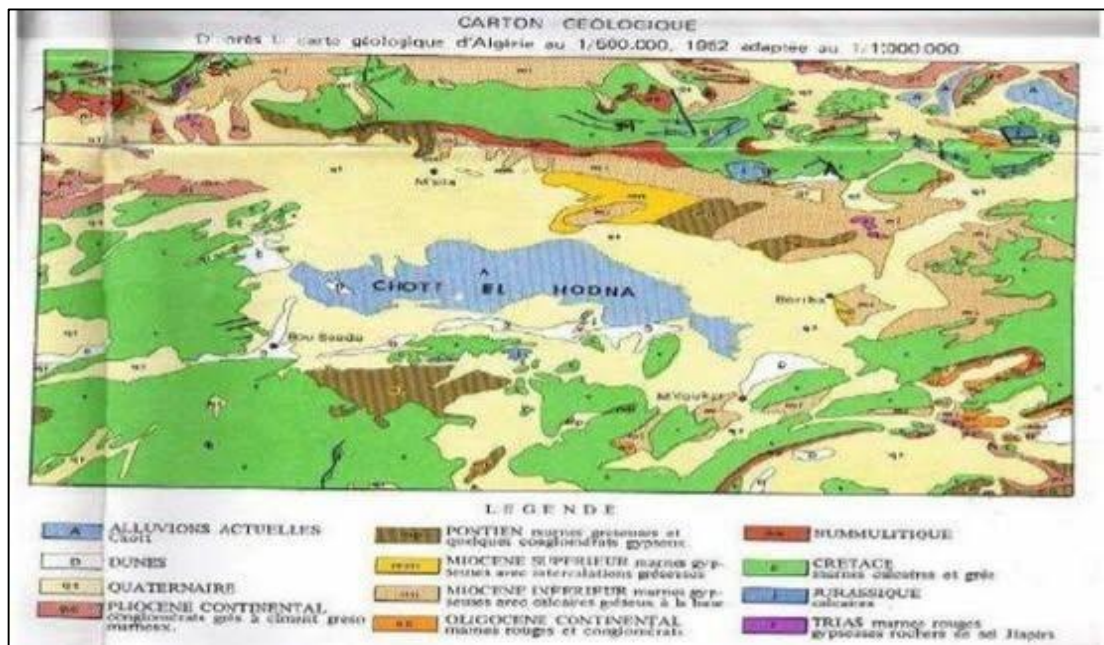


Figure 12 : La géologie de la région du Chott el hodna (hammou et al.2014)

1-3-2-Géomorphologie :

Le Chott El Hodna présente une formation géomorphologique particulière, en tant que dépression interne résultant de mouvements tectoniques ayant débuté depuis le Trias et s'étant poursuivis durant les périodes géologiques récentes (Bouaziz, S, & *al.*, 2021). Il est entouré de plusieurs chaînes montagneuses qui délimitent sa forme et son extension, notamment les montagnes du Hodna au nord, les montagnes des Ouled Nail au sud, ainsi que les montagnes de Zabbar et du Titteri à l'ouest (Benrabah, B, M, & *al.*, 2019).

Le Chott El Hodna est constitué de plusieurs unités géomorphologiques principales. Au centre se trouvent les plaines salines, où l'évaporation intense entraîne l'accumulation de sels formant une croûte blanche bien visible surtout en été (Bensafia, A, & *al.*, 2022). Autour de cette zone centrale s'étendent les plaines argileuses, caractérisées par des sols qui se fissurent en période sèche et deviennent boueux en saison humide (Kharroubi, A, & *al.*, 2020). En périphérie, les piémonts représentent des zones de transition entre les plaines et les montagnes environnantes ; ils présentent des pentes douces et sont constitués de dépôts alluviaux et de graviers issus de l'érosion (Boudiaf, A, & *al.*, 2021).

Le système est également parcouru par des oueds et cours d'eau temporaires comme l'Oued Lahm et l'Oued M'sif, qui alimentent le chott en période de pluie mais restent à sec durant la majeure partie de l'année (Meddi, M, & *al.*, 2023).

Plusieurs processus géomorphologiques actifs influencent la dynamique de la région. L'érosion et l'altération, causées principalement par le vent et l'eau, modifient constamment le paysage et transportent les sédiments (Achour, H, & *al.*, 2020). En outre, le dépôt de sels dû à l'évaporation intense dans ce climat aride à semi-aride contribue à rendre les terres impropres à l'agriculture (Chenchouni, H, 2022). Enfin, les variations climatiques jouent un rôle essentiel dans l'équilibre hydrologique du chott, qui reste généralement sec sauf lors des épisodes pluvieux saisonniers (Bessaoud, M, & *al.*, 2021).

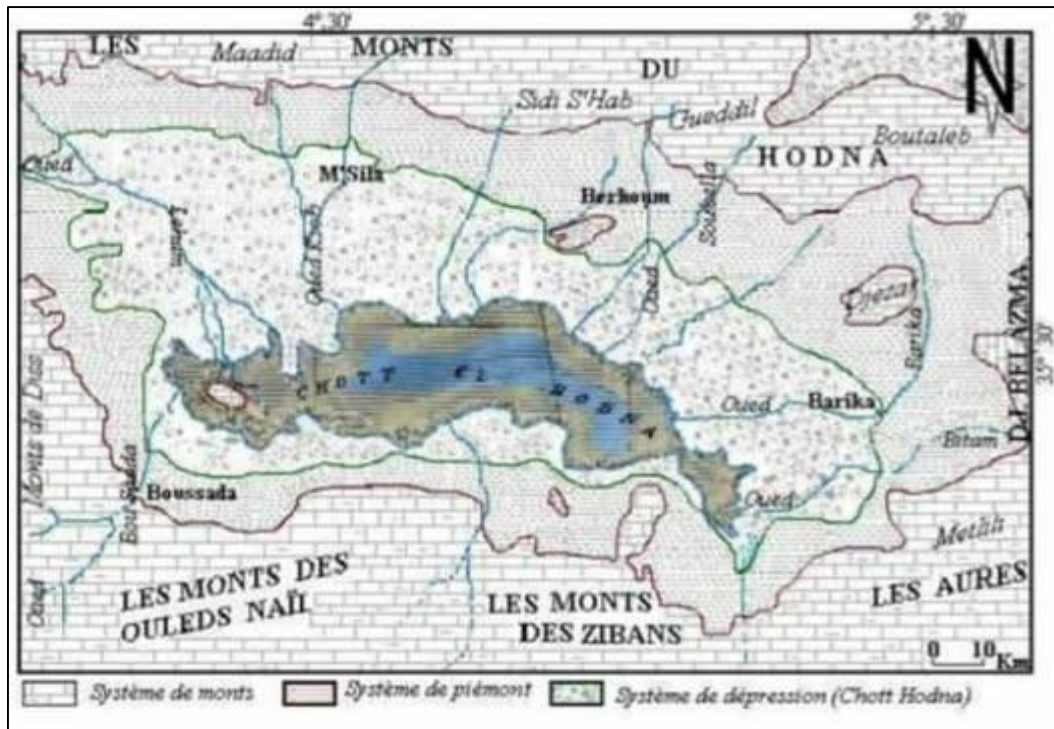


Figure 13 :Principaux systèmes morphologique de Chott el hodna (guttouche, 2003)

1-3-3-Pédologie :

Le Chott El Hodna est l'un des plus grands chotts d'Algérie, situé au centre du pays, dans la wilaya de M'Sila. Il fait partie des dépressions désertiques caractérisées par un climat aride et semi-aride. Il couvre une superficie d'environ 260 000 hectares et constitue une zone humide d'importance écologique. Il reçoit les eaux de pluie et les crues saisonnières, mais souffre d'un taux d'évaporation très élevé, ce qui entraîne une forte concentration de sels dans son sol (Zerrouki, H, & al., 2023).

Les types de sols dans la région du Chott El Hodna présentent une diversité importante, chacun ayant des caractéristiques physiques et chimiques spécifiques qui influencent directement leur potentiel d'exploitation agricole et écologique. Parmi les plus importants, on retrouve les sols salins, formés par la précipitation des sels en raison de l'évaporation rapide des eaux de surface. Ces sols contiennent de fortes concentrations de chlorure de sodium, de sulfate de calcium et de magnésium. Ils se caractérisent par une couleur blanche ou gris clair due aux dépôts salins en surface, et sont peu fertiles, nécessitant un lessivage et un traitement spécifique pour réduire la salinité. Néanmoins, ils abritent des plantes adaptées comme le roseau (*Phragmites australis*) et certaines halophytes (Bouزيد, A, & al., 2023).

Quant aux sols alcalins, ils sont riches en ions sodium, ce qui altère la structure du sol et diminue sa perméabilité à l'eau. Ces sols deviennent durs à l'état sec et collants lorsqu'ils sont humides, rendant leur exploitation difficile. Ils peuvent être améliorés par l'ajout de gypse agricole (CaSO_4), et accueillent parfois des cultures résistantes à la salinité comme l'armoise (*Artemisia herba-alba*) et certaines espèces pastorales (Khaldi, R, & *al.*,2022).

Dans les zones périphériques du chott, on trouve des sols argilo-sableux, résultant du mélange entre l'argile et le sable. Ils ont une faible capacité de rétention d'eau, ce qui limite leur productivité agricole. Toutefois, leur fertilité peut être améliorée par l'apport de matière organique ou par la modification de leur texture (Benabdelkader, H & Morsli, B, 2021).

les sols calcaires sont issus de l'accumulation de carbonate de calcium (CaCO_3), ce qui leur confère une nature alcaline. Ils présentent parfois une croûte dure en surface, particulièrement en période sèche. Pauvres en fer et en zinc, ces sols peuvent freiner la croissance des plantes. Leur amélioration passe par la réduction du pH et l'ajout d'amendements organiques (Rahmani, L, Toumi, N, & *al.*,2023).

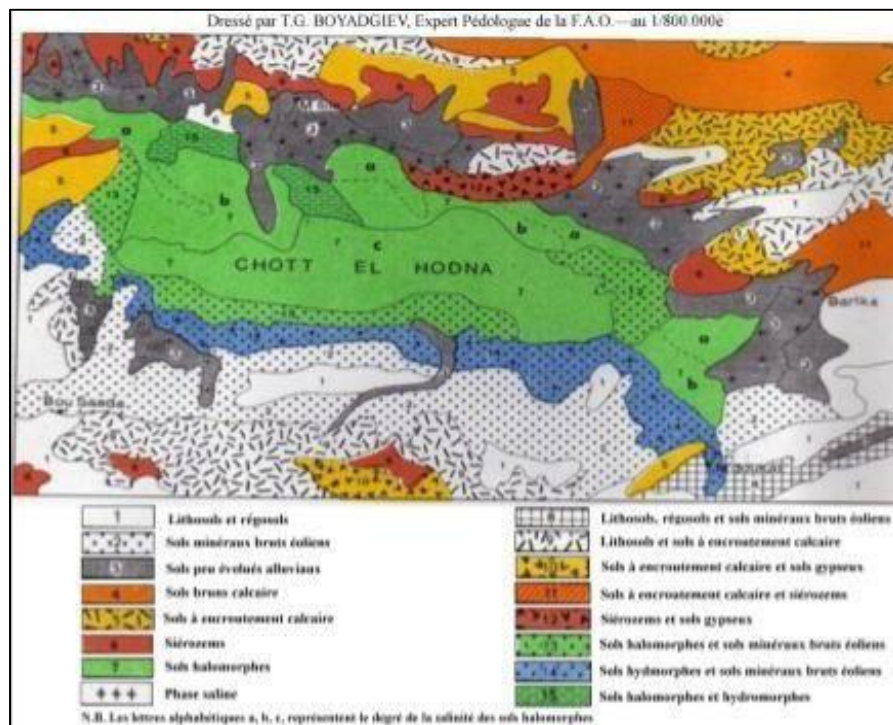


Figure 14 : Carte pédologique de la région d'El-Hodna (BOYADGIEV, 1975).

1-3-4-L'hydrologie :

Le système hydrologique du Chott El Hodna repose sur plusieurs sources naturelles et anthropiques, qui diffèrent en quantité et en impact sur l'équilibre hydrique du chott. Parmi ces sources, les précipitations constituent l'apport principal, bien que leur régime soit très irrégulier. Le taux annuel de précipitations varie entre 100 et 300 mm, avec une forte variabilité spatiale et temporelle. La majorité des précipitations a lieu entre les mois de novembre et d'avril, souvent sous forme d'averses intenses ou d'orages. Cependant, le climat aride de la région provoque une évaporation rapide de cette eau, ce qui réduit considérablement son efficacité dans l'alimentation réelle du chott (UNESCO, 2023).

En complément des précipitations, plusieurs oueds saisonniers viennent alimenter le chott lors des épisodes pluvieux. Parmi les plus importants, on retrouve l'oued M'sila, qui draine des volumes considérables en provenance des hauteurs environnantes, ainsi que l'oued Lahm, qui traverse des zones arides et se manifeste principalement lors de crues soudaines. L'oued Boussaâda, quant à lui, naît dans les Hauts Plateaux et charrie un mélange d'eau de pluie et d'eau souterraine peu profonde. Le débit de ces oueds est toutefois irrégulier, dépendant étroitement de l'intensité des précipitations. Ils transportent également une charge sédimentaire importante, composée de limons et de sables, qui s'accumulent dans le fond du chott et influencent sa morphologie (Bougherira, N, & *al.*, 2021).

Outre les apports de surface, les eaux souterraines jouent un rôle non négligeable dans l'équilibre hydrique du Chott El Hodna. Les nappes phréatiques superficielles, situées à faible profondeur, sont alimentées par les précipitations et les infiltrations issues des oueds. Toutefois, l'intensité de l'évaporation rend leur eau extrêmement salée. En profondeur, d'autres nappes contiennent une eau relativement douce et alimentent le chott de façon plus lente. Cependant, la surexploitation de ces ressources par le forage de puits et le pompage pour l'usage humain peut perturber l'équilibre naturel du système hydrologique (Charef, A, & *al.*, 2022).

L'évaporation constitue par ailleurs un facteur majeur limitant la rétention de l'eau dans le chott. Avec des températures élevées tout au long de l'année, le taux d'évaporation peut dépasser les 2000 mm annuellement, ce qui est nettement supérieur à la quantité de précipitations reçues. Cette forte évaporation contribue à la concentration en sels minéraux et accentue la salinité de l'eau présente. Parallèlement,

dans certaines zones, une partie de l'eau s'infiltré vers les couches profondes du sol, contribuant à la recharge des nappes souterraines mais représentant aussi une perte en eau pour le chott (Meddi, M, & *al.*, 2020).

Maintenir un équilibre hydrologique stable au sein du Chott El Hodna demeure un défi majeur. Les pressions liées aux changements climatiques, notamment l'augmentation des températures et la réduction des précipitations, exacerbent les pertes en eau par évaporation. À cela s'ajoutent les effets de l'activité humaine, comme le forage incontrôlé de puits et l'exploitation excessive des nappes, qui compromettent les mécanismes naturels de recharge (Djidel, M, & *al.*, 2021).

la désertification croissante et la réduction de la couverture végétale accélèrent l'érosion et diminuent la capacité des sols à retenir l'eau, aggravant davantage les déséquilibres hydrologiques observés dans cette région sensible (Benmoussa, S, & *al.*, 2020).

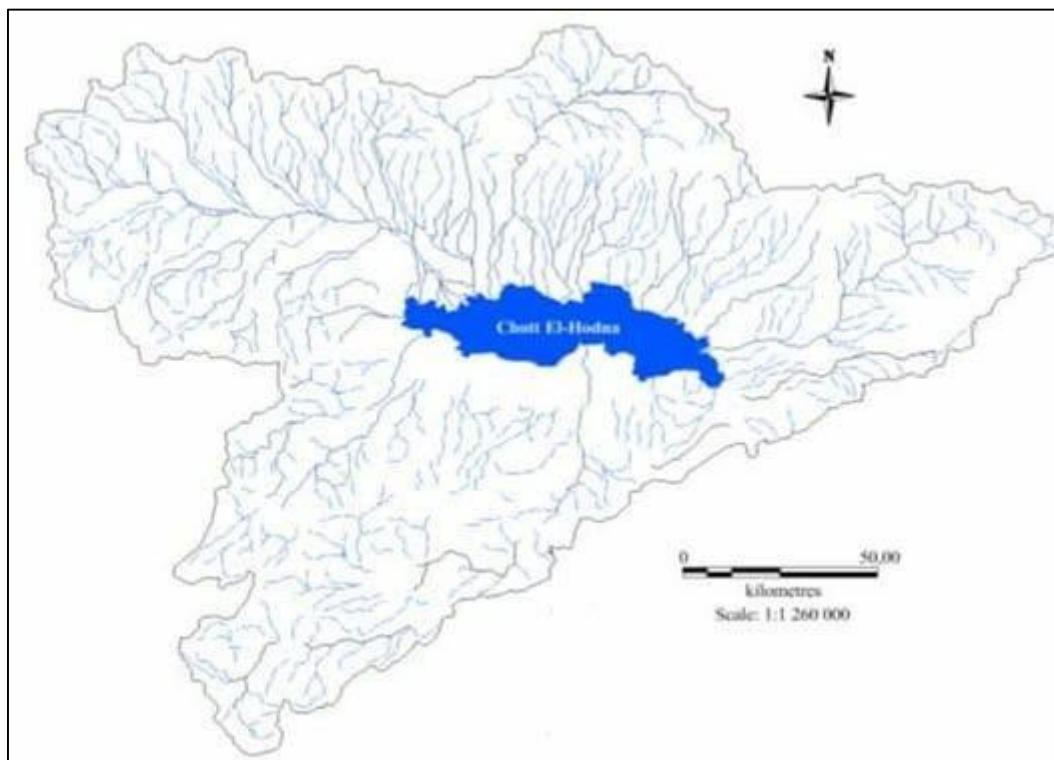


Figure 15 : Réseau hydrologique de chott el hodna (Bounab, 2018).

2-Les données climatiques de la zone d'étude :

Le Chott El Hodna, situé dans la wilaya de M'Sila, est l'un des plus grands salars d'Algérie et se caractérise par un climat semi-aride à aride. Voici les principaux facteurs climatiques qui l'influencent, relevés par la station météorologique de M'Sila sur une période de 29 ans, de 1988 à 2014 :

	jan	Fèv	mar	avr	mai	juin	Juil	aou	sep	oct	Nov	dec
P(mm)	17,5	12,7	15,5	20,76	24,45	9,57	3,87	7,37	26,1	24,42	19,09	18,66
T (°C)	10,4	11,2	15,9	20,76	26,08	32,95	37,85	37,92	31,8	25	18,19	10,44
H (%)	74,3	66,7	60,8	56,72	50,3	42,84	37,22	39,66	54,9	61,24	71,24	75,77
V(m/s)	3,56	3,9	4,28	5,13	4,6	4,59	4,35	3,98	3,76	3,64	3,56	3,77

Tableau 1 : Données Climatique de la station météorologique de M'sila (Station météorologique de M'Sila 2014)

2-1-Températures :

La température de l'air constitue l'un des paramètres les plus influents sur le climat et le bilan hydrique, puisqu'elle détermine les processus d'évaporation et d'évapotranspiration réelle. Elle dépend notamment de l'altitude, de l'éloignement par rapport à la mer, des saisons (Ozenda, P, 1982) ainsi que de la topographie (Toubal, A, 1986).

Nous notons ici que la température moyenne annuelle est de 23,37°C, et le mois le plus froid est janvier avec une température de 10,44°C, tandis que nous constatons que le mois le plus chaud est août avec une température d'environ 37,92°C.

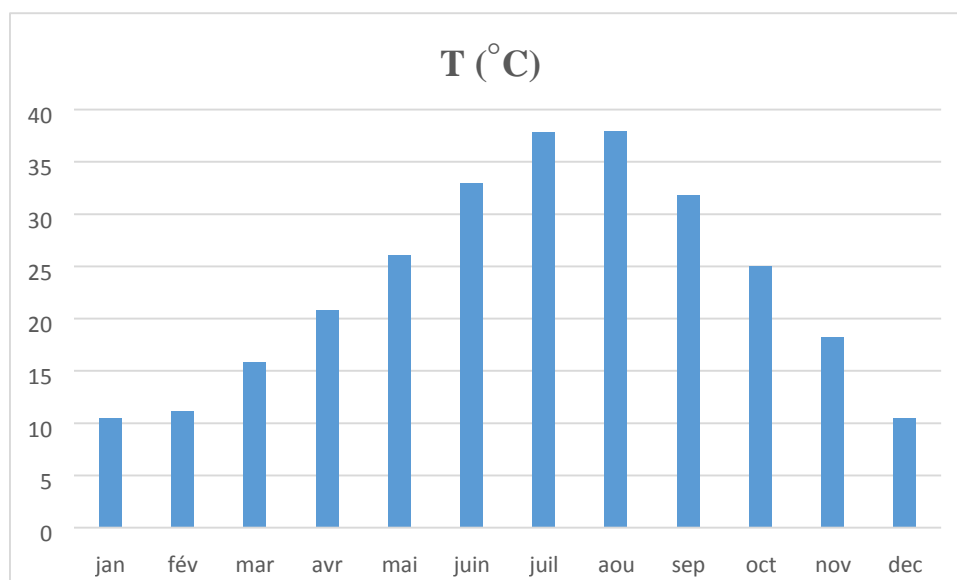


Figure 16 : les températures mensuelles moyennes de M'Sila de la période de (1988-2014).

2-2-Précipitations :

En Algérie, l'origine des précipitations est principalement orographique, car elles sont généralement influencées par le relief, comme l'a indiqué SELTZER (1946). En effet, la quantité de pluie dépend de l'orientation des chaînes montagneuses par rapport à la mer et aux vents humides. Les précipitations diminuent progressivement en allant vers le sud, à mesure que les vents humides perdent de leur intensité. Ce régime pluviométrique, caractéristique du climat méditerranéen, présente un minimum en été et un maximum en hiver. La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 158,15 mm.

La figure suivante montre la répartition des précipitations mensuelles moyennes sur 29 ans. On constate que les précipitations les plus élevées se produisent en septembre (26,1 mm), tandis que les plus faibles se produisent en été (3,87 mm), en juillet

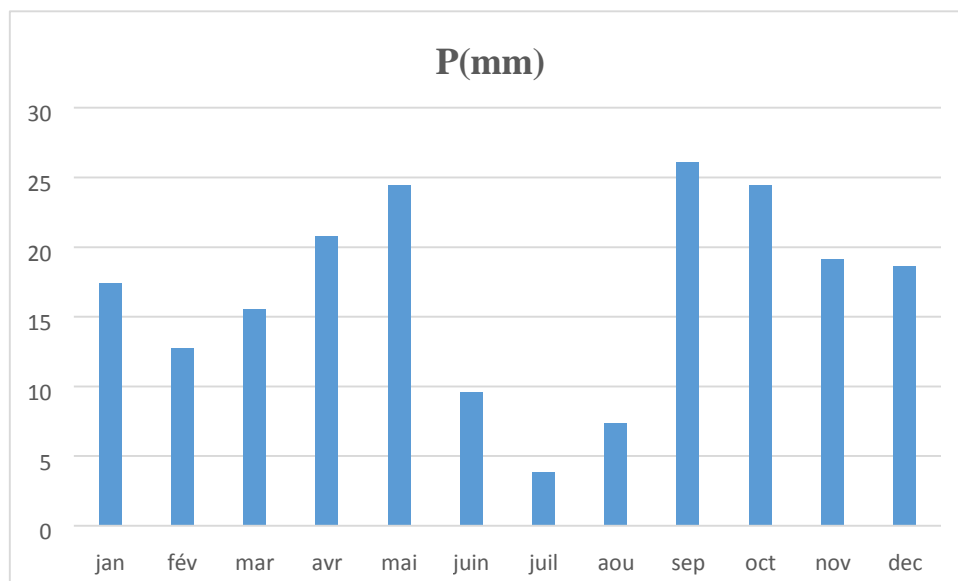


Figure 17 : Précipitations mensuelles et annuelles moyennes (en mm) de la région de M'Sila durant la période (1988-2014).

2-3-Vents :

Dans la région de M'Sila, les vents dominants jouent un rôle important dans les conditions climatiques locales. Le vent d'ouest, appelé « DAHRAOUI », est le plus pluvieux et souffle fréquemment durant l'automne, l'hiver et le printemps. Le vent du nord, connu sous le nom de « BAHRI », bien que moins fréquent, est caractérisé par sa froideur et sa sécheresse. On observe également des vents de directions variables, surtout présents pendant les saisons sèches. Enfin, le sirocco, un vent chaud et sec venant généralement du sud, entrave le développement des cultures. Ce vent contribue fortement à la faiblesse du couvert végétal dans

la wilaya de M'Sila, car il accentue le dessèchement du sol et limite l'implantation de la végétation (DEKKICHE, 1974).

Les vents du Nord soufflent fréquemment en hiver, tandis que ceux du Nord-Est, bien répartis tout au long de l'année, pénètrent aisément dans la cuvette du Hodna par la vallée de l'Oued Barika. Quant aux vents du Sud, ils n'atteignent la région du Hodna qu'en été, période durant laquelle ils soufflent sous forme de rafales brûlantes, comme le montre la figure suivante :

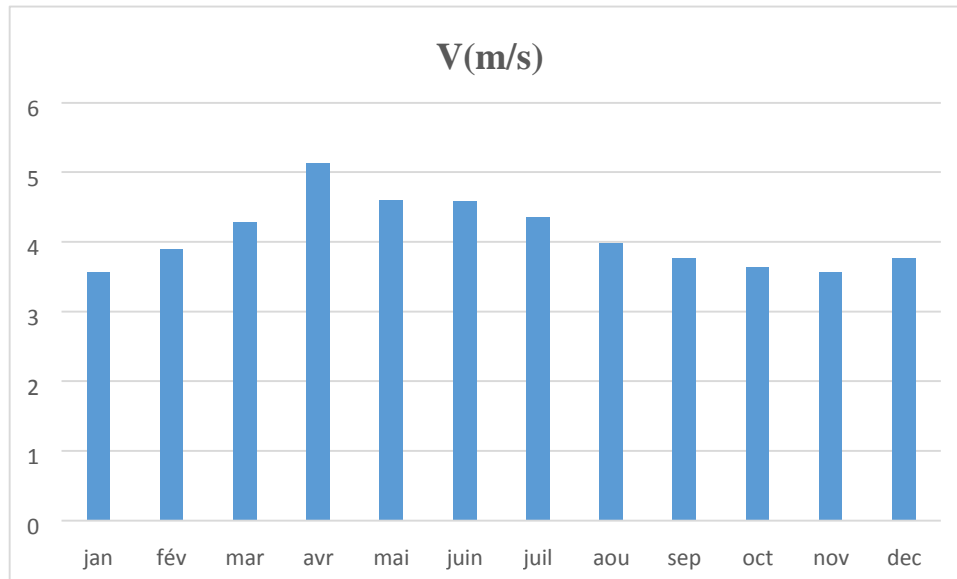


Figure 18 : Vitesses moyennes du vent en m/s de la région de M'sila (Période 1988-2014).

2-4-Humidités :

L'État de M'Sila se caractérise par un climat semi-aride, avec d'importantes variations d'humidité tout au long de l'année, comme le montre la figure suivante. Entre 1988 et 2014, nous avons observé une humidité relative mensuelle comprise entre 37,22 % en juillet et 75,77 % en décembre, ce qui reflète une baisse significative de l'humidité en été et une augmentation en hiver.

La région du Chott el hodna, une dépression salée saisonnière située au cœur de l'État, est fortement affectée par les fluctuations climatiques. Une faible humidité et des températures élevées favorisent l'évaporation de l'eau, entraînant souvent l'assèchement des plages en période de sécheresse.

En bref, les données climatiques indiquent que la province de M'Sila, en particulier la région de Chott El Hodna, est fortement affectée par les fluctuations d'humidité, nécessitant une

gestion prudente des ressources en eau et une surveillance environnementale continue pour assurer la durabilité de ses écosystèmes.

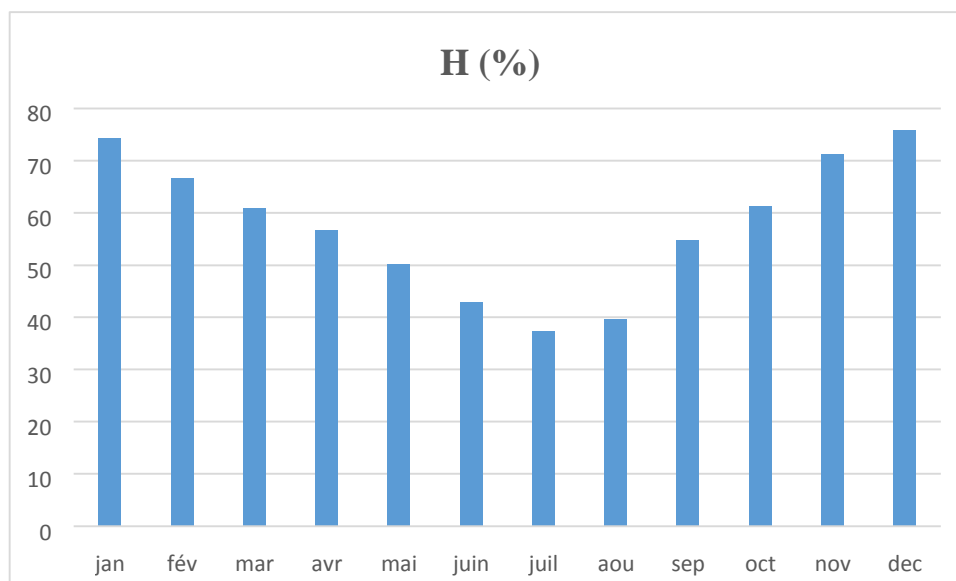


Figure 19 : humidité relative mensuelle à M'Sila (période 1988-2014).

3-faunes et flores de chott el Hodna :

3-1-la faune :

Le Chott El-Hodna présente une grande diversité faunistique, comprenant principalement 123 espèces d'oiseaux, 20 espèces de mammifères et 10 espèces de reptiles. Aucune étude n'a été réalisée à ce jour sur les insectes et les poissons (chikouche & zerguine h, 2000).

La faune mammalienne du Chott El-Hodna comprend 20 espèces réparties en 18 genres et 11 familles, dont 6 sont protégées et une est menacée (la Gazelle de Cuvier). La famille des Muridés est la plus représentée avec 7 espèces, suivie par celle des Canidés avec 3 espèces et des Vespertilionidés avec 2 espèces (chikouche & zerguine h, 2000).

Les reptiles et amphibiens de la région restent peu documentés, aucune étude scientifique approfondie n'ayant été menée sur ces groupes. Les données actuelles font état de 10 espèces appartenant à 9 genres et 7 familles. Les Agamidés sont les plus représentés avec 3 espèces, suivis des Testudinidés avec 2 espèces (chikouche & zerguine h, 2000).

L'avifaune du Chott El-Hodna comprend 123 espèces d'oiseaux sur les 378 recensées en Algérie (bellatrache 1, & *al.*, 2002). Ces espèces appartiennent à 37 familles réparties en 83 genres (Bensaci, & *al.*, 2014). La famille des Turdidés est la plus représentée avec 14 espèces, suivie des Alaudidés, Sylviidés et Anatidés (9 espèces chacune), puis des Accipitridés avec 7 espèces. Les Motacillidés et Fringillidés comptent 6 espèces chacune, les Scolopacidés 5, les Strigidés, Hirundinidés, Passeridés, Charadriidés et Pteroclididés 4. Les Ardéidés, Falconidés et Apodidés sont représentés par 3 espèces. Les familles Recurvirostridés, Emberizidés, Phasianidés, Sturnidés, Rallidés et Columbidae ne comptent que 2 espèces chacune. D'autres familles sont faiblement représentées, avec seulement une espèce par famille (Zerouak, A, & *al.*, 2009).

3-2-la flore :

L'étude de la flore de la région, initiée par REBOND en 1867, mentionne 349 espèces appartenant aux communautés steppiques du Chott El-Hodna. Dans les années 1990, KAABECHE (1990) a recensé 550 taxons, incluant de nombreuses espèces endémiques du Hodna telles que *Saccocalyx saturoides* et *Arnebia decumbens*, ainsi que des espèces endémiques d'Afrique du Nord comme *Muricaria prostrata* et *Loncophora capiomontiana*. À ce jour, on dénombre 29 familles regroupant 101 genres et 130 espèces, parmi lesquelles figurent plusieurs espèces rares et endémiques (Zerouak, A, & *al.*, 2009). La famille la plus représentée est celle des Astéracées avec 17 espèces, suivie des Poacées (14 espèces), des Chénopodiacées (13 espèces), ainsi que des Papilionacées et Caryophyllacées, chacune avec 6 espèces.

Chapitre III :
Matériel et méthodes.

1-Description des stations d'études :

Ces stations sont situées dans la commune de Maârif (Oued Baniou) affiliée à la commune de chellal à une altitude de 899 mètres au dessus du niveau de la mer, et aux coordonnées géographiques suivantes : E 35° 25' 44" et N 4° 20' 44", de sorte que :

La station 01 : est située aux coordonnées géographiques suivantes (E 35° 26' 03" et N 4° 20' 52") à une profondeur de 150cm, et est caractérisée par une végétation très basse d'environ 20%.



Figure 20 :station 01.

La station 02 : est située aux coordonnées géographiques suivantes (E 35° 25' 44" et N 4° 20' 42") à une profondeur de 54cm et est caractérisée par une bonne végétation, c'est-à-dire une végétation assez haute de 75%.



Figure 11 :station 02.

Station 03 : Située aux coordonnées géographiques suivantes (E 35° 25' 44" et N 4° 20' 47") et à une profondeur de 50 cm, nous constatons que le pourcentage de végétation est d'environ 50 %, ce qui signifie qu'elle a une couverture végétale moyenne.



Figure 22 : station 03.

Enfin, nous avons la station 04 : Située aux coordonnées géographiques suivantes (E 35° 25' 22" et N 4° 20' 31"), à une profondeur très basse d'environ 20 cm et avec un pourcentage de couverture végétale faible de 25 %.



Figure 23 : station 04

1-1-Choix et localisation des stations de prélèvement :

Le Chott El Hodna, et plus particulièrement l’oued Baniou, a été choisi comme site d’étude, avec la sélection de quatre stations principales sur la base de plusieurs critères scientifiques et pratiques. Parmi les critères les plus importants, on peut citer la sécurité et la facilité d’accès, en raison de leur positionnement le long de la Route Nationale n°45, ce qui facilite l’accès et garantit la sécurité des chercheurs lors du travail de terrain. De plus, la faible couverture végétale dans ces zones a contribué à simplifier le relevé biologique et le suivi environnemental. Ces stations sont également soumises aux mêmes conditions climatiques, ce qui permet une comparaison précise entre les échantillons. Le choix a aussi tenu compte de la variabilité des caractéristiques physiques ainsi que de la richesse en biodiversité que présentent ces sites, les rendant parfaitement adaptés aux objectifs de l’étude.

2-Méthode de travail :

2-1-Sur le terrain :

2-1-1-L’échantillonnage :

La collecte des échantillons a été réalisée dans quatre stations (lacs temporaires) situées toutes dans la même zone : Oued Baniou, au cours de trois sorties de terrain successives durant les mois de février, mars et avril 2025.

Nous avons utilisé une époussette (filet) que nous avons immergée dans l'eau et déplacée dans différentes directions afin d'augmenter les chances de capture, en insistant particulièrement sur les zones proches des pierres et de la végétation aquatique, car elles constituent des habitats potentiels pour les macro-invertébrés aquatiques.

Le contenu du filet a ensuite été vidé dans une bassine pour éliminer les grosses pierres et les matières grossières tout en préservant les échantillons. Par la suite, les échantillons ont été transférés dans des flacons en plastique étiquetés avec le numéro de la station, la date de prélèvement, et une solution conservatrice (éthanol à 95 %).

Les flacons ont été immédiatement transportés au laboratoire pour les analyses et l'identification.



Figure 24 : une bassine.

2-1-2-Conservation des échantillons :

La conservation des échantillons exige une attention particulière afin de garantir leur intégrité et leur utilisation ultérieure pour les analyses ou comme échantillons de référence.

Les échantillons ont été conservés immédiatement après le tri dans des flacons en plastique hermétiquement fermés, contenant de l'éthanol à 95 % pour assurer la fixation des tissus et préserver les caractéristiques morphologiques nécessaires à l'identification taxonomique. Les informations essentielles (numéro de l'échantillon, date de prélèvement, site, étape de l'étude, etc.) ont été inscrites sur des étiquettes résistantes à l'humidité placées à l'intérieur du flacon, ainsi que sur des étiquettes externes pour éviter toute perte d'information.

Les flacons ont été stockés dans un endroit frais et à l'abri de la lumière (température ambiante ou inférieure), loin de toute source de chaleur ou de lumière directe, afin d'éviter l'évaporation de l'alcool ou la détérioration des spécimens. Le niveau d'éthanol a été vérifié régulièrement et complété si nécessaire, notamment durant les premières semaines de conservation. Cette procédure permet de maintenir les échantillons en bon état pour une utilisation ultérieure dans l'étude ou pour la vérification des résultats d'identification.

2-1-3-Matériels et produit :

L'équipement de base nécessaire que nous avons utilisé pour l'échantillonnage sur le terrain est :

- Une bassine.
- un filet pour la collecte des macroinvertébrés.
- Un multi paramètre .
- Des bouteilles en plastiques pour les échantillons.
- Un carnet .
- Ethanol 95% (agent de conservation).

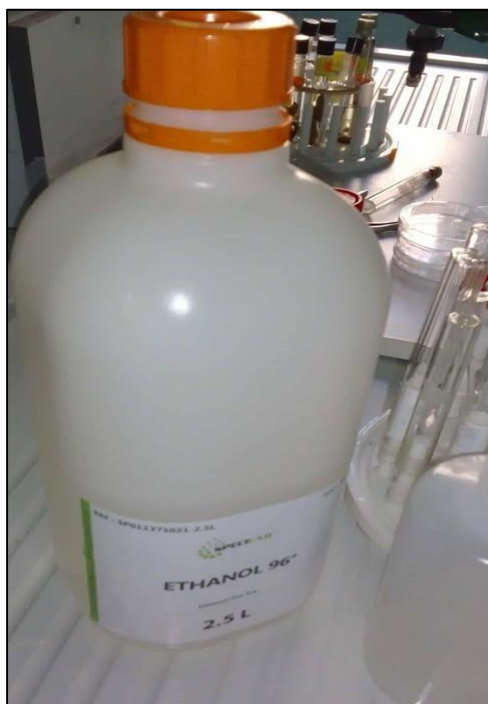


Figure 25 : Ethanol.



Figure 26 : Fillet.



Figure 27 : Multè-paramètre.

2-2-Au laboratoire :

2-2-1-Tri et l'identification des macro-invertébrées :

Après le prélèvement des échantillons sur le terrain et leur transfert au laboratoire dans des flacons en plastique contenant de l'éthanol à 95 %, les échantillons ont été réceptionnés et les données de chaque flacon (numéro de la station, date de prélèvement) ont été soigneusement enregistrées. Par la suite, les échantillons ont été

soumis à une filtration à l'aide d'un tamis à mailles fines, afin de séparer les macro-invertébrés des débris grossiers et des particules fines. Les échantillons ont ensuite été rincés à l'eau distillée pour éliminer les résidus d'alcool et les impuretés.

Les échantillons filtrés ont été transférés dans des boîtes de Petri pour faciliter le tri visuel, qui a été réalisé manuellement sous une loupe binoculaire. À ce stade, les macro-invertébrés ont été isolés à l'aide de pinces fines, avec un classement préliminaire basé sur la morphologie apparente (morphotypes) et une estimation du nombre d'individus pour chaque groupe.

Les spécimens triés ont été conservés temporairement dans de petits flacons contenant de l'éthanol à 95 %, en attendant l'identification taxonomique précise. Cette dernière a été effectuée jusqu'aux niveaux taxonomiques supérieurs (ordre ou famille) à l'aide de clés d'identification spécialisées (Tachet, H, Richoux, P., Bournaud, M, & *al.*, 2010). Les données relatives à chaque échantillon (espèce, nombre, site, date) ont été enregistrées dans des tableaux numériques organisés, tandis que les spécimens de référence ont été conservés dans des conditions appropriées pour un usage ultérieur ou une vérification.

2- 2-2Matériel :

- Loupe binoculaire
- Flacons en verre.
- Pincés.
- Des boites de pétri
- Des pinceaux
- Des étiquettes.
- Une passoire.
- Ethanol 95% (pour la conservation des macroinvertébrés).



Figure 28 : Matériels biologiques (pasoire ,des pinceaux,boites pètries,flacons en verre ,Ethanol.....)



Figure 29 : une loupe binoculaire.

3-Richesse spécifique :

La richesse spécifique (s) correspond au nombre total d'espèces (taxons) recensées dans le site d'étude à un moment donné (Boulinier, T, & *al.*, 1998). En général, elle tend à augmenter avec l'amélioration de la qualité de l'eau et la diversification des habitats (Plafkin, J., & *al.*, 1989).

Selon Blondel (1979), la richesse spécifique désigne le nombre total d'espèces présentes dans un peuplement donné au sein d'un écosystème. Ce paramètre constitue l'un des éléments fondamentaux caractérisant un peuplement (Muller, F, 1985). Par ailleurs, il s'agit de l'une des mesures les plus couramment utilisées pour évaluer la biodiversité (Ramade, F, 2003)

4 -Indice de diversité de Shannon-Weaver H' :

Connu aussi sous l'appellation d'indice de Shannon-Wiener, cet indice est le plus couramment utilisé pour décrire la richesse taxonomique des peuplements (Daly, A, & al., 2018).

Cet indice présente l'avantage de prendre en compte l'abondance des espèces et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$H' = -\sum p = i \log_2 p_i$$

H' : représente l'indice de biodiversité de Shannon,

I : désigne une espèce du milieu étudié,

P_i : est la proportion de l'espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu, également appelée richesse spécifique. Cette proportion est déterminée par la formule suivante : $P(i) = n_i / N$ n_i : représentant le nombre d'individus de l'espèce i,

N : étant l'effectif total des individus appartenant à toutes les espèces du milieu.

Cet indice, exprimé en bits (unité d'information), permet d'évaluer le niveau de complexité d'un peuplement. Une valeur élevée indique une communauté diversifiée et équilibrée (Meziane, T, 2009).

5- Indice d'Équitabilité :

L'équitabilité représente une seconde dimension essentielle de la diversité (Ramade, F, Éléments d'écologie: Écologie appliquée (2e éd.), 1984). Elle correspond à la répartition des individus entre les différentes espèces et se calcule comme le rapport entre la diversité observée (H') et la diversité maximale (H_{max}) (Dajoz, R, 1995). Cette équitabilité est exprimée par la formule suivante :

$$E = H' / H_{max}$$

H_{max} : la diversité maximale, avec $H_{max} = \log_2(S)$.

S : le nombre d'espèces composant la communauté.

Une valeur de E proche de 1 indique une communauté plus équilibrée.

6-indice de dominance (D) :

La diversité au sein de la communauté des macro-invertébrés benthiques est évaluée à l'aide de l'indice de dominance (D), calculé selon la formule suivante :

$$D = \sum (n_i/N)^2$$

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Cet indice varie entre 0 et 1. Plus sa valeur est proche de 0, plus la probabilité de rencontrer des individus appartenant à des espèces différentes est élevée. Il accorde une importance moindre aux espèces rares et met davantage l'accent sur les espèces les plus abondantes (Krebs, C, 1994) .

Chapitre IV :
Résultats et discussions.

1/ Analyse des paramètres abiotiques :

1-1-La température :

La température est un élément fondamental du climat et est liée au rayonnement solaire.

Selon Allan (1995), la température des plans d'eau naturels subit des variations saisonnières et journalières, ainsi qu'un gradient thermique vertical. Ces changements affectent la conversion de l'eau en vapeur, et donc le taux d'évaporation, qui se reflète dans la salinité de l'eau (Benchaban, 2012).

De plus, les variations de température affectent tous les autres paramètres mesurés tels que le pH, la conductivité électrique et le pourcentage de sels dissous. Elles affectent également toutes les réactions liées à la décomposition et à la minéralisation de la matière organique, ainsi que le développement des micro-organismes, responsables ou non de ces transformations.

Une température plus élevée, associée à d'autres facteurs, augmente la productivité primaire, ce qui entraîne une abondance de nourriture disponible pour les animaux aquatiques (Bremond & Vuichard, 1973).

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

La figure suivante représente l'évolution des températures de l'eau à quatre stations au cours des mois de février, mars et avril. La courbe montre une nette augmentation de la température de février à avril à toutes les stations, reflétant le début de l'effet saisonnier de la transition de l'hiver au printemps.

À la station 01, la température est passée de 8 °C en février à 12,6 °C en mars, puis a atteint 17,6 °C en avril.

À la station 02, les températures ont varié de 10 °C à 15,6 °C.

À la station 03, une augmentation a été enregistrée de 9 °C à 16,4 °C.

Par ailleurs, la station 04 a enregistré sa température maximale de 18,2 °C en avril, après avoir débuté à 9 °C en février.

Cette variation temporelle et spatiale de la température est étroitement liée aux caractéristiques de la station, telles que l'exposition au soleil, la profondeur de l'eau et la végétation adjacente, ainsi qu'au moment de l'échantillonnage.

- Effet de la température sur la répartition des macroinvertébrés :

La température de l'eau joue un rôle essentiel dans la régulation de l'activité biologique et de la répartition spatiale des macroinvertébrés. Elle affecte directement les processus métaboliques des organismes (Mimeche, 2014) et la solubilité de l'oxygène dans l'eau, un facteur environnemental essentiel à leur survie.

De nombreux taxons d'invertébrés préfèrent les températures modérées, et des augmentations soudaines de température ou des températures extrêmement basses peuvent réduire leur diversité ou altérer leurs habitats. Par exemple, certains insectes aquatiques (tels que les libellules et les têtards) sont actifs à des températures comprises entre 15 et 25 °C, tandis que des températures plus basses sont défavorables à leur croissance et à leur reproduction.

D'après les valeurs enregistrées dans cette étude, une augmentation de la densité et de la diversité des macroinvertébrés est attendue aux stations ayant enregistré des températures modérées et relativement stables au printemps, en particulier aux stations 3 et 4. À la station 1, où les températures étaient relativement plus basses en février, une apparition saisonnière retardée de certains taxons thermosensibles pourrait être observée.

Ainsi, la température, en tant que facteur environnemental déterminant, influence la composition des espèces, les périodes d'activité et la localisation des macro-invertébrés dans le bassin de chott el Hodna (Oued Baniou).

	Février	Mars	Avril
Station 01	8	12,6	17,6
Station 02	10	13,6	15,6
Station 03	9	13	16,4
Station 04	9	11,1	18,2

Tableau 02 : Variations mensuelles de la température de l'eau des quatres stations.

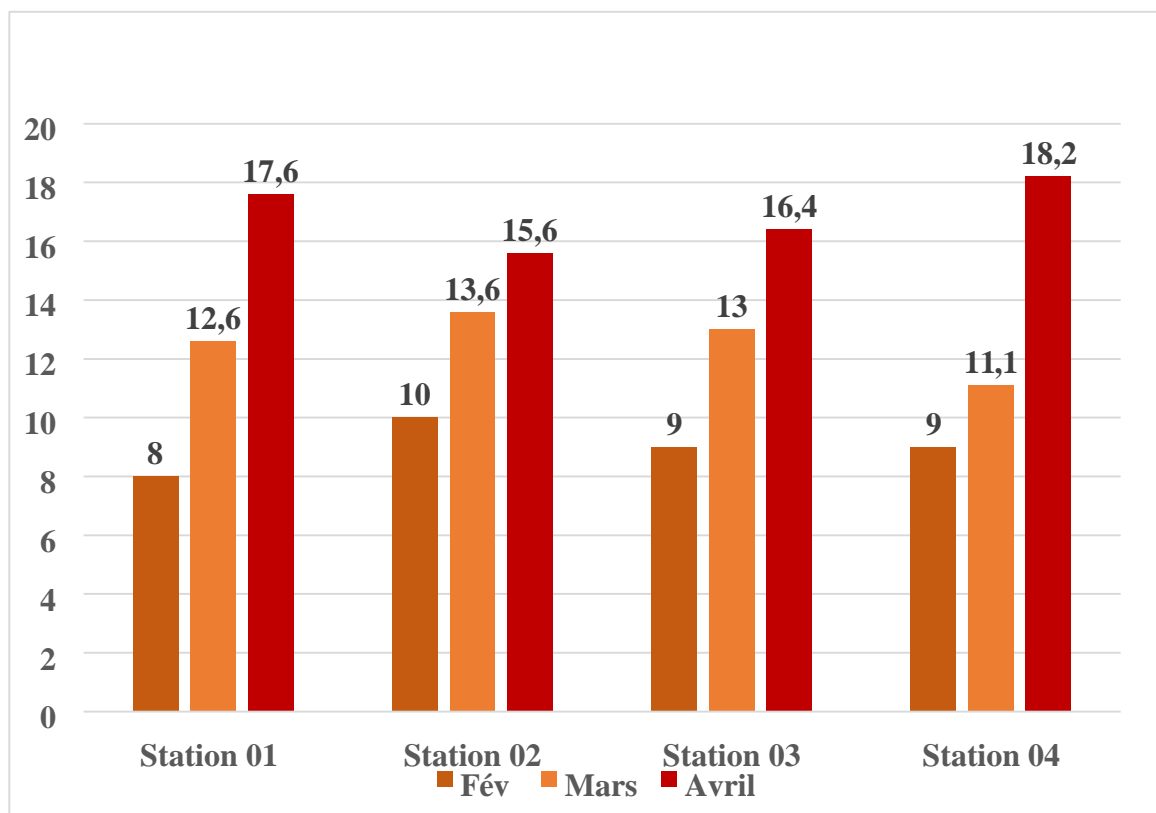


Figure 30 : Histogramme des variations mensuelles de la température des stations d'étude.

1-2-Mesure du pH :

Le pH constitue un indicateur essentiel exprimant la concentration des ions hydrogène (H^+) dans l'eau. Il joue un rôle fondamental dans l'évaluation de la qualité de l'eau et de son équilibre chimique. Ce paramètre est influencé par les réactions de l'acide carbonique et par le système tampon des carbonates et bicarbonates (El Blidi, Bouzid & Halla, 2003), ainsi que par les échanges de CO_2 avec l'atmosphère et les activités biologiques telles que la respiration et la photosynthèse (Hutchinson, 1987).

En effet, la photosynthèse, notamment celle des algues, consomme du CO_2 , ce qui entraîne une augmentation du pH, tandis que la respiration et la minéralisation de la matière organique produisent du CO_2 , contribuant à la diminution du pH (Alayat, 2013). De plus, les caractéristiques du plan d'eau, du bassin versant, et les variations saisonnières influencent également ce paramètre (Dinon, 2008).

Les résultats obtenus au niveau de Chott El Hodna montrent une tendance marquée vers l'alcalinité durant la période allant de février à avril, avec des valeurs variant entre 6,9 et 8,3. La

valeur la plus basse a été enregistrée à la station 01 en février, tandis que la plus élevée a été relevée dans la même station en avril. Cette élévation pourrait s'expliquer par l'effet de l'évaporation pendant les mois plus chauds ou par l'activité biologique accrue, notamment la prolifération des algues qui consomment le CO₂, augmentant ainsi l'alcalinité de l'eau.

Sur le plan écologique, ces variations sont significatives, car la majorité des macroinvertébrés préfèrent des milieux où le pH est neutre, généralement compris entre 6,5 et 9,0 (Onyenwe, 2017). Lorsque le pH devient plus alcalin, la biodiversité peut être affectée : certaines espèces sensibles deviennent moins abondantes, alors que seules les espèces tolérantes, comme certains Chironomidae et Oligochaeta, subsistent. De plus, un pH élevé peut accroître la concentration en ammoniacale, une substance toxique pour les espèces aquatiques (Abba, A, 2006). Ces résultats indiquent donc un changement potentiel dans la qualité de l'eau et soulignent la nécessité d'un suivi régulier pour préserver l'équilibre écologique du Chott.

	Fév	Mars	Avril
Station 01	6,85	7,96	8,39
Station 02	7,5	7,4	8,27
Station 03	7,2	7,6	8,3
Station 04	7,1	7,36	7,8

Tableau 03 : Variations mensuelles de ph des quatre stations.

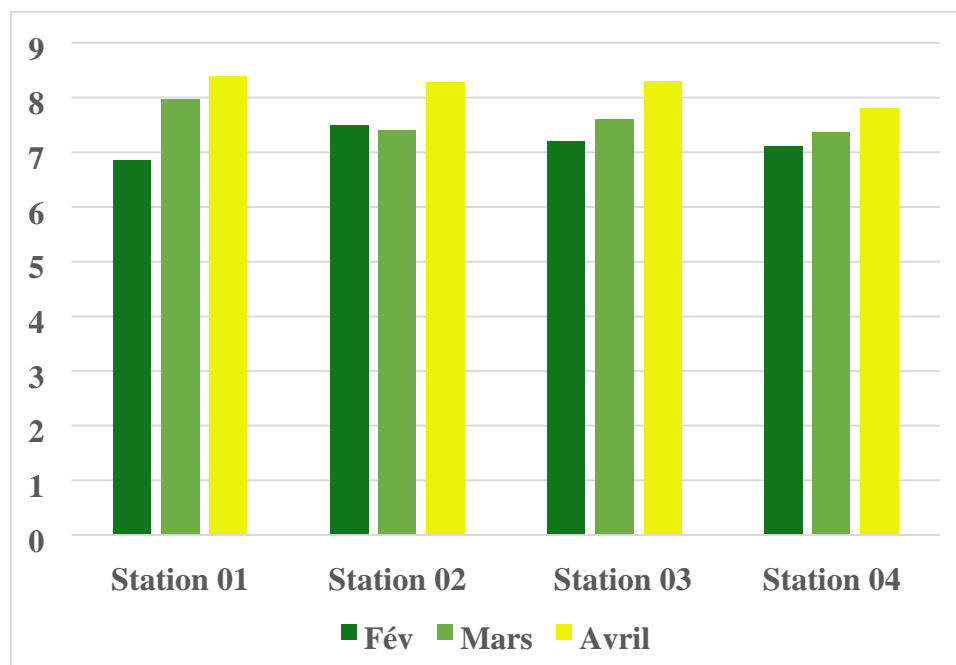


Figure 31 : Histogramme des variations mensuelles de pH des stations d'étude.

1-3-La conductivité :

La conductivité électrique est un paramètre physique fondamental pour l'évaluation de la qualité de l'eau et l'étude de la dynamique des communautés biologiques. Elle exprime la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, laquelle dépend directement de la concentration en ions dissous tels que le calcium, le magnésium, le sodium et le chlorure. Ainsi, elle constitue un indicateur indirect du degré de minéralisation de l'eau (Baaloudj, Nasrallah & Bouras, 2020).

Dans le cadre de cette étude, les résultats des mesures de la conductivité électrique (CON) relevées dans quatre stations du Chott El Hodna au cours des mois de février, mars et avril, ont montré une variation notable des valeurs enregistrées. La valeur la plus élevée a été observée à la station 02 durant le mois de mars (environ 10,2 mS/cm), ce qui reflète une augmentation de la concentration en sels dissous. Cette hausse pourrait être attribuée à des apports saisonniers d'eaux polluées ou à une activité anthropique accrue dans la région. Les autres stations ont présenté des valeurs comprises entre 4 et 6 mS/cm, avec une certaine stabilité observée à la station 04.

Cette élévation de la conductivité, notamment durant le mois de mars, représente un facteur de stress pour les macro-invertébrés aquatiques. En effet, une salinité élevée peut entraîner une diminution de la biodiversité, en provoquant la disparition des espèces sensibles et la dominance

des espèces tolérantes, telles que certains représentants des Chironomidae et des Oligochaeta. Par conséquent, cette analyse met en évidence l'existence d'impacts environnementaux potentiels dus aux changements des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, ce qui souligne l'importance de renforcer les programmes de surveillance environnementale et d'identifier les sources de pollution pour assurer la durabilité de l'écosystème local.

	Fév	Mars	Avril
Station 01	4,2	4,66	2,68
Station 02	5,12	10,13	5,93
Station 03	5,27	7,66	5,21
Station 04	5,35	5,85	5,11

Tableau 04 : Variations mensuelles de la conductivité des quatre stations.

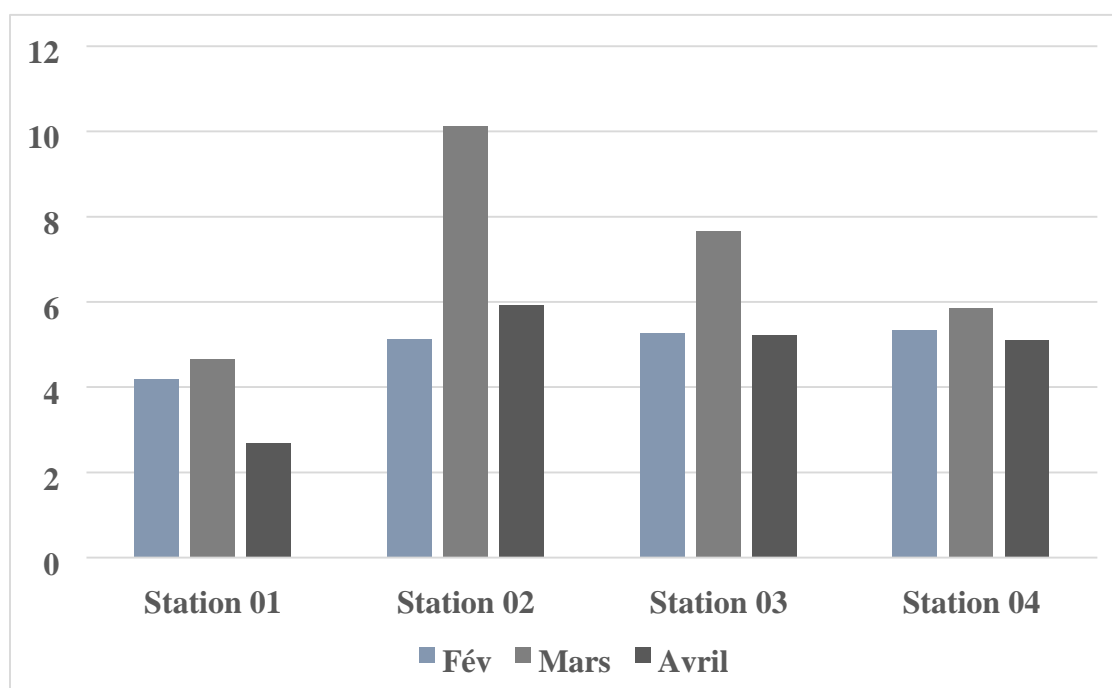


Figure 32 : Histogramme des variations mensuelles de la conductivité des stations d'étude.

1-4-L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous constitue l'un des facteurs essentiels à la vie dans les milieux aquatiques, représentant un élément limitant pour la majorité des organismes vivant en eau douce (Ramade, 1982). Il joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie aquatique et participe activement aux

processus d'auto-épuration de l'eau. Les besoins en oxygène varient selon les espèces : certaines nécessitent des concentrations élevées pour survivre, tandis que d'autres peuvent tolérer des niveaux plus faibles. Il est à noter que des facteurs physiques tels que l'élévation de la température et la faiblesse du courant réduisent la solubilité de l'oxygène, entraînant ainsi une baisse de sa concentration dans l'eau. Les données issues des mesures réalisées dans quatre stations (Station 01 à Station 04) durant les mois de février, mars et avril ont révélé une variation notable des concentrations d'oxygène dissous. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en mars, notamment dans les stations 2 et 4, traduisant des conditions environnementales favorables. En revanche, avril a montré les valeurs les plus basses dans l'ensemble des stations, en particulier la station 1, ce qui pourrait être lié à l'augmentation des températures, au faible écoulement de l'eau ou à la dégradation de la matière organique consommant de l'oxygène. Le mois de février a présenté des concentrations moyennes à élevées, surtout dans la station 3. Cette variabilité témoigne de l'influence de plusieurs facteurs, qu'ils soient climatiques, hydrodynamiques ou biologiques. Ces changements affectent directement la répartition des macro-invertébrés : les espèces sensibles telles que les larves d'Ephemeroptera et de Plecoptera sont plus abondantes dans des eaux bien oxygénées, comme c'est le cas en mars dans les stations 2 et 4, tandis que les espèces tolérantes à de faibles niveaux d'oxygène, telles que certaines Hémiptères, les Coléoptères et surtout les larves de Diptères, dominent dans les conditions dégradées observées en avril.

Ainsi, des concentrations élevées en oxygène dissous constituent un indicateur de la qualité de l'eau et de la richesse en biodiversité, tandis que les faibles niveaux signalent une détérioration écologique se traduisant par une baisse de diversité et la prédominance d'espèces tolérantes.

	février	Mars	Avril
Station 01	86	58,4	8,77
Station 02	90	133,4	9,2
Station 03	120	92,6	9,1
Station 04	110	150	8,67

Tableau 05 : Variations mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau des quatre stations.

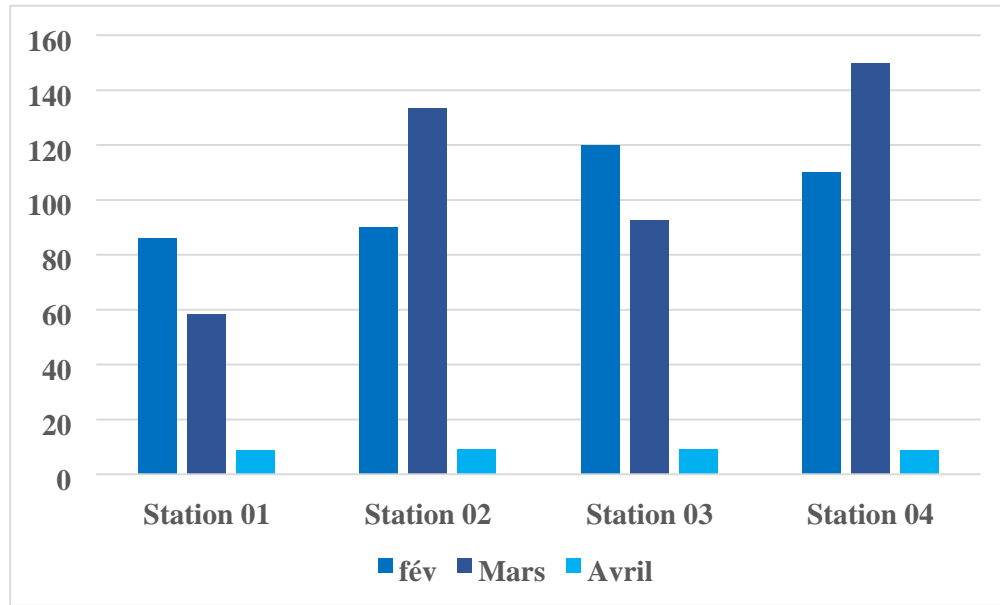


Figure 33 : Histogramme des variations mensuelles de l'oxygène dissous des stations d'étude.

1-5-la salinité :

La salinité est l'une des caractéristiques physiques essentielles des milieux aquatiques, représentant la concentration des sels dissous dans l'eau. Elle influence directement la composition et la répartition des communautés biologiques, en particulier les macroinvertébrés aquatiques. Les variations de la salinité constituent un facteur environnemental majeur qui limite la présence de certaines espèces ou favorise le développement d'autres, selon leur capacité d'adaptation à ces conditions chimiques (Bellinger & Sigeo, 2010).

Dans cette étude, les variations de la salinité ont été observées dans quatre stations durant les mois de février, mars et avril. L'analyse révèle que le mois de mars présente les niveaux de salinité les plus élevés, notamment dans les stations 2 et 3, avec des valeurs atteignant environ 7,5 à la station 2 et 5,6 à la station 3. En revanche, le mois d'avril enregistre les niveaux les plus bas dans toutes les stations. Spatialement, la station 2 apparaît comme la plus salée sur toute la période, tandis que la station 1 est la moins salée, particulièrement en février et avril. Ces variations reflètent l'influence de plusieurs facteurs tels que l'augmentation de l'évaporation et des températures en mars, la contribution possible des eaux souterraines riches en sels ou la baisse du niveau de l'eau. À l'inverse, la diminution de la salinité en avril peut être liée aux précipitations ou à un renouvellement des flux d'eau.

Ces variations impactent la composition des macroinvertébrés, où les espèces sensibles à la salinité, comme certains crustacés et les insectes du groupe des Ephemeroptères, tendent à diminuer ou à disparaître dans les stations à forte salinité. À l'inverse, les espèces tolérantes, telles que certains Diptères ou Oligochètes, continuent de se maintenir, voire de se développer. Par conséquent, une diversité biologique plus faible est observée à la station 2 en mars, comparativement aux autres stations, soulignant la pression écologique exercée par la salinité élevée sur ces communautés aquatiques.

Ainsi, ces résultats confirment le rôle déterminant de la salinité en tant que facteur environnemental clé influençant la diversité et la distribution des macroinvertébrés, soulignant l'importance de son suivi dans les études d'évaluation de la qualité des eaux et des écosystèmes aquatiques.

	février	Mars	Avril
Station 01	1,5	3,5	1,4
Station 02	4,65	7,4	3,2
Station 03	3,2	5,6	2,8
Station 04	3,5	4,5	2,7

Tableau 06 : Variations mensuelles de salinité des quatre stations.

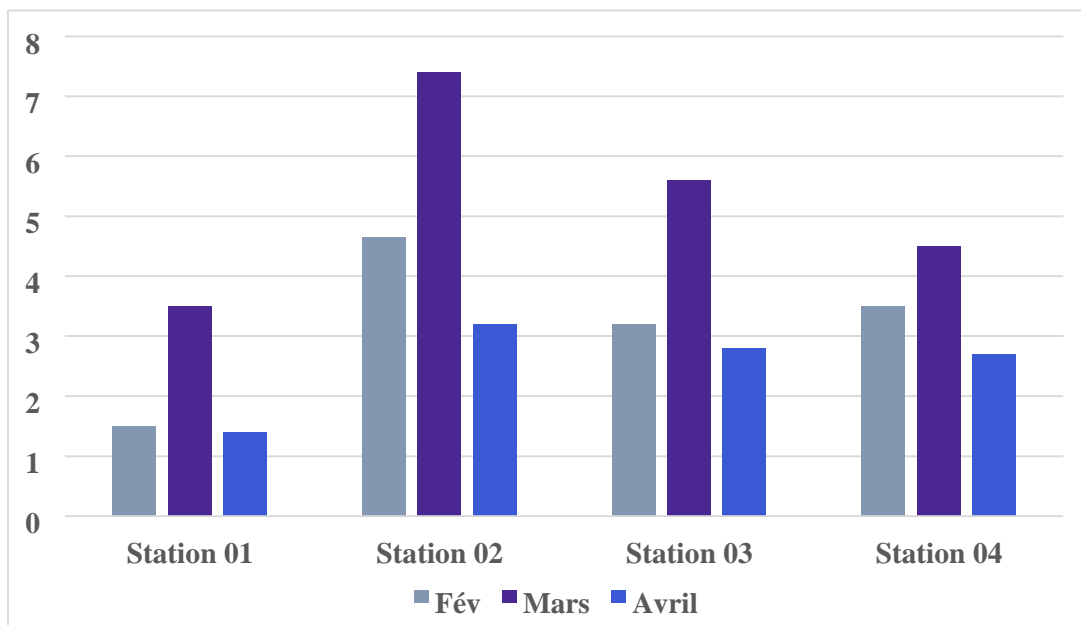


Figure 34 : Histogramme des variations mensuelles de la salinité des stations d'étude.

1-6-La profondeur :

La profondeur est l'un des facteurs physiques fondamentaux qui régissent la distribution et la diversité des macro-invertébrés aquatiques, représentant la distance verticale entre la surface de l'eau et le fond du milieu aquatique. Son influence varie selon sa valeur, entraînant des changements notables au niveau de la lumière, de la température, de la teneur en oxygène dissous et de la nature des sédiments, autant de paramètres qui affectent directement la structure des communautés benthiques (Pearson & Rosenberg, 1978).

D'après les données enregistrées dans les quatre stations, les profondeurs varient entre 150 cm (station 1) et 20 cm (station 4), traduisant un gradient de profondeur marqué. La station 1, caractérisée par une profondeur importante (150 cm), présente un milieu chaud et bien oxygéné. Ces conditions écologiques favorables se traduisent par une couverture végétale abondante, propice à une grande diversité de macro-invertébrés, notamment les espèces sensibles telles que certaines larves d'Odonates. En revanche, les stations 2 et 3, d'une profondeur intermédiaire (54 cm et 50 cm respectivement), sont caractérisées par une forte luminosité, des températures plus élevées, ainsi qu'une teneur en oxygène potentiellement réduite dans les couches profondes. Ces conditions environnementales favorisent la présence d'espèces tolérantes, comme certains Oligochaeta et Chironomidae. Enfin, la station 4, très peu profonde (20 cm), pourrait abriter une communauté mixte d'espèces capables de s'adapter à des conditions intermédiaires en lumière, température et oxygène.

Cette comparaison met en évidence l'effet structurant de la profondeur sur la répartition écologique des macro-invertébrés aquatiques : la diversité biologique tend à diminuer avec l'augmentation de la profondeur, tandis que la composition spécifique se modifie en réponse aux contraintes environnementales associées.

	profondeur
station 01	150 cm
station 02	54 cm
station 03	50 cm
station 04	20 cm

Tableau 07 : variations de profondeur des stations d'étude.

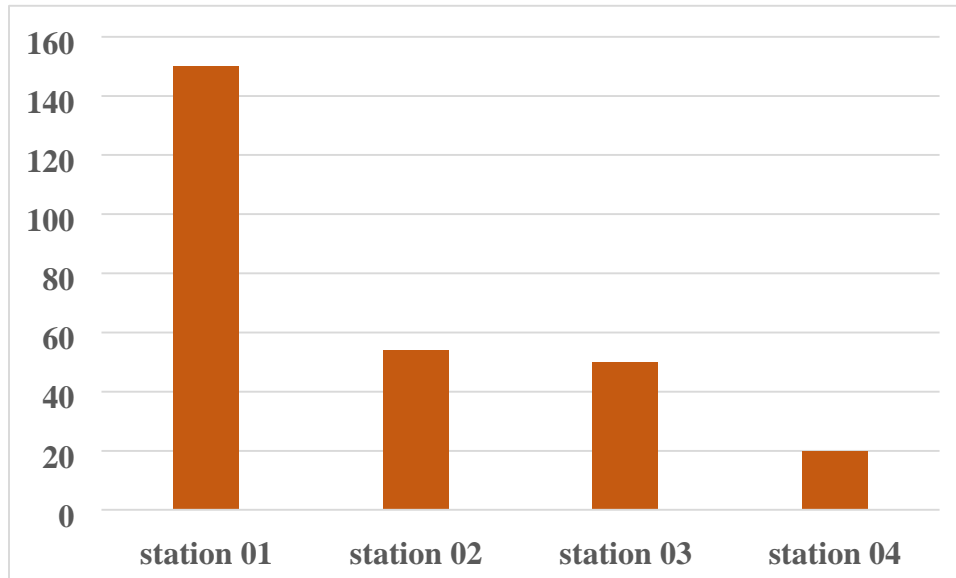


Figure 35 : Histogramme des variations de profondeur des stations d'étude.

1-7- La végétation :

La couverture végétale constitue un indicateur écologique essentiel reflétant l'état des écosystèmes en termes de fertilité du sol, de disponibilité en eau et du degré d'influence des pressions climatiques ou anthropiques (Pereira, & *al.*, 2013). Les résultats de l'étude ont révélé une variation marquée des taux de couverture végétale entre les quatre stations : la station 2 présente la couverture la plus élevée avec 75 %, suivie par la station 3 avec 50 %, puis la station 4 avec 25 %, et enfin la station 1 avec seulement 20 %.

Les pourcentages élevés indiquent la présence de conditions favorables, telles qu'une humidité suffisante du sol et une végétation dense, offrant ainsi un habitat propice à la diversité et à l'abondance des macroinvertébrés (Lecerf & *al.*, 2006).

En effet, une couverture végétale importante est généralement associée à une plus grande disponibilité en nourriture et en abris pour ces organismes. En revanche, les faibles taux observés dans les stations 1 et 4 pourraient indiquer des milieux perturbés, caractérisés par une altération des conditions écologiques nécessaires au développement des communautés biologiques, ce qui pourrait entraîner une diminution de la richesse et une distribution déséquilibrée des macroinvertébrés (Barbour & *al.*, 1999).

	Couverture végétation
station 01	20%
station 02	75%
station 03	50%
station 04	25%

Tableau 08 : Variations de couverture végétale des stations d'étude.

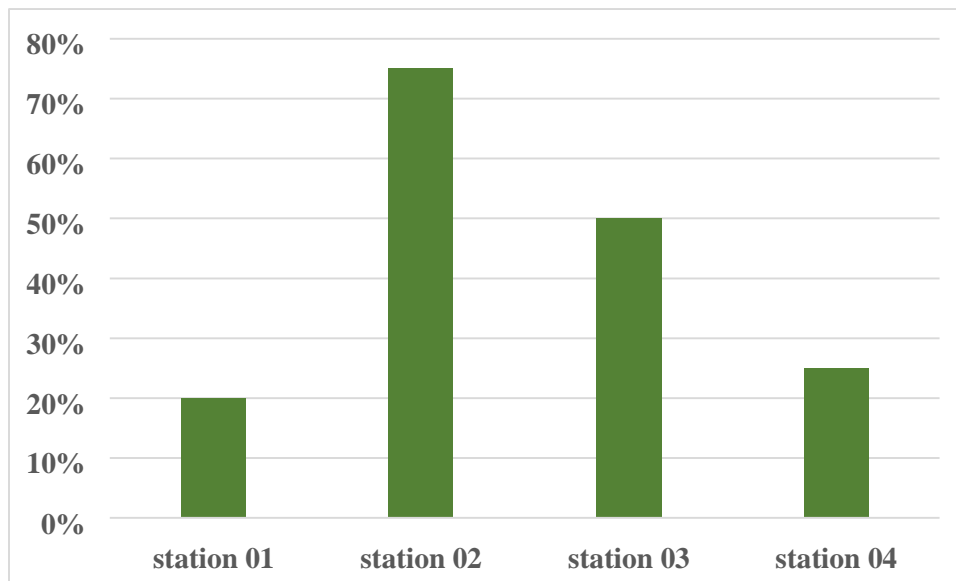


Figure 36 : histogramme des variations de couverture végétale des stations d'étude.

2-Analyse qualitative et quantitative des taxons faunistiques récoltés :

2-1-Check-list des taxa faunistiques :

Le tableau suivant présente la répartition taxonomique et temporelle des macro-invertébrés aquatiques collectés ou observés dans le milieu aquatique étudié au cours des mois de février, mars et avril. Les organismes ont été classés selon leur classe, ordre, famille et genre. Le tableau indique également le nombre d'individus enregistrés pour chaque espèce durant les quatre semaines de chaque mois, permettant ainsi d'évaluer l'abondance et la distribution de ces organismes dans le temps.

Les données obtenues révèlent une biodiversité notable, regroupant principalement quatre classes : les Insecta, Crustacea, Amphibien, Plus de dix ordres d'insectes ont été recensés, dont les plus représentés sont les Diptères, qui constituent environ 40 % des individus observés, avec une

dominance marquée de la famille des Chironomidae. Les Coléoptères suivent avec environ 15 %, notamment les Dytiscidae. Les Odonates représentent près de 20 % des individus, regroupant à la fois les Zygoptera et Anisoptera, tandis que les Hémiptères, principalement des familles Notonectidae et Corixidae, comptent pour environ 10 %. Des représentants des Crustacés et des Amphibiens ont également été observés, chacun représentant près de 5 % du total.

Cette répartition reflète une variabilité temporelle marquée dans l'abondance des espèces d'un mois à l'autre, avec des pics enregistrés pour certains groupes, notamment les Chironomidae au mois de mars. Ces résultats soulignent l'importance du suivi saisonnier des macro-invertébrés aquatiques en tant qu'indicateurs biologiques efficaces pour l'évaluation de l'état écologique des écosystèmes aquatiques étudiés.

classe	ordre	Famille	genre	Février				Mars				avril			
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>berosus sp</i>	7	1				1						
		Helophoridae	<i>helopharus sp</i>	1											
		haliplidae	<i>haliplus sp</i>		1										
		Hygrobiiidae	<i>hygrobia sp</i>		1			27							
		dytiscidae	<i>coelamibus sp</i>				1								
			<i>hygrotus sp</i>				1		1	12				1	
			<i>dytiscus sp</i>									1			2
	Hémiptera	Notonectidae	<i>Notonecta sp</i>	28		4		5							
			<i>Anisops sp</i>	1			1	1							
		Corixidae	<i>paracorixa</i>	2						5	6			1	
			<i>corixa sp</i>		1										
			<i>arctococa sp</i>		2		3								
			<i>micronecta sp</i>												1
			<i>sigara</i>					1	1						
	Diptera	Chironomidae	<i>tanypodimae larve</i>	10		10									
			<i>chironomus sp</i>		23		4	8	25	225	16	2	2		2
		Tbamidae	<i>espèce ind</i>									1			
		Culcidae	<i>culex sp</i>											9	25
	odonata	coenagrionidae	<i>ischnura sp</i>	10		1				1		10			
		Aeschnidae	<i>anax sp</i>	5		6					1				
		coenagrionidae	<i>erythroma sp</i>					1				1			
			<i>enallgma sp</i>						1						
Crustacea	anastracès	chirocephalidae	<i>chirocephalus sp</i>										3	3	
amphibien	anoures	famille ind	<i>esp ind</i>									4	26	2	

Tableau 09 : Check-list des taxa faunistiques de la faune aquatique.

2-1-1-Les Coléoptères :

Les résultats de l'inventaire qualitative des Coléoptères, effectués au niveau de quatre stations durant les mois de février, mars et avril, ont permis de recenser dix espèces différentes appartenant à cinq familles de coléoptères aquatiques. Le nombre total d'individus recensés est de 58.

L'espèce la plus abondante est *Hygrobia sp*. Représentant 48% de l'ensemble des échantillons, ce qui reflète sa dominance écologique et son adaptation aux conditions

environnementales du site, telles que la température, la nature du substrat et la richesse en matière organique. Elle est suivie par *Hygratus sp* avec une fréquence de 26%, ce qui indique une large distribution dans plusieurs stations.

D'autres espèces comme *Helopharus sp*, *Haliphus sp* et *coelamibus sp* n'ont été recensées qu'à un seul individu chacune (2%), ce qui peut traduire soit une rareté naturelle, soit des conditions environnementales momentanément défavorables.

L'espèce *Dytiscus sp* a été enregistrée avec 5 %, ce qui pourrait indiquer une présence dans des habitats plus stables, généralement associés à une bonne qualité de l'eau.

Les larves de *Berosus sp.* (Famille des Hydrophilidae) représentent 15 % du total des coléoptères aquatiques dans l'échantillon étudié, un pourcentage significatif qui reflète une abondance relative de cette espèce dans le milieu aquatique concerné. Les larves de *Berosus* sont connues pour leur adaptation aux milieux aquatiques stagnants ou à faible courant, et sont souvent associées à la présence de quantités importantes de matière organique en décomposition. Cela en fait un indicateur des eaux riches en nutriments (eutrophes) ou de qualité moyenne à faible. Leur présence relativement élevée peut également refléter des conditions favorables à leur reproduction, telles que des températures modérées et une abondance de végétation aquatique offrant protection et nourriture.

Ces résultats traduisent une diversité biologique modérée avec une dominance spécifique marquée, et pourraient servir de base pour un suivi écologique de ces milieux aquatiques, notamment grâce à la présence d'espèces bioindicatrices de la qualité de l'eau.

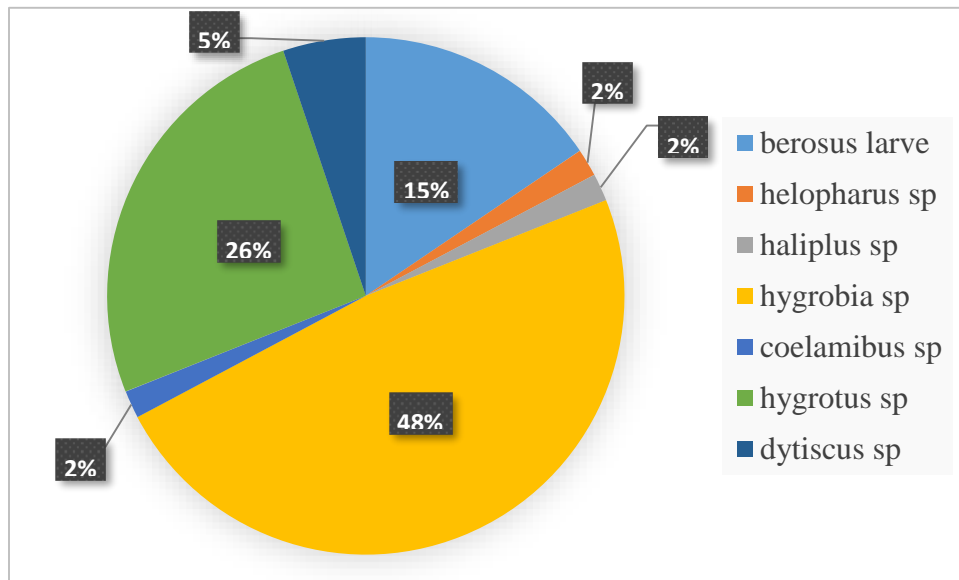


Figure 37 : l'abondance des coléoptères dans les quatre stations.



Figure 38 : Coléoptères (a) *hygrobia sp* (b) *coelamibus sp*



Figure 39 : Larve de *Dytiscus sp*.



Figure 40 : larve de *Berosus sp*

2-1-2-Les Diptères :

L'étude des Diptères récoltés dans les quatre stations a révélé la présence de 2 groupes taxonomiques, principalement appartenant à la famille Chironomidae, en plus des familles Culicidae et Tabanidae. Le nombre total d'individus recensés est de 362.

L'espèce la plus dominante est *Chironomus sp*, avec 307 individus, représentant 85 % de l'ensemble. Cette dominance peut être liée à leur grande tolérance aux milieux aquatiques stagnants ou pauvres en oxygène dissous, ce qui fait de ce genre un bon bioindicateur des milieux dégradés.

En seconde position, nous avons le genre *Culex sp* (famille Culicidae), souvent associé aux eaux stagnantes riches en matière organique, constitue 9 % de l'échantillonnage.

Les larves de Tanypodinae, une sous-famille des Chironomidae, représentent 6 % de la communauté des diptères dans l'échantillon. Cette proportion relative reflète une présence modérée de ce groupe dans le milieu aquatique étudié. Les larves de Tanypodinae sont connues pour leur capacité à vivre dans divers types d'habitats, mais elles préfèrent généralement les eaux bien oxygénées et de qualité acceptable. Cela constitue un indicateur relativement positif d'un certain équilibre écologique dans certaines stations.

L'enregistrement d'un seul individu de la famille Tabanidae (espèce ind) dans l'échantillon, constitue un indicateur de la rareté de ce taxon dans le milieu aquatique étudié, ou de sa présence si faible qu'elle n'a pas pu être détectée lors du prélèvement. Cette absence pourrait être liée à des conditions environnementales défavorables à la reproduction de ces larves, telles qu'un manque d'oxygène, la nature du substrat, ou encore un cycle de vie saisonnier.

Ces résultats traduisent une richesse spécifique modérée mais avec une forte dominance numérique d'un genre, ce qui peut indiquer un déséquilibre écologique, ou un environnement soumis à des perturbations anthropiques.

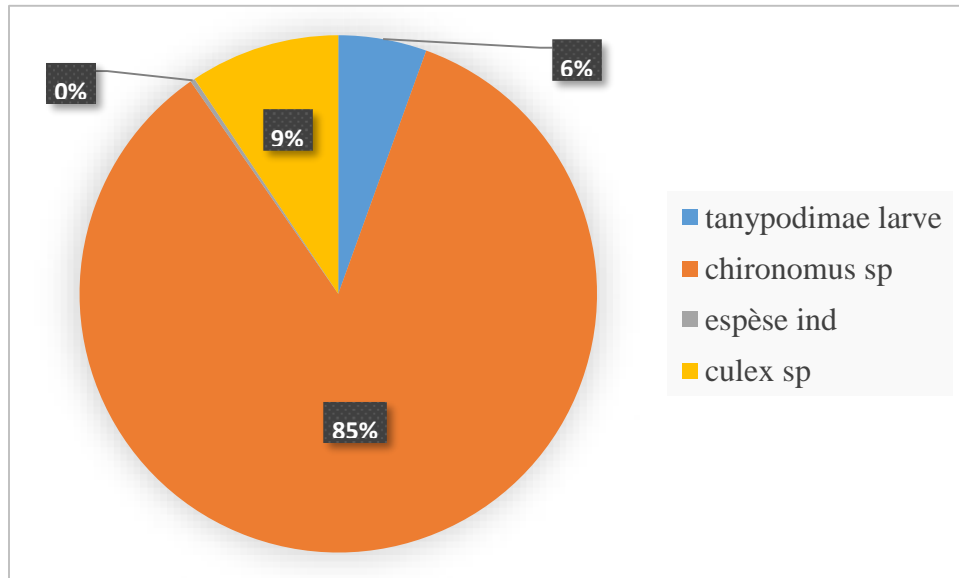


Figure 41 : l'abondance des diptères dans les quatre stations.



Figure 42 : larve de chironomidae.

2-1-3- Les Hémiptères :

L'ordre des Hémiptères a montré, au cours de la période allant de février à avril, une variation marquée tant au niveau de l'abondance que de la diversité. Un total de 63 individus appartenant à sept genres répartis entre les familles Notonectidae et Corixidae a été recensé.

L'espèce dominante est *Notonecta sp*, avec 37 individus, représentant 59 % du total. Cette dominance peut être expliquée par sa capacité de nager efficacement et sa large tolérance écologique aux différents paramètres physico-chimiques du milieu aquatique.

En deuxième position, on retrouve *Paracorixa sp*, avec 22 %, ce qui indique également une adaptation notable à ces écosystèmes, notamment les zones calmes et peu profondes.

Arctocorisa sp a représenté 8 % du total des individus, ce qui indique une présence régulière de cette espèce dans l'écosystème étudié. Cela reflète une certaine adéquation avec les conditions environnementales locales, telles que la nature du substrat et la présence de végétation aquatique.

Corixa sp, représenté 5 %, traduisant une présence modérée pouvant être liée à un certain équilibre des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. En revanche, les espèces *Micronecta sp* et *Sigara sp* ont été faiblement représentées, avec des proportions respectives de 3 % et 2 %. Cette faible abondance peut s'expliquer soit par une moindre adaptation aux conditions locales, soit par une forte concurrence avec les espèces dominantes, comme *Notonecta sp*. Ces faibles proportions pourraient également refléter une sensibilité accrue de ces espèces aux variations environnementales, soulignant ainsi leur rôle en tant que bioindicateurs précis dans l'évaluation de la qualité de l'eau.

En somme, la composition spécifique des Hémiptères reflète une diversité modérée avec une espèce dominante bien adaptée, ce qui est typique des milieux aquatiques semi-permanents ou soumis à des perturbations saisonnières.

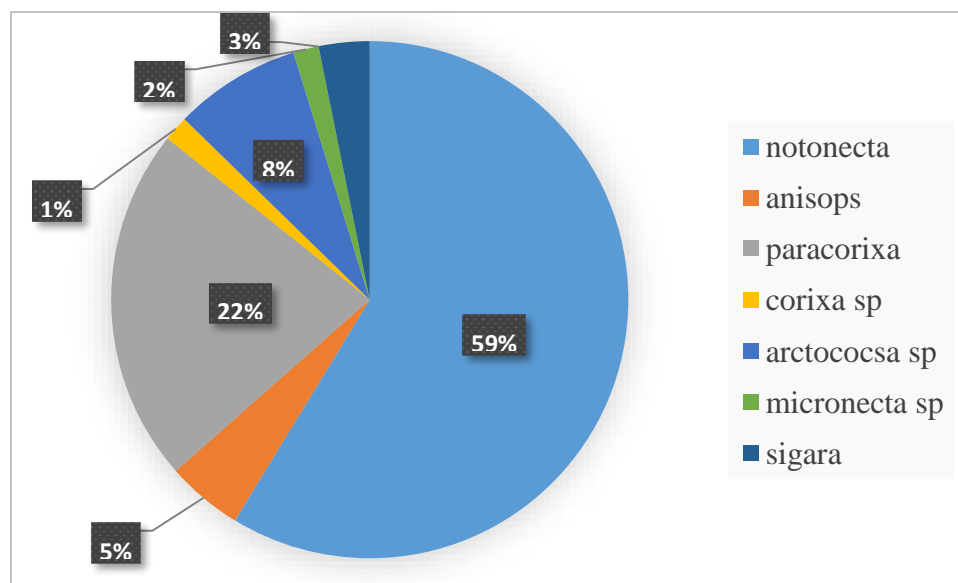


Figure 43 : l'abondance des hémiptères dans les quatre stations.



Figure 44 : *Notonecta sp*

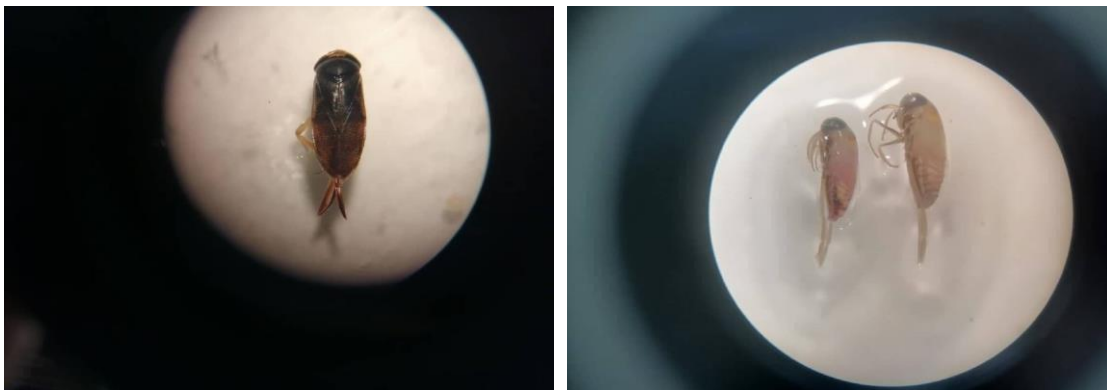


Figure 45 : *Corixa sp*

2-1-4-Les Odonates :

L'échantillonnage des Odonates aquatiques a permis d'identifier 03 famille : coenagrionidae, aeschnidae, coenagrionidae. Le nombre total d'individus recensés est de 37.

Le genre dominant est *Ischnura sp*, représentant plus de la moitié des individus (60 %). Ce résultat reflète une bonne adaptation de ce genre aux milieux stagnants ou faiblement courants, souvent riches en végétation aquatique propice à leur développement.

En seconde position, *Anax sp* avec 32%, suivi par Ces libellules de grande taille sont souvent associées à des milieux stables et bien oxygénés.

Les autres genres comme *Erythromma sp* (5%), et *Emallagma sp* (3%) sont présents en faibles proportions, ce qui pourrait s'expliquer par une spécialisation écologique plus stricte ou une période d'émergence non optimale lors de la collecte.

En conclusion, cette richesse modérée mais dominée par un genre indique une bonne représentativité écologique des odonates dans les stations étudiées, avec une préférence pour les habitats végétalisés et semi-stables.

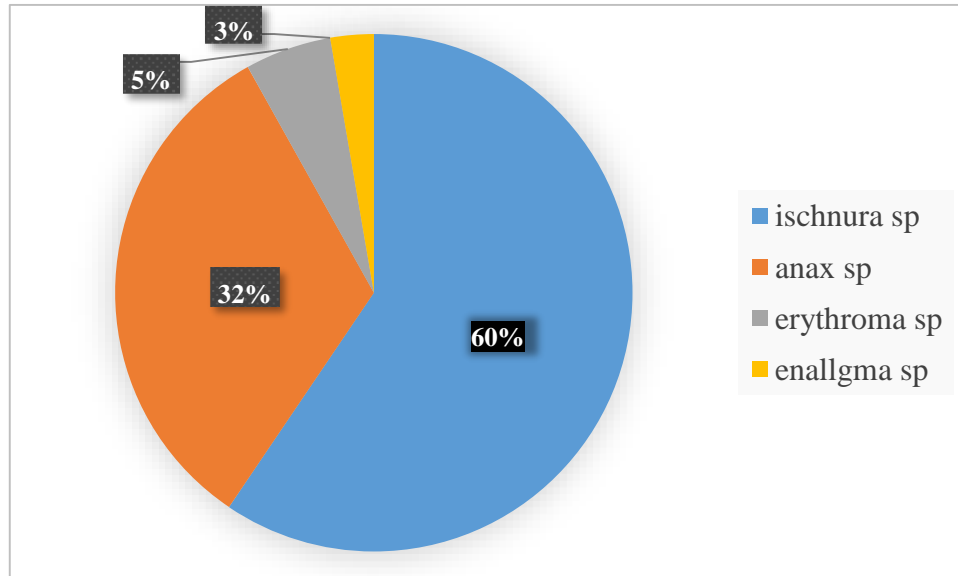


Figure 46 : l'abondance des odonates dans les quatre stations.

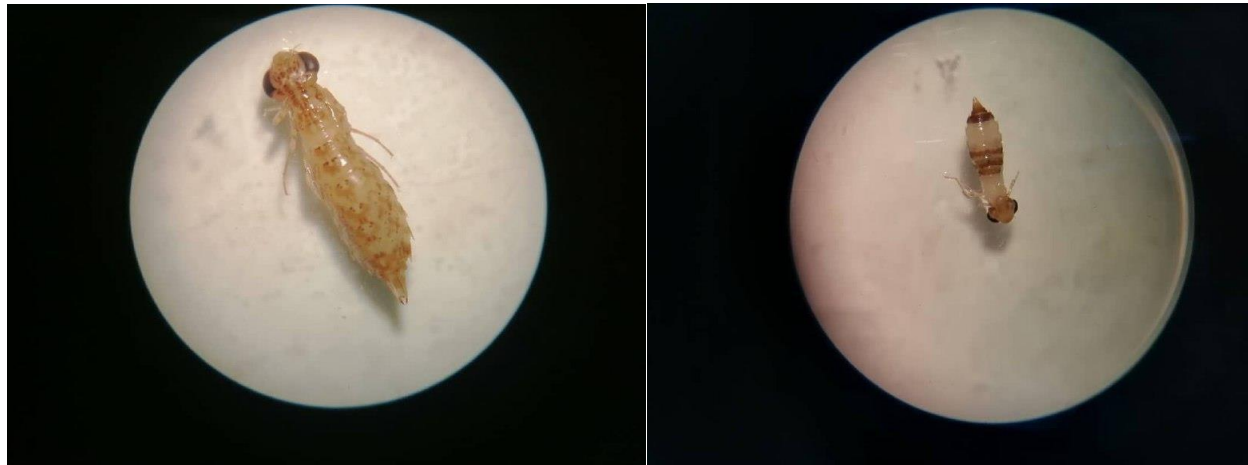


Figure 47 : *Anax sp*

2-1-5-les Crustacés :

L'analyse des Crustacés collectés révèle la présence exclusive du genre *Chirocephalus*, avec un seul taxon recensé : *Chirocephalus sp*, représentant 100 % des individus enregistrés, soit un total de 6 spécimens. Ces crustacés appartiennent à l'ordre des Anostracés, souvent observés dans des milieux temporaires ou semi-permanents comme les mares, les étangs et les sebkhas, où les

conditions varient fortement selon la saison. Leur présence indique une bonne adaptation aux eaux stagnantes riches en matières organiques, souvent pauvres en prédateurs piscicoles. Le faible nombre d'individus peut s'expliquer par des facteurs saisonniers, une fenêtre d'échantillonnage limitée ou encore la rareté naturelle de ce groupe dans la zone d'étude.

En résumé, bien que peu diversifiés, les Crustacés identifiés ici sont typiques des écosystèmes temporaires et méritent une attention particulière pour mieux comprendre leur écologie et leur cycle de vie.

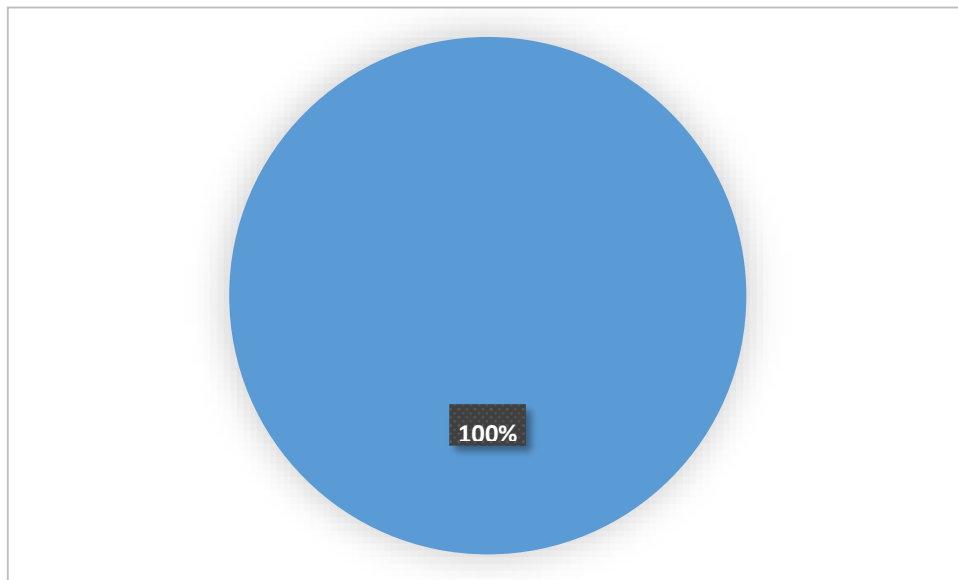


Figure 48 : l'abondance des crustacés dans les quatre stations.



Figure 49 : *Chirocephalus sp*

2-1-6-les amphibiens :

Les résultats de l'étude ont montré une absence totale d'amphibiens durant les mois de février et mars dans toutes les stations étudiées, ce qui pourrait être attribué aux basses températures ou à des conditions environnementales défavorables durant cette période.

En avril, La figure 50 montre l'abondance des amphibiens dans les quatre stations étudiées. Le résultat apparaît sous forme d'un graphique circulaire entièrement coloré à 100 %, ce qui indique que tous les organismes enregistrés dans ces stations appartiennent uniquement à la classe des amphibiens. Cela reflète une absence totale d'autres types ou groupes d'animaux dans l'échantillon étudié.

Ces résultats reflètent l'importance des conditions environnementales propres à chaque station dans la répartition des amphibiens, et indiquent que le pic d'activité de ce groupe commence effectivement au mois d'avril.

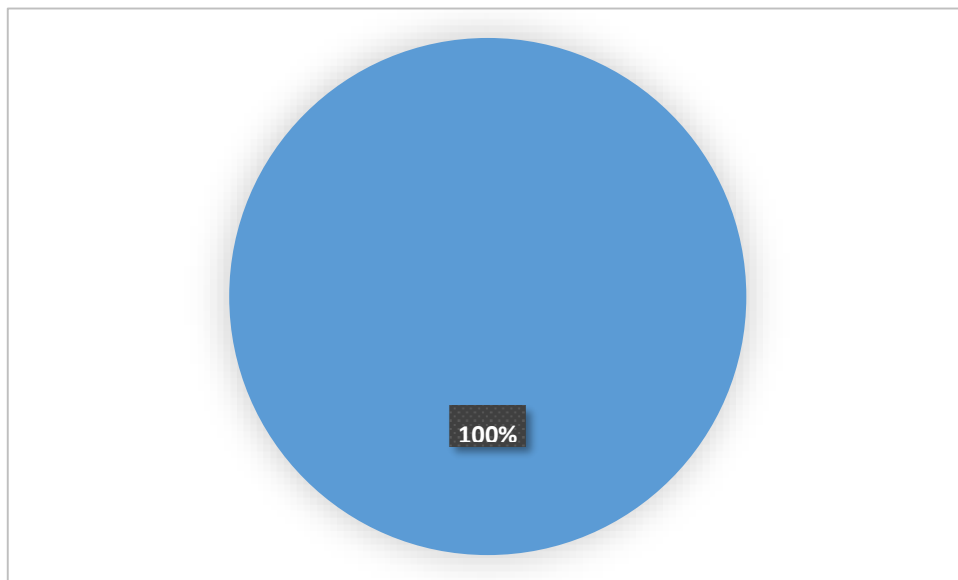


Figure 50 : l'abondance des amphibiens dans les quatre stations.



Figure 51 : Larve des Anoures.

3- Analyse globale des macros-invertébrés aquatiques :

3-1-La richesse spécifique :

La richesse spécifique est l'un des indicateurs les plus importants utilisés dans l'étude de la biodiversité. Elle correspond simplement au nombre d'espèces différentes présentes dans une unité écologique donnée, sans tenir compte de leur abondance ou de leur répartition. Plus la richesse spécifique est élevée, plus l'écosystème est considéré comme diversifié, stable et résilient face aux perturbations environnementales.

L'étude, qui a été menée au cours de trois sorties sur le terrain au cours des mois de février, mars et avril, et dans quatre stations différentes, a donné les résultats suivants :

Aux niveaux spatial et temporel, la richesse spécifique moyenne globale par emplacement a été observée à 6 espèces, tandis que la moyenne mensuelle des espèces était de 8 espèces. En combinant les dimensions temporelles et spatiales, la moyenne n'était que de 2 espèces par site et par mois, ce qui indique une variation marquée dans la répartition des espèces entre les stations et les périodes. Cette variation peut être liée à plusieurs facteurs environnementaux tels que la qualité de l'eau, la profondeur de l'eau, la couverture végétale, la qualité du substrat ou encore les changements climatiques saisonniers.

Dans l'ensemble, ces résultats reflètent une communauté écologique caractérisée par une diversité modérée et une distribution hétérogène des espèces, ce qui peut indiquer la présence de pressions environnementales ou de changements dans les conditions écologiques sur les sites d'oued Baniou.

	Valeur de richesse moyenne
Dahmani et Derradj (2025)	8
Babaci et Moussai (2020)	7
Naidja (2020)	8

Tableau 10 : Comparaison de la richesse moyenne (S_m) des macro-invertébrés aquatiques entre trois sites.

Dans le cadre d'une comparaison entre trois études portant sur les macro-invertébrés aquatiques, les résultats ont révélé de légères variations dans les valeurs moyennes mensuelles de la richesse entre les sites et les années.

Le résultat de ce travail montre une richesse spécifique moyenne mensuelle de 8, soit une valeur plus élevée que celle notée par Babaci Soufyane et Moussaï Abdelkarim dans la même zone en 2020, où elle n'était que de 7. Cette légère augmentation pourrait refléter une amélioration de la qualité du milieu aquatique de l'oued Baniou durant cette période, probablement en raison d'une réduction de la pollution ou de conditions environnementales plus favorables ayant permis l'installation de nouvelles espèces.

Quant à l'étude menée par Naidja Sif Elhak en 2020 dans l'oued el-Mekkarou (wilaya de Guelma), elle a révélé une valeur identique à celle observée à l'oued Baniou en 2025, soit 8. Cette similarité entre deux zones géographiques différentes suggère une convergence possible des conditions écologiques, ou une structure comparable des communautés biologiques en termes de nombre d'espèces, malgré les différences de localisation, de climat et de caractéristiques hydrologiques.

Ces résultats soulignent l'importance du suivi de l'évolution de la richesse spécifique dans le temps et l'espace, étant donné qu'il s'agit d'un indicateur sensible aux perturbations environnementales. Elle constitue également un outil efficace pour évaluer la santé des écosystèmes aquatiques et orienter les efforts de conservation et de gestion durable.

3-2-Les indices écologiques de structure :

3-2-1-Indice de diversité de Shannon H' :

Les indicateurs de la biodiversité constituent des outils essentiels pour comprendre la structure des communautés vivantes et évaluer l'état environnemental des écosystèmes aquatiques. Parmi ces indicateurs, l'indice de Shannon (Shannon-Wiener Index) est largement utilisé pour mesurer la diversité des espèces, en raison de sa capacité à combiner l'abondance des espèces et leur répartition relative en une seule valeur significative.

Dans le cadre de cette étude, l'indice de Shannon (H') a été calculé pour la communauté des macroinvertébrés dans l'oued Baniou au cours de trois sorties de terrain effectuées en février, mars et avril. La valeur enregistrée de l'indice est de 2,28 bits, ce qui se situe dans la plage moyenne à élever, reflétant une diversité considérable au sein de la communauté biologique étudiée. La valeur théorique maximale de diversité (H'max) est de 3,32 bits, représentant la valeur maximale pouvant être atteinte si les individus étaient répartis de manière parfaitement équitable entre les espèces.

En se basant sur ces deux valeurs, le degré d'équitabilité (Evenness) a été estimé à 0,69, indiquant une certaine inégalité dans la répartition, certaines espèces étant plus représentées que d'autres. Ces résultats traduisent un milieu aquatique bénéficiant d'un niveau acceptable de stabilité et d'équilibre écologique, bien que certains facteurs environnementaux ou saisonniers puissent influencer la structure de la communauté biologique au cours de la période d'étude.

	Valeur de Indice de diversité de Shannon Weaver H'
Dahmani et Derradj (2025)	2,28
Babaci et Moussai (2020)	1,33
Naidja (2020)	2,21

Tableau 11 : Comparaison des valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') dans différentes sites études.

Les valeurs enregistrées de l'indice Shannon-Weaver H' indiquent une nette variation du degré de biodiversité entre les trois études, dans le cadre de cette étude on a enregistré une valeur de 2,28 bits, indiquant un niveau élevé de diversité dans la communauté écologique étudiée, ce qui

peut refléter la présence d'un bon équilibre environnemental et d'une répartition relative égale des espèces. En revanche, l'étude de Babaci et Moussai (2020), a enregistré la valeur la plus basse de 1,33 bits, indiquant une faible biodiversité, qui peut refléter la dominance d'une ou deux espèces dans la communauté biologique ou la présence de pressions environnementales qui réduisent l'équilibre biologique. L'étude de Naidja (2020), montre une valeur relativement moyenne de 2,21 bits, ce qui est proche du résultat de notre étude, ce qui peut indiquer des conditions environnementales relativement similaires ou l'utilisation d'une méthodologie similaire dans l'évaluation. Cette comparaison met en évidence l'importance des facteurs environnementaux et systémiques qui influencent les valeurs de la biodiversité.

3-2-2-Equitabilité :

La valeur de l'équitabilité constitue un indicateur important dans les études écologiques pour évaluer le degré d'équilibre dans la répartition des individus entre les espèces au sein d'une communauté biologique. La valeur calculée de 0,69 indique une répartition relativement équitable des abondances spécifiques, ce qui suggère qu'aucun groupe d'organismes ne domine le reste. La distribution des espèces est donc relativement homogène. Cette situation reflète un état d'équilibre écologique, dans lequel différentes espèces parviennent à coexister dans le même milieu sans exclusion ni domination marquée. Cela témoigne d'un écosystème stable et relativement diversifié. Ce résultat est considéré comme positif d'un point de vue écologique, car il traduit un système biologique riche et équilibré, potentiellement plus résistant aux perturbations ou aux effondrements soudains en cas de changements environnementaux.

	Valeur de Indice de équitabilité
dahmani et derradj (2025)	0,69
Babaci et Moussai (2020)	0,47
Naidja (2020)	0,98

Tableau 12 : Comparaison des valeurs de l'indice d'équitabilité dans différentes sites études.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité révèlent une variation significative dans la répartition des individus entre les espèces au sein des communautés étudiées. L'étude de Naidja (2020),

présente la valeur la plus élevée, soit 0,98, ce qui indique une répartition presque égale des individus entre les espèces signe d'un équilibre écologique élevé et d'une grande stabilité. En seconde position, le résultat de notre étude révéla une valeur de 0,69, traduisant une équitabilité modérée, avec une légère dominance de certaines espèces, mais une structure communautaire relativement équilibrée. En revanche, l'étude de Babaci et Moussai (2020), montre la valeur la plus faible, 0,47, suggérant une forte dominance de quelques espèces au détriment des autres, probablement en lien avec des pressions écologiques ou des perturbations environnementales. Ces résultats mettent en évidence l'importance de l'indice d'équitabilité comme complément essentiel à l'indice de diversité pour évaluer la structure et la stabilité des communautés écologiques.

3-2-3- Indice de dominance (D) et indice de Simpson (1-D) :

Les indices de diversité et de dominance sont des outils essentiels pour évaluer la structure des communautés biologiques et comprendre la dynamique écologique. Parmi ces indices, l'indice de dominance (D) reflète le degré de prédominance de certaines espèces sur le reste de la communauté. Dans la présente étude, la valeur de cet indice est de 0,32 ce qui indique que la communauté étudiée n'est pas dominée par un petit nombre d'espèces, mais présente plutôt un certain équilibre dans la répartition de l'abondance entre les différentes espèces. Ce résultat suggère que le milieu concerné ne souffre pas de déséquilibres marqués dans sa composition biologique, et que la biodiversité y est modérée à bonne. Cette interprétation est également confirmée par l'indice de diversité (1 - D), dont la valeur est de 0,68 indiquant une diversité biologique appréciable, proche de la valeur maximale 1, synonyme d'une répartition équilibrée entre les espèces. Ce niveau de diversité reflète un état écologique relativement stable, pouvant résulter d'une faible pression environnementale ou de la capacité d'adaptation de la communauté biologique aux conditions locales. Ainsi, les valeurs obtenues suggèrent que l'écosystème étudié bénéficie d'un certain équilibre biologique et d'une résilience écologique lui permettant de maintenir sa structure malgré les variations environnementales.

Conclusion :

Conclusion :

Cette étude, menée durant l'année 2025 dans le cadre du mémoire de Master, s'est intéressée à l'évaluation de la diversité des macroinvertébrés aquatiques des mares temporaires d'oued Baniou, un cours d'eau situé dans la région semi-aride de M'sila. Les macroinvertébrés aquatiques représentent des indicateurs biologiques fiables de l'état écologique des écosystèmes lentiques, grâce à leur sensibilité aux variations physico-chimiques de l'environnement et à leur rôle fonctionnel dans la chaîne trophique.

Au cours de trois campagnes d'échantillonnage réalisées entre février et avril, sur quatre stations distinctes, un total de 558 individus a été recensé. La majorité des taxons identifiés appartiennent à la classe des Insecta, avec une prédominance des ordres Coleoptera, Diptera, Odonata et Hémiptera. Ces groupes ont été déterminés à l'aide des clés de détermination de Tachet et al. (2010), Merritt et Cummins (1996), et Bouchard (2004), qui font autorité dans la systématique des invertébrés d'eau douce. Outre les insectes, un crustacé appartenant à la famille des Chirocephalidae (ordre Anostraca), tel que décrit par Brtek et Mura (2000), ainsi qu'un amphibien anoure non identifié au niveau familial, ont été observés.

Les résultats révèlent une hétérogénéité écologique entre les stations, reflétée par des variations dans la richesse spécifique et l'abondance des individus. Ces différences semblent étroitement liées aux conditions locales, notamment la composition du substrat et la qualité de l'eau. La présence de certaines familles connues pour leur exigence écologique élevée, telles que certaines Odonates ou Coléoptères aquatiques, suggère que certaines stations présentent une bonne qualité écologique. Ces observations s'inscrivent dans les conclusions de Bonada *et al.*, (2006) et Hering *et al.*, (2006), qui soulignent la pertinence des macroinvertébrés comme outils de biosurveillance des milieux aquatiques.

En somme, cette étude met en lumière la richesse biologique que recèle encore l'oued Baniou, malgré les pressions anthropiques croissantes. Elle souligne la nécessité de renforcer les efforts de suivi écologique en intégrant à la fois les données biologiques et physico-chimiques, sur une base saisonnière élargie. Elle invite également à promouvoir le développement des compétences en taxonomie locale pour améliorer la précision des diagnostics écologiques.

Ainsi, les résultats obtenus contribuent à une meilleure compréhension de la dynamique des communautés aquatiques en milieu semi-aride, et confirment l'importance des approches bioindicationnelles dans l'évaluation et la gestion durable des ressources hydriques.

**Références
bibliographiques**

Listes des références :

Abba, A. (2006). Effets du pH et de la température sur la toxicité de l'ammoniaque chez les organismes aquatiques. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar – Annaba.

Achour, H, Meddi, M, & Bouhadeh, M. (2020). Wind and water-driven geomorphological dynamics in arid and semi-arid basins: The case of Chott El Hodna, Algeria. *Aeolian Research*.

Alayat, A. (2013). Étude de la qualité physico-chimique des eaux du lac de Réghaïa. Mémoire de Master, Université de Bab Ezzouar.

Baaloudj, A, Nasrallah, N, & Bouras, O. (2020). Assessment of surface water quality using physicochemical parameters and multivariate analysis in arid regions of Algeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192.

Barbour, M, Gerritsen, J, Snyder, B, & Stribling, J. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish (2nd ed.). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

Barbour, M, Gerritsen, J, Snyder, B, & Stribling, J. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish (2nd ed.). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. EPA 841-B-99-002.

Bèche I, & resh v. (2007). biological traits of benthic macroinvertebrates in california mediterranean-climate streams:long-term annual variability and trait diversity patterns. *fundamental and applied limnology*, pp. 1-23.

Belhamra, M, Mebarki, A, & Guiraud, R. (2021). Miocene sedimentary environments and tectonosedimentary evolution of the Hodna Basin (Algeria). *Marine and Petroleum Geology*, 131, 105121.

Bellatrache I, samraoui b, & samraoui f. (2002). Étude de l'avifaune du Chott El-Hodna.

Bellinger, E, & Sigeo, D. (2010). Freshwater algae: Identification and use as bioindicators. WileyBlackwell.

- Benabdelkader, H, & Morsli, B. (2021). Characterization and improvement potential of clay-sandy soils in semi-arid environments: A case from the Chott El Hodna basin (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*, pp. 922–931.
- Benaissa, H, Gherib, M, & Djemai, S. (2023). Biodiversity and Environmental Threats in Chott El Hodna Wetland, Algeria. *Journal of North African Environmental Studies*, 12(1), pp. 45-58.
- Benakhla, A, Mekhloufi, M, & Saidi, L. (2021). Caractéristiques géomorphologiques et écologiques du Chott El Hodna (Algérie centrale). *Revue des Sciences de l'Environnement*, 18(2).
- Benamar, S. (2015). Évaluation de la qualité écologique des eaux de surface dans la wilaya de M'Sila par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques. Mémoire de Master en Biologie, Université Mohamed Boudiaf – M'Sila.
- Benchaaban, H. (2012). Influence de la température sur l'évaporation et la salinité dans les zones humides d'Algérie. Thèse de doctorat, Université de Constantine.
- Benmoussa, h. (2024). analyse de la variabilité climatique et ses impacts sur les ressources naturelles en algérie. *vertgo-la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Benmoussa, S, Boudjemaa, F, & Meddi, M. (2020). Desertification dynamics and vegetation cover changes in the Hodna region (Algeria): Impact on soil water retention and hydrological balance. *Journal of Arid Environments*, 178, 104157.
- Benrabah, B, Djemai, M, & Bouhennache, N. (2019). Geomorphological framework and structural controls of endorheic basins in north-central Algeria: The case of Chott El Hodna. *Arabian Journal of Geosciences*.
- Bensaci, E., Houhamdi, M, Samraoui, F, & Samraoui, b. (2014). Contribution à l'inventaire ornithologique du Chott El-Hodna (Algérie).
- Bensafia, A, Mebarki, K, & Kherici, N. (2022). Salt crust dynamics and seasonal salinization patterns in Chott El Hodna, Algeria. *Environmental Earth Sciences*.
- Bensouiah, R, Kerfouf, A, & Bouzid, S. (2022). Avifaune migratrice dans les zones humides algériennes : le cas du Chott El Hodna. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 21(2), pp. 85-93.

- Benyamina, S, Mebarki, A, & Bessaoud, B. (2019). Triassic evaporitic deposits and tectonic implications in the Hodna Basin (Algeria). *Journal of African Earth Sciences*, 156, pp. 88-100.
- Bessaoud, B, Mebarki, A, & Benkhelil, J. (2019). Continental Oligocene sedimentation in the Hodna Basin (north-central Algeria): Stratigraphy and paleoenvironments. *Journal of African Earth Sciences*, 158, 103550.
- Bessaoud, M, Kherici, N, & Djemai, M. (2021). Climatic fluctuations and hydrological response of endorheic systems in semi-arid regions: Insights from Chott El Hodna, Algeria. *Journal of Arid Environments*.
- Beutel, R, & Leschen, R. (2005). Myxophaga. Dans Beutel , & Leschen , *Handbook of Zoology: A natural history of the phyla of the animal kingdom*. (pp. 34-39). Walter de Gruyter.
- Bezzalla, A, Bensouiah, B, & Samraoui, B. (2019). Biodiversity and conservation of wetlands in Algeria. *Ecologia Mediterranea*.
- Boix, d. b. (2012). les mares temporaires méditerranéennes. european pond conservation network.
- Bonada n, prat n, resh v, & statzner b. (2006). developments in aquatic insect biomonitoring:a comparative analysis of recent approaches. *annual review of entomology*, pp. 495-523.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51, 495–523
- Bouaziz, S, Mebrouk, N, & Bessedik, M. (2021). Tectonic control and geomorphological evolution of the Chott El Hodna depression, North-Central Algeria. *Journal of African Earth Sciences*.
- Bouchard, R. W. (2004). *Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest*. Water Resources Center, University of Minnesota.
- Boudiaf, A, Djellit, H, & Belhai, D. (2021). Alluvial fan development and piedmont geomorphology in the Hodna Basin, north-central Algeria. *Geomorphology*.
- Boudiaf, A, Mebarki, A, & Derradji, A. (2020). Quaternary geomorphological evolution and fluvial dynamics in the Hodna Basin, Algeria. *Geomorphology*, 366, 107324.

- Boudiaf, A, Mebarki, A, & Derradji, A. (2020). Quaternary geomorphological evolution and fluvial dynamics in the Hodna Basin, Algeria. *Geomorphology*, 366, 107324.
- Bougherira, N, Taleb, A, & Mechakra, A. (2021). Hydrological dynamics and sediment transport in ephemeral streams of semi-arid regions: A case study from the Hodna Basin. *Journal of Arid Environments*.
- Boulinier, T, Nichols, J, Sauer, r, Hines, e, & Pollock, K. (1998). Estimating species richness: The importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology*.
- Boumezbour, A. (2002). Étude géomorphologique et hydrologique du Chott El Hodna (Algérie) Mémoire de Magistère. Université de Constantine.
- Bounab ch. (2018). Phénologie et structure des Tadornes (Tadorne de Belon et casarca) dans le Chott El-Hodna (wilaya de. UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES.
- Bouزيد, A, Amrani, M, & Djemai, M. (2023). Soil salinity patterns and halophytic vegetation in arid wetlands: Case of Chott El Hodna (Algeria). *Arid Land Research and Management*.
- Braeckman, U, Provoost, P, Moens, T, Soetaert, K, Middelburg, J, & Vanaverbeke, J. (2010). Biological vs. physical control of carbon and nitrogen cycling in Radicibacter-enriched marine sediments. *Biogeochemistry*. Braeckman, U. P. (s.d.).
- Bremond, P, & Vuichard, R. (1973). *Écologie des eaux continentales*. Paris : Masson.
- Brittain, J, & Sartori, M. (2003). Ephemeroptera (Mayflies). Dans v Resh , & T. Cardé , *Encyclopedia of insects* (pp. 373-380). Academic Press.
- Brtek, J., & Mura, G. (2000). Revised key to families and genera of the Anostraca with notes on their geographic distribution. *Crustaceana*, 73(3), 271–286.
- Brusca, R, & Brusca, G. (2003). *Invertebrates* (2nd ed.). Sinauer Associates.
- Charef, A, Hadj-Zobir, S, & Remini, B. (2022). Groundwater salinization and overexploitation in semi-arid wetlands: A case study of Chott El Hodna, Algeria. *Environmental Earth Sciences*.
- Chenchouni, H. (2022). Soil salinization and agricultural constraints in semi-arid wetlands: The case of Chott El Hodna, Algeria. *Land Degradation & Development*.

- Chikouche, I., & zerguine h. (2000). Inventaire préliminaire de la faune mammalienne, herpétologique et aviaire du Chott El-Hodna. thèse de doctorat.
- Convention de Ramsar;. (2013). Les zones humides : Des milieux de vie essentiels pour l'homme et la nature. Secrétariat de la Convention de Ramsar sur les zones humides.
- Corbet, P. (1999). Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata. Cornell University Press.
- Dajoz, R. (1995). Précis d'écologie (7e éd.). Dunod.
- Daly, A, Baetens, J, & De Baets, B. (2018). Ecological diversity: Measuring the unmeasurable. Mathematics.
- Derdour, A, Menasria, T, & Boukhemis, K. (2021). Diversité microbienne des milieux hypersalins du Chott El Hodna. African Journal of Environmental Microbiology, 19(1), pp. 44-56.
- Dinon, J. (2008). Paramètres physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Presses Universitaires de Namur.
- Djellit, H, Boukerbout, H, & Mebarki, A. (2021). Sedimentary evolution and paleoenvironmental reconstruction of the Cretaceous series in the Hodna Basin (north-central Algeria). Cretaceous Research, 123, 104774.
- Djellouli, M, Hamdi, A, & Cherif, F. (2022). Environmental significance and conservation challenges of Chott El Hodna wetland, Algeria. African Journal of Environmental Science and Technology, 16(7), pp. 301-310.
- Djellouli, Y, & Daget, P. (1987). Les étages bioclimatiques de l'Algérie. Ecologia Mediterranea.
- Djidel, M, Meddi, M, & Toumi, S. (2021). Impacts of climate change and anthropogenic activities on the hydrological balance of Chott El Hodna, Algeria. Environmental Earth Sciences, 80, 598.
- Dufour, s., & hervè piègay. (2008). rivières et zones humides:fonctionnement et gestion. paris: dunod.
- Dynesius, M, & Nilsson, C. (1994). Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. Science.

El Bliidi, S, Bouzid, A, & Halla, D. (2003). Analyse de la variabilité du pH dans les plans d'eau du Nord de l'Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 16(1).

FAO. (2025). The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gèrino m, colas f, solimini a, battin t, gafny s, morais m, . . . julien f. (2020). macroinvertebrate community traits and nitrate removal in stream sediments. *hydrobiologia*.

Gullan, P, & Cranston, P. (2014). *The insects: An outline of entomology* (5th ed.).

Haiahem, S, Samraoui, B, & Bensouilah, T. (2017). Les mares temporaires dans les régions arides et semi-arides d'Algérie : Écologie et enjeux de conservation. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 39(1).

Hanot, c. (2023). rapport de stage-diplome de spécialisation en enseignement de la biologie (svt). lille: université de lille.

Haouchine, S. (2011). Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de la qualité des eaux : Cas de l'oued Sebdu (Tlemcen). Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen.

Henri, t., (2017). suivi écologique des macroinvertèbrès benthiques et analyse de la qualité des eaux de l'oued rhumel (constantine, algérie). constantine: université frères mentouri constantine 1.

Henri, t., Pierre, r., Michel, b., & philippe, u.-p. (2010). invertèbrès d'eau douce: systématique, biologie, écologie. paris: cnrs éditions.

Hering, D., Verdonschot, P. F. M., Moog, O., & Sandin, L. (2006). Integrated assessment of running waters in Europe: The AQEM/STAR approach. *Hydrobiologia*, 566(1), 1–5.

Holzenthal, R, Blahnik, R, Prather, A, & Kjer, K. (2007). Order Trichoptera. Dans G. Foottit, & H. Adler, *Insect biodiversity: Science and society* (pp. 881-917). Blackwell Publishing.

Hutchinson, G. (1987). *A Treatise on Limnology, Volume III: Limnological Botany*. Wiley.

Jafza. (2021). rapport internesur les contrats signès. dubai, emirats arabes unis: jebel ali free zone authority.

Jean, C, & Franco, A. (1995). Géographie physique de l'Algérie : reliefs, climats et paysages. Éditions du Maghreb.

Jisha, K, & Puthur, J. (2021). Ecosystem services and ecological importance of wetlands: A review. Environmental Challenges.

Kaabèche, M. (1990). Étude géographique et morphologique des Hautes Plaines de l'Est algérien (Mémoire de Magistère). Université d'Alger.

Khaldi, H, Merzouki, M, & Zerguine, S. (2023). Caractéristiques hydrologiques des chotts du centre algérien : cas du Chott El Hodna. Revue Maghrébine de Géographie et d'Environnement, 18(1).

Khaldi, R, Benslama, M, & Zennadi, A. (2022). Soil alkalinity and vegetation response in semiarid ecosystems: Case study of Chott El Hodna, Algeria. Journal of Arid Soils and Rehabilitation, pp. 279–294.

Kharroubi, A, Gharbi, F, & Drouiche, N. (2020). Soil behavior and seasonal variability in marginal zones of Chott El Hodna (Algeria). Catena.

Khelifa, A, Toumi, S, & Boudiaf, B. (2022). Hydrological and geomorphological characterization of the Hodna Basin in semi-arid Algeria. Environmental Earth Sciences, 81(4).

Kherbouche, F, Mebarki, A, & Boudjema, A. (2018). Jurassic carbonate platform evolution in relation to fault activity in the eastern Hodna Mountains (Algeria). Journal of African Earth Sciences, 145, pp. 124–135.

Krebs, C. (1994). Ecological methodology (2nd ed.). HarperCollins College Publishers.

Lawrence, J, & Newton, A. (1995). Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). Dans J. Pakaluk, & A. Slipinski, Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera: Papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson (pp. 779–1006). Muzeum i Instytut Zoologii PAN.

Lecerf, A, Dobson, M, Dang, C, & Chauvet, E. (2006). Linking response of leaf litter decomposition to riparian plant diversity and stream trophic status. Ecology, 87(3).

Lounaci, A. (2005). Impacts des activités humaines sur la biodiversité aquatique en Algérie.

Séminaire sur la biodiversité en Algérie, Université de Béjaïa.

McAlpine, J. (1989). Manual of Nearctic Diptera (Vol. 3). Agriculture Canada Monograph No. 32.

McCafferty, W. (1998). Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives.

Mebarki, A, Guiraud, R, & Bessaoud, B. (2022). Geodynamic evolution and structural framework of the Hodna Basin (north-central Algeria): Interplay between sedimentation and tectonics. *Tectonophysics*, 830, 229156.

Mebarki, A., Bessedik, M, & Bouzenoune, A. (2020). Structural and geological evolution of the Hodna region (Algeria): An intersection zone between the Tellian and Saharan Atlases. *Arabian Journal of Geosciences*, 13., p. 450.

Meddi, M, Toumi, S, & Achour, H. (2023). Hydrological variability and ephemeral stream dynamics in semi-arid basins: Case study of Chott El Hodna, Algeria. *Hydrological Sciences Journal*, 68(2), pp. 211-225.

Meddi, M; Toumi, S; Assani, A. (2020). Hydroclimatic variability and water balance in endorheic basins: Case of Chott El Hodna (Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1123.

merritt r, cummins k, & berg m. (2019). an introduction to the aquatic insects of north america . kendall hunt publishing.

Merritt, R, & Cummins, K. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America (3rd ed.).

Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America (3rd ed.). Kendall/Hunt Publishing Company.

Meziane, T. (2009). *Écologie des communautés: Structure, fonctionnement et méthodes d'analyse*. Presses Universitaires de Rennes.

Mimeche, F. (2014). Influence de la température sur la distribution des macroinvertébrés benthiques dans les écosystèmes aquatiques du nord de l'Algérie. Thèse de doctorat, Université de Tizi-Ouzou.

- Mimoun, A. (1995). Analyse géomorphologique du piémont sud des monts de l'Ouled Naïl : Cas de Boussaâda (Mémoire de Magistère). Université de Batna.
- Moisan, J, & Pelletier, L. (2008). Les macroinvertébrés benthiques d'eau douce : Bioindicateurs de la qualité de l'eau. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.
- Moison, M, Usseglio-Polatera, P, & Meyer, A. (2010). Les macro-invertébrés benthiques : Biologie, écologie, métrologie (2e éd.). Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).
- Morse, J, Yang, L, & Tian, L. (2019). Phylactic catalog of world Trichoptera. Zoosymposia.
- Muller, F. (1985). Écologie: Approche scientifique et pratique. Gauthier-Villars.
- Onyenwe, E. (2017). Effects of pH variations on the distribution of benthic macroinvertebrates in freshwater ecosystems. *Journal of Aquatic Sciences and Environmental Management*, 21(2), pp. 145-152.
- 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*, pp. 209228.
- Ozenda, P. (1982). Les végétations sahariennes: Étude phytoécologique et biogéographique. CNRS Éditions.
- Pearson, T, & Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 16.
- Pereira, H, Ferrier, S, Walters, M, Geller, G, Jongman, R, Scholes, R, & Bruford, M. (2013). Essential biodiversity variables. *Science*, 339(6117). *Science*, 339(6117).
- Plafkin, J., Barbour, M, Porter, K, Gross, S, & Hughes, R. (1989). Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards.

Rahmani, L, Toumi, N, & Chellat, R. (2023). Constraints and management strategies of calcareous soils in arid ecosystems: A case study from Chott El Hodna, Algeria. *Arid Land Studies Journal*.

Ramade, F. (1982). *Éléments d'écologie appliquée*. Paris : Éditions McGraw-Hill.

Ramade, F. (1984). *Éléments d'écologie: Écologie appliquée (2e éd.)*. Ediscience.

Ramade, F. (2003). *Éléments d'écologie: Écologie fondamentale (3e éd.)*. Dunod. Ramade,

F. (2003). *Éléments d'écologie: Écologie fondamentale (3e éd.)*. Dunod.

Resh, V, & Jackson, J. (1993). Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. Dans M. Rosenberg , & v. Resh, *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (pp. 195–233).

Rouse, G, & Pleijel, F. (2001). *Polychaetes*. Oxford University Press.

Ruppert, E, Fox, R, & Barnes, R. (2004). *Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach (7th ed.)*. Brooks/Cole, Cengage Learning.

Sanogo, Y. (2014). *Étude écologique des macroinvertébrés benthiques dans les plans d'eau du district de Bamako* . Mémoire de master, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako.

Semaroui, S, Benslimane, A, & Houhamdi, M. (2006). *Contribution à l'étude des zones humides des Hautes Plaines centrales : Cas du Chott Zahrez et sites associés (Mémoire de Magistère)*. Université de Sétif.

Sharitz, R, & Batzer, D. (1999). *Functional roles of invertebrates in freshwater wetlands: Implications for ecosystem conservation*. Wetlands.

Skinner, J, & Zalewski, M. (1995). *Functions and values of wetland ecosystems*. International Centre for Ecology. Polish Academy of Sciences.

tachet h, richoux p, bournaud m, & usseglio-polatera. (2010). *invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie (2e éd)*. cnrs éditions.

Tachet, H, Richoux, P, Bournaud, M, & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce: Systématique, biologie, écologie (2e éd.)*. CNRS Éditions.

tenkiano, n. (2019). développement des capacités de gestion en Afrique subsaharienne francophone: cas de la Guinée. Paris : gouvernement du Québec.

Tenkiano, S. (2017). Étude des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de la qualité de l'eau : Cas du marigot Djoué à Brazzaville. Mémoire de master, Université Marien Ngouabi.

Touati, A, Bekkouche, S, & Djellit, M. (2020). Evolution géomorphologique du Chott El Hodna : influence des facteurs tectoniques et climatiques. *Journal Algérien des Sciences de la Terre*, 12(3), pp. 213-227.

Toubal, A. (1986). Contribution à l'étude du climat et de la topographie des Hautes Plaines algériennes [Mémoire de Magistère. Université d'Alger.

Troussellier m, & Legendre p. (2003). *écologie microbienne des eaux douces*. France: presses universitaires de France.

UNESCO. (2023). *Water Resources and Climate Challenges in Semi-Arid Regions of North Africa*. Paris: UNESCO Publishing.

Wallace, & Webster. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*.

wallace, & webster. (2021). stream detritus dynamics: regulation of decomposition and heterotrophic biofilms. *annual review of ecology, evolution and systematics*, pp. 495-516.

Zerarka, A, Mebarki, A, & Guiraud, R. (2020). Paleogene sedimentary dynamics and paleoenvironments of the Hodna Basin (north-central Algeria): Implications for post-orogenic evolution. *Basin Research*, 32(5).

Zerouak, A, Bensaci, E, & Houhamdi, M. (2009). Données sur la biodiversité floristique et faunistique du Chott El-Hodna.

Zerrouki, H, Bouziane, M, & Talbi, L. (2023). Hydro-ecological assessment and eco-touristic potential of Chott El Hodna, Algeria. *Journal of Arid Regions and Environmental Studies*, 14(1), pp. 25-39.

Zerrouki, H, Kherici, N, & Bensaibi, M. (2023). Hydro-salinity dynamics and ecological vulnerability of Chott El Hodna (Algeria) under arid climate conditions. *Wetlands Ecology and Management*.

ملخص:

أظهرت الدراسة التي أجريت في وادي بانيو، الواقع في منطقة شط الحضنة، عن مستوى ملحوظ من التنوع البيولوجي داخل مجتمع ال فقاريات المائية الكبيرة خ ل الفترة من فبراير إلى أبريل 2025.

ساهم التباين البيئي بين المحطات الاربع التي تم أخذ العينات منها، إلى جانب التقلبات في الظروف المناخية وخاصة درجة الحرارة والرطوبة وهطول الامطار وفترات أخذ العينات دورًا مهمًا في تشكيل بنية الكائنات الحية لهذا المجتمع البيولوجي عبر كل من المحطات، كما ينعكس في العديد من المؤشرات البيئية المحسوبة. أشار مؤشر شانون للتنوع إلى مستويات مختلفة من التنوع البيولوجي، بينما أبرز مؤشر ثراء انواع التمثيل النسبي للعديد من رتب الحشرات، وأبرزها غمديات الاجنحة وذوات الاجنحة ونصفيات الاجنحة واليعسوبيات. ساعد مؤشر الهيمنة في تحديد الاصناف السائدة في كل محطة، بينما قيم مؤشر انصاف التوازن في توزيع انواع داخل المجتمع.

تؤكد النتائج، المستندة إلى جمع 558 فرداً موزعة على أصناف الحشرات والقشريات ونوع واحد من البرمائيات من رتبة البرمائيات، حساسية هذه النظم البيئية للتغيرات المناخية والفيزيائية والكيميائية. وتؤكد هذه النتائج على أهمية ال فقاريات الكبيرة كمؤشرات حيوية فعّالة لتقييم جودة المياه وفهم الديناميكيات البيئية المكانية والزمانية.

الكلمات المفتاحية: شط الحضنة، اللافقاريات الكبيرة المائية، التنوع البيولوجي، المؤشرات البيئية، التغيرات المناخية الفيزيائية والكيميائية.

Rèsumè :

L'étude menée dans la vallée de Baniou, située dans la région de Chott El Hodna, a révélé un niveau remarquable de biodiversité au sein de la communauté des macro-invertébrés aquatiques durant la période de février à avril 2025. La variation environnementale entre les quatre stations d'échantillonnage, ainsi que les fluctuations des conditions climatiques, notamment la température, l'humidité et les précipitations, ont joué un rôle important dans la structuration de cette communauté biologique. Une variation marquée dans la distribution et l'abondance des organismes vivants a été observée entre les stations et les périodes d'échantillonnage, comme le reflètent plusieurs indices écologiques calculés. L'indice de diversité de Shannon (H') a indiqué différents niveaux de biodiversité, tandis que l'indice de richesse spécifique a mis en évidence la représentation relative de plusieurs ordres d'insectes, notamment les coléoptères, les diptères, les hémiptères, ainsi que les odonates. L'indice de dominance est permis d'identifier les taxons dominants dans chaque station, tandis que l'indice d'équitabilité a évalué l'équilibre dans la distribution des espèces au sein de la communauté. Les résultats, basés sur la collecte de 558 individus répartis entre insectes, crustacés et une seule espèce appartenant à l'ordre des amphibiens,

soulignent la sensibilité de ces écosystèmes aux changements climatiques, physiques et chimiques. Ces résultats confirment l'importance des macro-invertébrés en tant qu'indicateurs biologiques efficaces pour l'évaluation de la qualité de l'eau et pour la compréhension des dynamiques environnementales spatio-temporelles.

Mots clés : Chott El Hodna ,Macro-invertébrés aquatiques, biodiversité, Indicateurs écologiques, Changements climatiques physiques et chimiques.

Abstract:

The study conducted in the Baniou Valley, located in the Chott El Hodna region, revealed a remarkable level of biodiversity within the macro-aquatic invertebrate community during the period from February to April 2025. The environmental variation among the four sampled stations, along with fluctuations in climatic conditions particularly temperature, humidity, and precipitation played a significant role in shaping the structure of this biological community. A clear variation was observed in the distribution and abundance of living organisms across the stations and sampling periods, as reflected by several calculated ecological indices. The Shannon diversity index (H') indicated varying levels of biodiversity, while the species richness index highlighted the relative representation of several insect orders, most notably Coleoptera, Diptera, Hemiptera, and Odonata. Dominance indices helped identify the dominant taxa at each station, while the equitability index assessed the balance in species distribution within the community. The results, based on the collection of 558 individuals distributed among insect and crustacean taxa, along with a single species belonging to the order Amphibia, underscore the sensitivity of these ecosystems to climatic, physical, and chemical changes. These findings emphasize the importance of macro-invertebrates as effective bioindicators for assessing water quality and understanding spatial and temporal environmental dynamics.

Key words: Chott El Hodna, aquatic Macroinvertebrates, biodiversity, Environmental indicators, Physical and chemical climate changes..