République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD - TLEMCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche

« Valorisation des actions de l'homme pour la protection de L'Environnement et application en santé publique »

MEMOIRE

Présentée par :

Gherbi Cherifa

En vue de l'obtention du

Diplôme de Master

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Science de la mer

Thème

Évaluation de la qualité d'eau du barrage Boughrara par utilisation des paramètres physico chimique et les Macro invertébrés comme bio-indicateurs

Soutenu le 30/06/2025 devant le jury composé de :

Mme DAMERDJI Amina	**Professeur a la faculté des sciences**	**Présidente**
Mme BEMMOUSSAT DEKKAK Soumya	**MCB Université de Tlemcen**	**Encadrante**
Mr MESTARI Mohamed	**MAA Université de Tlemcen**	**Examinateur**

Année universitaire : 2024 /2025

Remerciements

Je tiens, en tout premier lieu, à remercier Allah, Le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la santé, la patience et la persévérance nécessaires à l'aboutissement de ce travail. Louange à Lui, qui éclaire nos pas et soutient nos efforts.

J'exprime ma profonde gratitude à Madame BEMMOUSSAT DEKKAK Soumya, ma directrice de mémoire, pour son encadrement rigoureux, sa disponibilité constante et la qualité de ses conseils. Sa bienveillance et son expertise ont été des atouts précieux tout au long de cette étude.

Je remercie également les membres du jury, Mme DAMERDJI Amina, et Mr MESTARI Mohamed pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour leurs remarques constructives, qui ont enrichi ce mémoire.

Ma reconnaissance va également à Monsieur BEMMOUSSAT Benali, Madame BZNMOKHTAR Khadîdja et Madame OTMANI Salima, ingénieurs du laboratoire, pour leur assistance technique et leur accompagnement, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.

Dédicace

À mon père, pour son soutien indéfectible, sa sagesse et ses encouragements constants.

À ma mère, pour son amour inconditionnel, sa patience et sa foi en moi, même dans les moments les plus difficiles.

À ma sœur, pour sa présence rassurante, son écoute et ses mots réconfortants.

Et à mon frère, pour son soutien discret mais toujours présent, et pour m’avoir souvent inspiré à persévérer.

Table des Matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....1

Chapitre 01 :Synthèse bibliographique

I.1. Étude de macros invertébrées…….....5

I.1.1. Les macros invertébrées.....5

I.1.2. Morphologie…….....5

I.1.2.1. La tête…….....5

I.1.2.2. Le thorax…….....5

I.1.2.3. L'abdomen….....5

I.1.3. Utilisé d'étude des macros invertébrées…….….....6

I.1.4 L'état des connaissances sue quelques ordres d'insectes macro invertébrés benthiques……..6

I.1.4.1. Les diptères….....…….....…...7

I.1.4.2. Les Ephéméroptères…….…….….....……7

I.1.4.3 Coléoptères…….....…..8

I.1.5. L'état des connaissances sur d'autres macros invertébrées benthiques.....……8

I.1.5.1. Mollusque Gastéropodes…….....…….……9

I.1.5.2. Les Oligochètes……...…….....…….....…….9

I.1.6 Importance des macros invertébrées…….....…….....……9

I.1.6.1. La détermination de la qualité de l'eau par les macros invertébrées (bio indicateurs)……..……10

I.1.6.2.Macro invertébrés et transformation de la matière organiq…….....…10

1.1.6.3. Les macros invertébrées dans le régime alimentaire des écosystèmes d'eau douce…….....10

Chapitre 02 : Milieu d'étude

II.1 Présentation de la zone d'étude……..…….....11

II.1.1 Description physique……..…….....12

II.1.1.1. Reliefs…….....….12

II.1.1.2. Impact Humain sur le Relief…….…….....….12

II.1.2. Etude bioclimatique.…….....……12

II.1.3. Paramètres climatologique……..…….....…….13

II.1.3.1 Température…….…….....…….13

II.1.3.2. Précipitation……..…….....……14

II.1.3.3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN(1953….....15

II.2.3.4. Climato gramme d'EMBERGER …….....……..….16

Chapitre 03 : Matériel et méthodes.

III.1. Description des sites d'études……... ……. ...….....…….…19

III.1.1. Choix et localisation des sites d'études...…….....……19

III .1.1.1. Présentation de station 1 (amont du barrage)…. …….....19

III.1.1.2. Présentation de station 2(A proximité du barrage)….....……..20

III.1.1.2. Présentation de station 3 (aval du barrage)…….…….....……20

III.2. Matériels et méthodes d'étude…….....…….21

III.2.1. les paramètres physico chimiques…….…….....……..…21

III.2.1.1. La température (^{0}C)…… …….....……..…..21

III.2.1.2. L'oxygène dissous (exprimé en mg/Id'O_2)…….. ….….21

III.2.3. Le pH…….....……..…...22

III .2.1.4. La conductivité (CE)…… …….....……22

III.2.1.5. les Nitrates(NO_3)…… …… ……..…..……..22

III.2.1.6. Les nitrites (NO_2)…… ……...…….... 22

III.3. Étude de la faune des macros invertébrés.....22
III.3.1. Méthode de prélèvement sur le terrain.....22
III.3.1.1. Plan d'échantillonnage.....22
III.3.1.2. Périodicité des sorties sur terrain.....23
III.3.2. Matériel d'étude.....23
III.3.2.1. Sur l terrain.....23
III.3.2.2. Au laboratoire.....24
III.3.3. Étapes de traitement.....25
III.3.4. Pré-tri et conservation des échantillons.....25
III.3.4.1. Tri et identification.....26
III.4. Étude indicielle.....26
III.4.1. Étude de la diversité.....26
III.4.1.1. Abondance relative.....26
III.4.1.2. Richesse spécifique.....26
III.4.1.3. Indice de diversité Shannon-Wiener.....27
III.4.1.4. Indice NLBI.....27

Chapitre 04 : Résultats et discussion

IV.1. Analyse de la composition faunistique.....30
IV.1.1. Analyse de la composition mensuelle au niveau des trois statio.....33
IV.1.1.2. Variations temporelles de la richesse taxonomique.....35
IV.1.1.3. Etude Indicielle.....35
IV.2.1. Principaux groups d'invertébrés ren.....36
IV.3. Détermination des conditions physicochimiques.....38
IV.3.1. Analyse des paramètres physicochimiques.....38
IV.4. Discussion 41
Conclusion générale.....44
Références bibliographiques.....48

.Liste des tableaux

Tableau 1	Donnée géographiques de la station météorologique de Maghnia (Google Earth, 2025)	13
Tableau 2	Calcul de Q2 des stations d'étude	17
Tableau 3	Calendrier des prélèvements	23
Tableau 4	L'échelle de transformation du NLBI en LWQC, degré de pollution et code couleur	28
Tableau 5	Check-list des macros invertébrées récoltées	36
Tableau 6	Variation des paramètres physicochimiques	38

Liste des figures

Figure1	La morphologie de larve de Plecopteres (MOISAN, 2010)	6
Figure 2	Quelque macro invertébrée (ILLIES, 1955)	7
Figure 3	Diptères (Chironomidae) (ZERGUINE, 2010)	8
Figure 4	Éphéméroptères (Baetidae) (Clark et al., 2010)	8
Figure 5	Coléoptéres (Dytiscidae) (Panzer, 1797)	9
Figure 6	Gastéropodes (Planorbidae) (Rafinesque, 1815)	9
Figure 7	Situation du bassin versant barrage de Hammam Boughrara (Tlemcen)	12
Figure 8	Variations des Températures : moyenne , minimales et maximales de la station de Maghnia	14
Figure 9	Variation des précipitations moyennes mensuelles (2013–2023)	15
Figure 10	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN / Climato gramme d'Emberger	16
Figure 11	Climato gramme d'emberger de ka station de Maghnia (2013-2023)	17
Figure 12	Localisations des stations d'études	19
Figure 13	Station 1 en amont du barrage	20
Figure 14	Station 2 à proximité du barrage	20
Figure 15	Station 3 en aval du barrage	21
Figure 16	Filet troublant et éthanol 70%	23
Figure 17	Matériels utilisés pour l'échantillonnage	24
Figure 18	Matériel utilisé au laboratoire	25
Figure 19	Importance relative des embranchements	30
Figure 20	Importance relative en nombre des groupes zonologique établis pour les communautés macro benthiques dans trois stations	30
Figure 21	Variation mensuelle du nombre d'individus	32
Figure 22	Importance relative du nombre d'individus récoltés	33
Figure 23	Variation temporelle de la richesse taxonomique	34
Figure 24	Variation d'indices de diversité (H' Shannon-Weiner)	35
Figure 25	*Baetis* (Original)	35
Figure 26	*Aphelocheris* (Original)	36
Figure 27	*Gyrinus et Hydraena* (Original)	36
Figure 28	*Bithynia*	37
Figure 29	*Chironomus (Original)*	37
Figure 30	Variation de la température des trois stations	38
Figure 31	Variation temporelle de l'oxygène dissous des trois stations	39
Figure 32	Variation temporelle de la conductivité des trois stations	39
Figure 33	Variations temporelles de Ph des trois stations.	39

Liste des abréviations

µS /cm : micro siemens /centimètre

A.P.C : Assemblée Populaire Communale

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts

BV : Bassin versant

C : Carnivores

C° : Degré Celsius

CDT : Conductivité

C-f : Collecteurs Filtreurs

C-g : Collectors, Gathers

CW.55 : Chemin Wilaya N° 55

DRE : Direction Des Ressources En Eau

EAB : En Amont du Barrage (Station 1)

APB : À Proximité du Barrage (Station 2)

EVB : En Aval du Barrage (Station 3)

E : Est

ETM : éléments traces métalliques

G : Grazers

g/l : Gramme par litre

h : Heure

H : Humidité

K° : Kelvin

Km/h : Kilomètre par heure

M2 : mètre carré

Max : Maximum

MES : Matières en suspension

Min : Minimum

mm : millimètre

Moy : Moyenne

N : Nord

P (mm) : précipitations moyennes annuelles en mm

P.N.T : Parc National Tlemcen

pH : Potentielle Hydrogène

Ph : Phytophages

Phz : Phytozoophages

Prd : Prédateurs

Prd-Frc : Prédateurs féroces

Q2 : quotient pluviométrique

RDX : Potentiel redox

S : Salinité

S : Shredders

Scr : Scrapers

T (°C) : Température moyenne en degré Celsius

TM (°C) : Température maximale en degré Celsius

Tm (°C) : Température minimale en degré Celsius

TRBT : Turbidité

URBAT : Centre d'Études & de Réalisation en Urbanisme Spa

V:Vent

Introduction

Introduction

L'eau et les ressources biologiques des divers milieux aquatiques ont toujours occupé une place centrale parmi les ressources naturelles essentielles à la vie humaine. Il n'est donc pas surprenant que, dès le début du Néolithique, les premières civilisations se soient généralement établies dans des plaines alluviales, souvent sur les rives de fleuves **(RAMADE, 1998).** Les cours d'eau abritent principalement des macro-invertébrés, constituant la majorité du peuplement benthique. Ces organismes incluent des larves d'insectes, des crustacés, des mollusques, des némathelminthes et des annélides, se trouvant généralement près du fond. La diversité et l'abondance de ces macro-invertébrés dépendent largement des conditions environnementales, telles que la vitesse du courant, la température et la nature du substrat, qui influencent leur répartition dans le ruisseau. Ainsi, le peuplement faunistique des écosystèmes aquatiques est continuellement affecté par la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Seules les espèces adaptées aux divers types d'habitats de la mosaïque fluviale, en termes de caractéristiques biologiques et de préférences écologiques, y sont présentes **(TOWNSED et al., 1994).**

Le changement climatique n'affecte pas uniquement les systèmes physiques, tels que les cours d'eau, mais exerce également une influence notable sur de nombreuses espèces qu'ils abritent, en particulier les macro-invertébrés benthiques. À ce phénomène mondial s'ajoutent diverses pressions anthropiques, notamment l'urbanisation, les pratiques agricoles intensives et la prolifération des barrages-réservoirs dans certaines régions. L'interaction de ces facteurs peut entraîner des effets significatifs sur les processus d'eutrophisation des écosystèmes aquatiques, altérant la productivité biologique et le métabolisme des cours d'eau, augmentant la toxicité des contaminants, et contribuant à la perte de biodiversité aquatique **(KAUSHAL et al., 2010).**

L'évaluation de la qualité de l'eau dans les réservoirs de barrages est essentielle pour comprendre l'impact de ces infrastructures sur les écosystèmes aquatiques. Des études ont démontré que la mise en eau de tels barrages peut modifier significativement les paramètres physico-chimiques de l'eau, influençant ainsi la biodiversité et la santé des écosystèmes aquatiques. D'après (**RICHARD et al., 2000)** des variations dans la qualité physico-chimique de l'eau et des émissions de méthane dans le réservoir hydroélectrique de Petit Saut en Guyane française ont été observées après sa mise en eau.

Les macro-invertébrés benthiques, en raison de leur nature sédentaire, constituent de précieux indicateurs des conditions locales **(CAMARGO et al., 2004 ; PELLETIER, 2007).** Contrairement aux analyses chimiques, les macro-invertébrés benthiques permettent de

détecter des perturbations passées, même si leurs effets ne sont plus présents au moment de l'échantillonnage **(CHESSMAN, 1995).**

Certains groupes de macro-invertébrés aquatiques sont plus sensibles à la pollution que d'autres. Ainsi, la présence d'un grand nombre de taxons est généralement considérée comme un indicateur d'une eau de bonne qualité **(SHABANI et al., 2019).** La pollution peut fortement perturber leur développement, leur croissance, leur reproduction et leur survie. En revanche, d'autres organismes d'eau douce se distinguent par leur capacité à tolérer des conditions dégradées. Ces espèces dites « résistantes » peuvent survivre dans des milieux fortement pollués.

C'est pourquoi les algues, les invertébrés aquatiques et les poissons sont classés en espèces « sensibles » ou « résistantes », ce qui permet de les utiliser comme bio indicateurs pour évaluer la qualité des eaux et calculer des indices d'intégrité biotique **(DAMBRI, 2021).**

La protection globale des écosystèmes lacustres repose sur une connaissance approfondie de leur état écologique. Il est donc essentiel d'étudier non seulement les paramètres physico-chimiques de l'eau, mais également les communautés animales et végétales qui y vivent **(SCHOWERBEL, 1987).** Or, la qualité des eaux s'est fortement dégradée ces dernières années, sous l'effet des rejets industriels non maîtrisés, de l'usage intensif de pesticides, de fertilisants et de produits phytosanitaires en agriculture, ainsi que de l'exploitation excessive des ressources hydriques **(ZHANG et al., 2009 ; LAVANDIER et al., 2013).**

Certaines études concernant les macros invertébrées ont été réalisées au niveau des lacs en Algérie à savoir (**BOUDIFFA, 1993 ; ATTOU, 2014 ; KHEDIMELLAH et al., 2016 ; KEBABSA et al., 2019 ; BENZINA, 2019 ; BEN SLIMA et al., 2020 ; DJETLI, 2021 ; DJETLI, 2021 ; ZIAR et al., 2022 ; SNOUCI, et al., 2023 ; SALHI et al., 2024).**

L'objectif de ce travail est de réaliser une évaluation globale de la qualité écologique de l'eau du barrage Boughrara, en combinant des analyses physico-chimiques et biologiques (macro-invertébrés), afin d'identifier les éventuelles pressions anthropiques, de comparer les résultats aux standards écologiques de référence.

Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

I.1. Etude des macros invertébrées

I.1.1. Les macros invertébrées

Les macro-invertébrés benthiques sont des organismes aquatiques qui résident principalement au fond des cours d'eau ou à proximité, tout au long de leur cycle de vie. Ces organismes, dépourvus de colonne vertébrale, sont généralement visibles à l'œil nu **(MOISAN, 2010)**. Ils sont présents et abondants dans tous les types de cours d'eau, qu'ils soient petits ou grands **(CESSMAN, 1995 ; CAMARGO et al., 2004 ; PELLTIER, 2007).**

Les macro-invertébrés benthiques, en tant qu'organismes sédentaires au cycle de vie prolongé, possèdent une grande variété de réponses aux différentes perturbations et jouent un rôle essentiel dans le réseau trophique en servant de nourriture pour les poissons et les oiseaux **(MOISAN, 2010).**

I.1.2. Morphologie

Les macros invertébrées benthiques sont principalement composées d'insectes aquatiques. Leur présence dans l'eau se manifeste sous différentes formes, selon leur cycle biologique : larve, nymphe, adulte En règle générale, leur morphologie se divise en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

I.1.2.1. La tête : Issue de la fusion de six segments (métamères), cette division est perdue, et la tête apparaît sous la forme d'une capsule plus ou moins ovoïde. Elle joue un rôle essentiel, étant un véritable centre de contrôle avec les antennes, les yeux et de nombreux poils sensitifs situés sur les pièces buccales ou ailleurs **(VINCENT, 2010).**

I.1.2.2. Le thorax : Composé de trois segments, chacun portant une paire de pattes. Le premier segment, situé près de la tête, est appelé le prothorax, le segment intermédiaire est le mésothorax, et celui rattaché à l'abdomen est le métathorax. Les ailes, lorsqu'elles sont présentes, sont obligatoirement attachées au mésothorax et au métathorax **(VINCENT, 2010).**

I.1.2.3. L'abdomen : Composé de jusqu'à 11 segments, il constitue généralement la partie la plus volumineuse du corps des insectes. Il renferme la majeure partie des viscères, le sang, ainsi que les organes respiratoires et reproducteurs. Les segments disparus sur la tête, souvent cachés par les ailes sur le thorax, sont bien visibles sur l'abdomen **(VINCON, 2010)** (Figure 01).

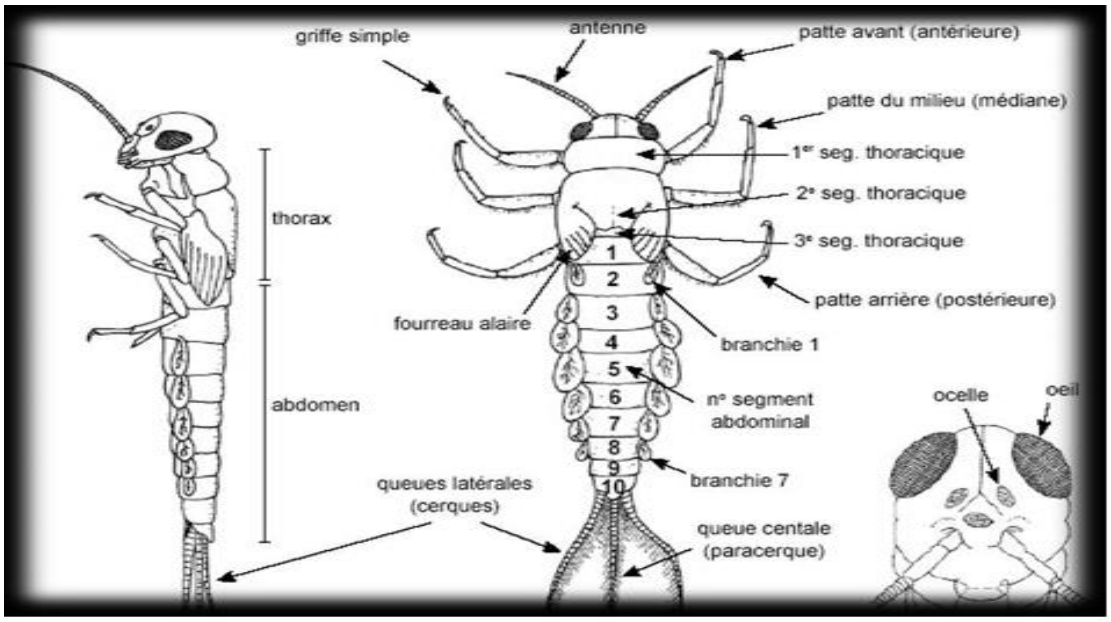


Figure 1 : La morphologie de larve de Plécoptères (MOISAN, 2010).

I.1.3. Utilité d'étude des macros invertébrées

Les macros invertébrées benthiques sont largement reconnues comme d'excellents indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques. Leur présence et leur diversité reflètent les effets cumulatifs et combinés des perturbations physiques, chimiques et biologiques qui affectent les mares. Cela en fait un outil précieux pour mesurer l'impact réel de la pollution ainsi que des altérations des habitats aquatiques et riverains.

Leur suivi permet notamment de :

.Diagnostiquer l'état écologique d'un écosystème aquatique,

.Observer l'évolution de la santé d'une mare dans le temps,

.Identifier et confirmer l'impact d'une source de pollution connue sur l'intégrité de l'écosystème,

.Évaluer l'efficacité des actions de restauration environnementale (amélioration des habitats et de la qualité de l'eau),

.Recenser la biodiversité benthique d'un site donné. **(MOISSAN, 2018)**

I.1.4. L'état des connaissances sue quelques ordres d'insectes macro invertébrés benthiques

La communauté benthique, ou faune benthique, désigne l'ensemble des invertébrés vivant dans les milieux aquatiques **(ILLIES, 1955).**

Parmi eux, on distingue quelques macro invertébrés épi benthiques, qui occupent généralement la surface ou les couches superficielles des sédiments, et les organismes phréatiques, qui vivent en profondeur à l'intérieur des sédiments, à des niveaux variables **(ILLIES, 1955).**

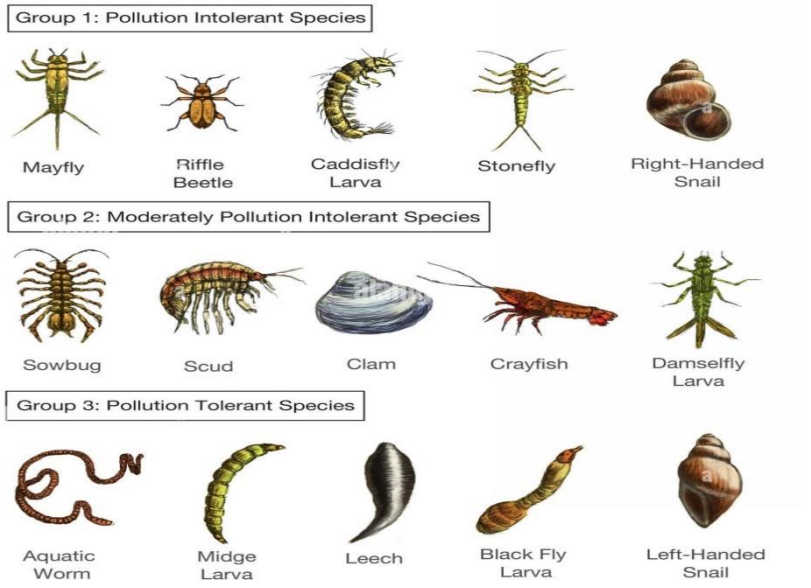


Figure 2 : Quelque macro invertébrée (ILLIES, 1955).

I.1.4 .1. Les Diptères

Les diptères représentent le deuxième ordre d'insectes le plus important après les coléoptères. Leur diversification remonte au début de l'ère secondaire. Cet ordre est divisé en deux sous-ordres, classification principalement basée sur la structure des antennes chez les adultes **(JOHANNSEN, 1977 ; RIVSCCHI, 1984, cités dans TACHET, 2000).**

Le sous-ordre des Nématocères, considéré comme le plus primitif, se caractérise par des antennes composées de plus de trois segments, même lorsqu'elles sont courtes, comme chez les Simuliidae.

À l'inverse, les Brachycères, groupe plus évolué, possèdent des antennes toujours courtes, formées de trois articles **(TACHET, 2000).** Bien que, comme les coléoptères, la majorité des diptères soient terrestres, seules quelques familles se sont adaptées entièrement à la vie aquatique. Il s'agit notamment des Blephariceridae, Ptychopteridae, Chaoboridae, Culicidae, Dixidae, Simuliidae et Thaumaleidae. Dans les autres familles, seules certaines espèces ou genres présentent des larves aquatiques, tandis que la majorité des espèces restent terrestres. Il arrive même qu'au sein d'un même genre, on trouve des espèces aquatiques, d'autres semi-aquatiques et d'autres strictement terrestres.

Figure 3 : Diptères (Chironomidae) (ZERGUINE, 2010)

I.1.4 .2. Les Ephéméroptères :

Les larves d'Éphéméroptères sont particulièrement fréquentes dans les milieux d'eaux courantes. Elles colonisent en grande partie les principaux habitats des torrents, ruisseaux et rivières, et représentent souvent le groupe dominant parmi les insectes aquatiques **(THOMAS, 1981).**

Figure 4 : Éphéméroptères (Baetidae) (Clark et al., 2010)

I.1.4 .3.Coléoptères :

Les coléoptères présentent une bonne adaptation au milieu aquatique, aussi bien à l'état larvaire qu'adulte, et figurent parmi les insectes les plus primitifs sur le plan phylogénétique.

Deux familles semi-aquatiques les Hydraenidae et les Staphylinidae, sont fréquemment observées à proximité immédiate de la zone aquatique, notamment dans le premier mètre en bordure d'eau. Ces espèces sont caractérisées par une respiration aérienne. Parmi les coléoptères présents directement dans l'eau, les Dytiscidae, les Staphylinidae et les Hydraenidae dominent en termes d'abondance **(AUBER, 1976 ; DEJOUX et al., 1983, cités dans ANDRE, 2001).**

Figure 5 : Coléoptères (Dytiscidae) (Panzer, 1797)

I.1.5. L'état des connaissances sur d'autres macros invertébrées benthiques:

I.1.5. 1. Mollusques Gastéropodes :

Les mollusques sont des animaux invertébrés triploblastiques, à symétrie bilatérale fondamentale (**MAISSIAT et al., 2005).** Leur corps est mou et, chez la majorité des espèces, protégé par une coquille rigide externe **(MOISAN, 2010).**

Parmi eux, les gastéropodes forment une classe caractérisée par une asymétrie anatomique résultant d'un phénomène de torsion qui affecte l'ensemble du corps, y compris la coquille, généralement spiralée. Toutefois, certaines familles comme les Planorbidae est une coquille discoïde plate, faisant partie des escargots d'eau.

Figure 6 : Gastéropodes (Planorbidae) (Rafinesque, 1815)

Les gastéropodes d'eau douce sont regroupés en deux sous-classes principales :

.Les prosobranches, d'origine marine, que l'on retrouve parfois en eaux saumâtres,

.Les pulmonés, d'origine terrestre, dont l'adaptation à l'eau douce est apparue plus tardivement

(TACHET, 2000).

I.1.5.2. Les Oligochètes

Les oligochètes sont des organismes à corps mou, allongé et cylindrique, constitué de segments répétitifs. Chaque segment porte de petites soies, parfois à peine visibles. Certains oligochètes ressemblent fortement aux vers de terre que l'on trouve dans les jardins **(MOISAN, 2010)**. Sur le plan de la classification, la systématique des oligochètes a été révisée par **(BRINKRUST, 1986).** Deux groupes auparavant inclus dans cette classe en ont été exclus : les Aeolosomatidae et les Branchiobdellidae.

I.1.6. Importance des macros invertébrées :

Les macros invertébrées benthiques constituent un élément essentiel des écosystèmes d'eau douce. Ils représentent une source alimentaire pour de nombreuses espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Ce groupe est extrêmement varié, et les organismes qui le composent montrent des degrés de sensibilité différents face à divers stress, tels que la pollution ou la perturbation de leur habitat. En raison de cette diversité, les macros invertébrées sont fréquemment utilisées comme indicateurs pour évaluer la santé des écosystèmes d'eau douce **(MOISAN, 2010).**

I.1.6.1. La détermination de la qualité de l'eau par les macros invertébrées (Bio indicateurs):

Les macros invertébrées benthiques sont d'excellents bios indicateurs pour évaluer la qualité des cours d'eau. Leur sensibilité variable à la pollution et leur faible mobilité les rendent représentatifs des conditions locales **(VERONIQUE, 2014 ; HESSE et al., 2014)**. Certains, comme les vers, sont tolérants, tandis que d'autres, comme les plécoptères, sont très sensibles. Leur cycle de vie long et leur abondance facilitent leur utilisation dans le suivi environnemental **(HESSE et al., 2014).**

I.1.6.2. Macro invertébrés et transformation de la matière organique :

Dans les écosystèmes aquatiques, les végétaux jouent le rôle de producteurs primaires. Une grande quantité de feuilles d'arbres tombe ou est transportée par le vent dans les eaux stagnantes ou courantes. Les macros invertébrés déchiqueteurs sont reconnus pour leur capacité à accélérer le processus de dégradation de cette litière **(ANDERSON et al., 1979 ; WEBSTER et al., 1986 ; GRACA, 2011).** Par leur consommation, ils transforment la matière organique particulaire grossière (MOPG) en matière organique particulaire fine (MOPF), laquelle est ensuite utilisable par d'autres groupes d'invertébrés, tels que les collecteurs.

Ainsi, les macros invertébrées jouent un rôle crucial dans la transformation de la matière organique et la distribution du carbone au sein des différents niveaux trophiques du réseau **(WEBSTER et al., 1986 ; SUBERKROPP, 1998 ; GESSNER et al., 1999).**

Pour comprendre précisément leur rôle dans les Processus écologiques, comme la transformation de la matière organique dans les cours d'eau, il est essentiel de les classer en fonction de leurs groupes fonctionnels trophiques **(CUMMINS, 1973).**

I.1.6.3. Le régime des macros invertébrées dans écosystèmes d'eau douce :

Les consommateurs secondaires dans la chaîne alimentaire, principalement carnivores, sont représentés par une diversité de prédateurs pouvant être aquatiques, amphibies ou terrestres **(BEAT et PIERRE, 2013).** Leur taille varie considérablement, allant de micro-organismes comme les paramécies jusqu'à de grands poissons comme le brochet.

Parmi les macros invertébrés, certains groupes sont exclusivement prédateurs, comme les odonates, tandis que d'autres, comme les planaires, les coléoptères (notamment les Dytiscidae*)* ou les hétéroptères, sont majoritairement carnivores. Quelques groupes, tels que les trichoptères, les Chironomidae ou certains crustacés, comptent aussi des représentants prédateurs.

Même chez les taxons réputés non prédateurs (gastéropodes, éphéméroptères, trichoptères), il n'est pas rare que des individus consomment des micros invertébrés en se nourrissant du matériel organique présent sur les substrats. Ces comportements opportunistes les classent plutôt comme omnivores. Les poissons, en tant que prédateurs strictement aquatiques, consomment une grande variété d'organismes : zooplancton, invertébrés benthiques ou pélagiques, voire d'autres poissons ou amphibiens. Ils sont fréquents dans les grandes mares et étangs, souvent introduits par l'homme. Toutefois, dans les petits plans d'eau temporaires, leur absence permet à d'autres prédateurs – invertébrés ou amphibiens – de dominer. Les amphibiens, à la fois au stade larvaire (têtards) et adulte (grenouilles, crapauds, tritons, salamandres), se nourrissent principalement de zooplancton et d'invertébrés, qu'ils soient aquatiques ou terrestres.

I.2. Présentation de la zone d'étude

Le barrage de Hammam Boughrara, mis en service en 1999, se situe à la confluence de l'oued Mouillah et de l'oued Tafna, à environ 10 km en aval de la ville de Maghnia, dans l'extrême nord-ouest de la Wilaya de Tlemcen, au nord-ouest de l'Algérie. Il fait partie du bassin versant de l'oued Mouillah, dont la superficie totale atteint 2000 km², une zone largement partagée avec le Maroc. Ce bassin est délimité par un périmètre de 241 km et se compose principalement des plaines d'Angad (située à Oujda, au Maroc) et de Zrigua située à Maghnia, en Algérie, **(BENADDA, 2004).**

Le réservoir du barrage est destiné à répondre aux besoins en eau potable des villes d'Oran (33 hm³) et de Maghnia (17 hm³). En outre, il prévoit un volume de 9 hm³ pour l'irrigation de la moyenne Tafna. Il possède une capacité totale de 177 hm³, un volume régularisé de 59 hm³ et une superficie de 984 ha

(**A.N.B.T, 2012).**

Le bassin versant du barrage de Hammam Boughrara couvre la partie occidentale du vaste bassin de la Tafna, qui est subdivisé en huit sous-bassins.

Les coordonnées LAMBERT X=102920, Y=185900 marquent approximativement le centre du chantier du barrage, où le lit mineur de l'oued se situe à la cote Z=250,0 m. L'environnement du barrage englobe l'ensemble des éléments de son bassin versant **(BAHLOUL, 2013).**

Le bassin du barrage de Boughrara est divisé en plusieurs zones géographiques distinctes :

Une zone montagneuse et ses piémonts, qui couvrent environ 30 % du territoire communal, avec des altitudes culminant à 1112 m. Des plateaux occupant environ 60 % de la superficie totale du territoire. Des dépressions et vallées, représentant environ 10 % de la zone, dont la plus importante est la vallée de la Tafna, qui présente une largeur variant entre 200 et 1000 m, et s'étend sur une distance d'environ 8 km **(MAHITANI, 2011).**

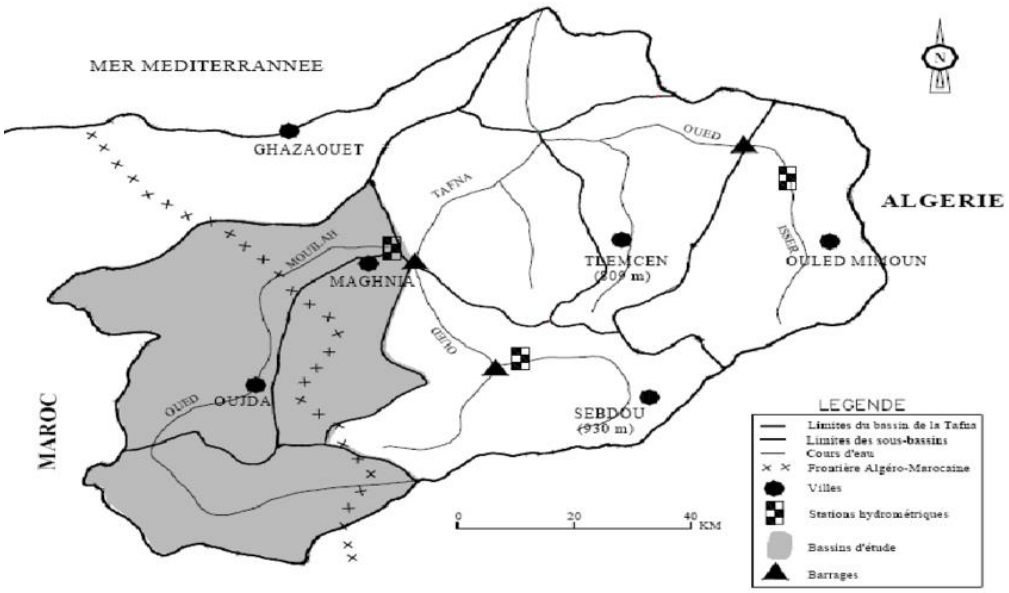


Figure 7 : Situation du bassin versant barrage de Hammam Boughrara (Tlemcen) (DJELITA et al., 2016).

I.2.1. Description physique

I.2.1.1. Reliefs

Le relief de la région est essentiellement constitué de plaines alluviales et de dunes mobiles qui couvrent de vastes étendues. Selon **(BELKACEMI et al., 2016)**, cette zone appartient à la région saharienne, où le relief est plat avec une dominance de zones sableuses et de dunes. Le climat est extrêmement aride, avec une faible pluviosité et des températures élevées pendant l'été, atteignant parfois plus de 40°C.

Les dunes sont le principal type de relief, généralement mouvantes et parfois formant des paysages spectaculaires. Selon **(BOURRAS et al., 2017)**, ces dunes peuvent varier en taille et en forme, créant des microclimats locaux mais restant largement des formations désertiques.

Plaines Alluviales: Les plaines alluviales, situées principalement autour du barrage de Boughrara, constituent des zones relativement plus plates et plus propices à l'irrigation. Elles sont déterminantes pour l'agriculture dans la région, qui dépend fortement de l'irrigation contrôlée par les infrastructures du barrage.

I.2.1.2. Impact Humain sur le Relief

Les activités humaines, notamment la construction du barrage de Boughrara, ont modifié le relief naturel de la région pour répondre aux besoins en eau des populations et des exploitations agricoles. **(TAHAR et al., 2019)** soulignent que le barrage de Boughrara a été

construit principalement pour réguler les flux d'eau, capturer les rares précipitations et stocker l'eau pour l'agriculture.

I.2.2. Etude bioclimatique

Le climat désigne l'ensemble des phénomènes météorologiques tels que la température, les précipitations, le vent, etc., qui définissent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution dans un lieu donné. Il constitue un élément fondamental dans l'analyse des différentes régions du globe.

D'après **DAJOZ (1979),** le climat représente un facteur écologique majeur, influençant directement la vie et l'évolution des écosystèmes. **FAURIE et al., (1978)** soulignent son rôle crucial dans la répartition des êtres vivants. **THINTHOIN (1948)** le considère comme un facteur préalable essentiel à toute étude portant sur le fonctionnement des écosystèmes. **BENMOUSETAFA (2004)** met en évidence l'importance déterminante du climat en région méditerranéenne, notamment dans le processus d'installation des écosystèmes. Plusieurs recherches indiquent que le climat méditerranéen agit comme un climat de transition, jouant un rôle central dans l'organisation et la stabilité des écosystèmes. Il se caractérise par des étés chauds et secs, suivis d'une saison humide correspondant aux périodes relativement fraîches de l'automne au printemps.

Pour déterminer le type de climat dominant dans la région d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de la station météorologique de Maghnia pour la période s'étendant de 2013 à 2023(Tab.1).

Tableau1 : Donnée géographiques de la station météorologique de Maghnia (Google Earth, 2025)

Station	Altitude(m)	Longitude Ouest	Latitude Nord
Maghnia	**428m**	**1° 42' 60" W**	**34° 49' 60" N**

I.2.3. Paramètres climatologiques

Les données météo des dix dernières années 2013-2023 ont été recueillies sur le site tuteimpo (https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html). Ces paramètres vont nous permettre de situer la zone d'étude au niveau de l'étage bioclimatique à partir de quotient pluviométrique d'EMBERGER (1942) et de déterminer la période sèche à partir du diagramme ombrothermique de **BAGNOULS et GAUSSEN (1953).**

I.2.3.1. Température

PEQUY(1970) considère la température non pas comme une simple grandeur physique mesurable, mais plutôt comme une qualité propre de l'atmosphère.

Selon **(ESTIENNE et al., 1970)**, la température influence les mécanismes de l'altération des roches. Elle joue également un rôle déterminant dans les processus d'évaporation, tant physique que physiologique, impacte les régimes hydrologiques des cours d'eau, et impose aux êtres vivants des limites de répartition plus ou moins strictes. La température constitue un facteur limitant essentiel, car elle régule les processus métaboliques et influence ainsi la répartition globale des espèces et des communautés vivantes au sein de la biosphère **(RAMADE, 1984).**

La figure montre des variations des températures moyennes mensuelles au niveau des maximas et minimas enregistrées à la station de MAGHNIA sur une période de 2013 à 2023 (Fig.8). Les valeurs les plus élevées sont observées au mois de juillet, avec une moyenne mensuelle de 32,85°C pour la température moyenne (T), 39,6°C pour la température maximale (TM) et 20,52°C pour la température minimale (Tm).

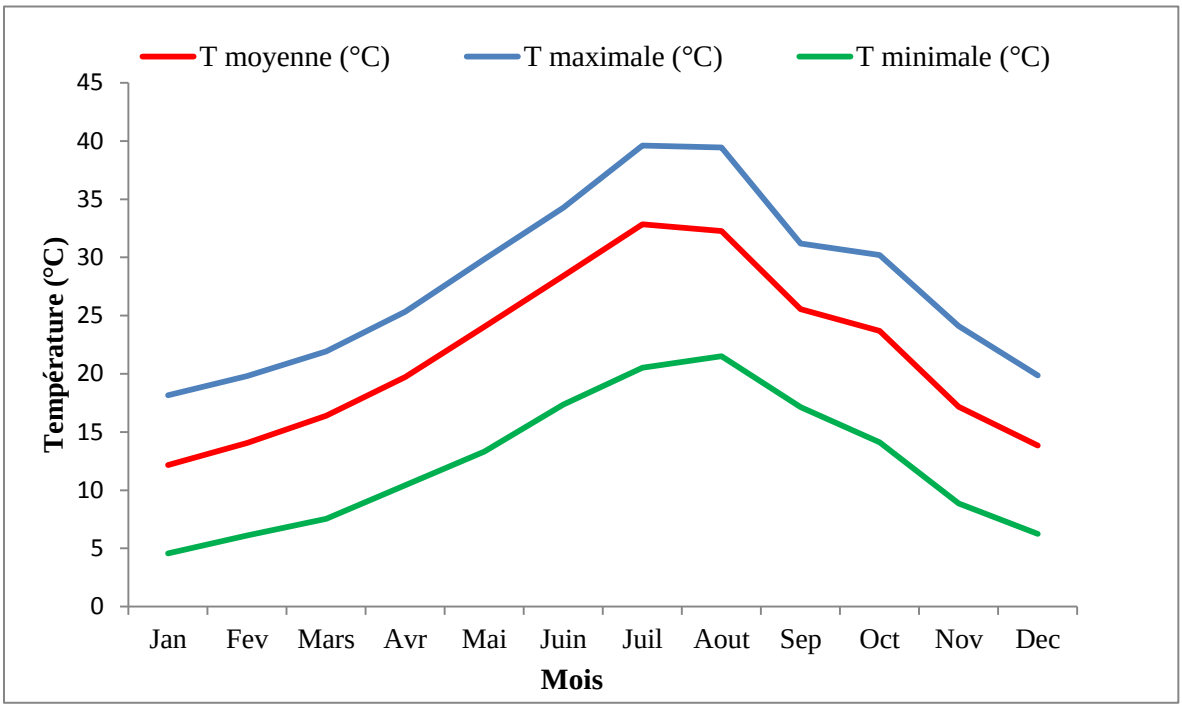


Figure 8 : Variations des Températures : moyenne, minimales et maximales de la station de Maghnia (2013-2023)

I.2.3.2. Précipitations

Selon **(ZARCO, 1965)**, la pluviométrie joue un rôle de premier plan, car c'est la quantité de précipitations qui détermine en grande partie l'approvisionnement en eau des végétaux. **DJEBAILL(1978)** considère la pluviosité comme un facteur clé permettant de caractériser le type de climat d'une région**.**

KADIK (2001) souligne que les variations interannuelles des précipitations influencent directement la croissance de la végétation forestière ainsi que la présence et le développement des espèces arbustives**. Pour GOURMALA (2003),** la pluviométrie à un impact direct sur la végétation et les sols, et elle est considérée comme le principal facteur constitutif du climat.

La courbe de la (Fig.9) montre des variations des précipitations moyennes au niveau de la station de Maghnia sur la période de 2013-2023 et met en évidence les mois les plus pluvieux et les mois les plus secs. Les plus fortes précipitations sont enregistrées au mois de Mai avec 43,72mm suivi du mois de Janvier alors que les plus faibles précipitations sont notées au mois de juillet avec seulement 0,712mm.

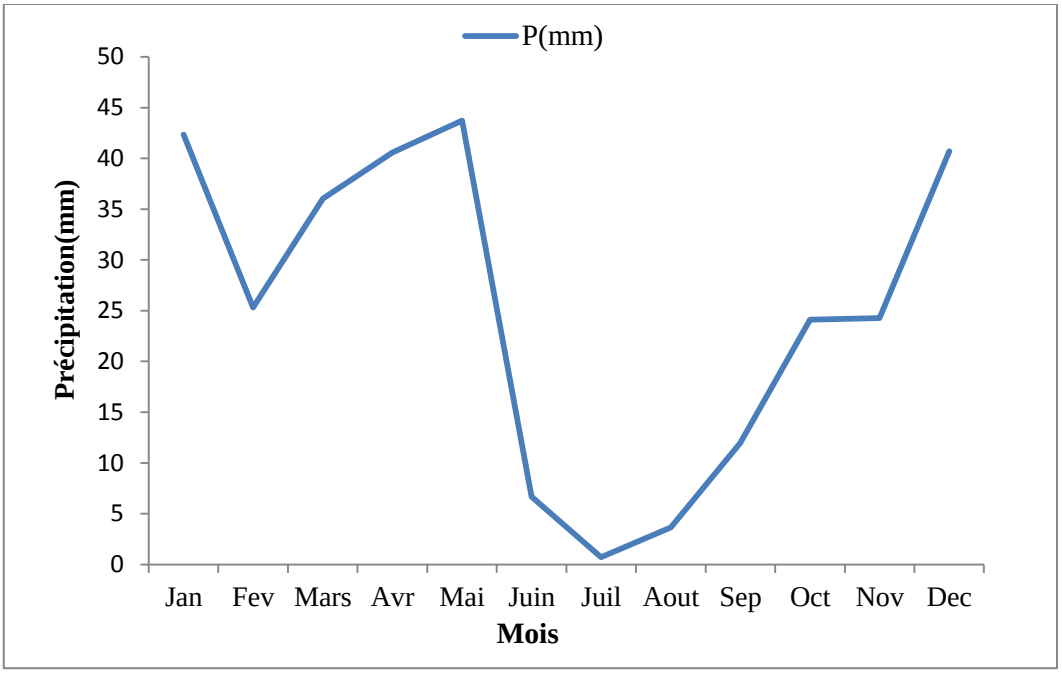


Figure 9 : Variation des précipitations moyennes mensuelles de la station de Maghnia (2013-2023) (https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html).

I.2.3.3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations.

Un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures (T) est supérieure à celles des précipitations (P) et P>2T **(DAJOZ, 2006).**

La figure (Fig.10) représente les diagrammes ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN durant la période (2013-2023) on observe :

-la période sèche qui s'étend sur cinq mois de Juin à Octobre.

-la période humide qui s'étend de Décembre à Avril

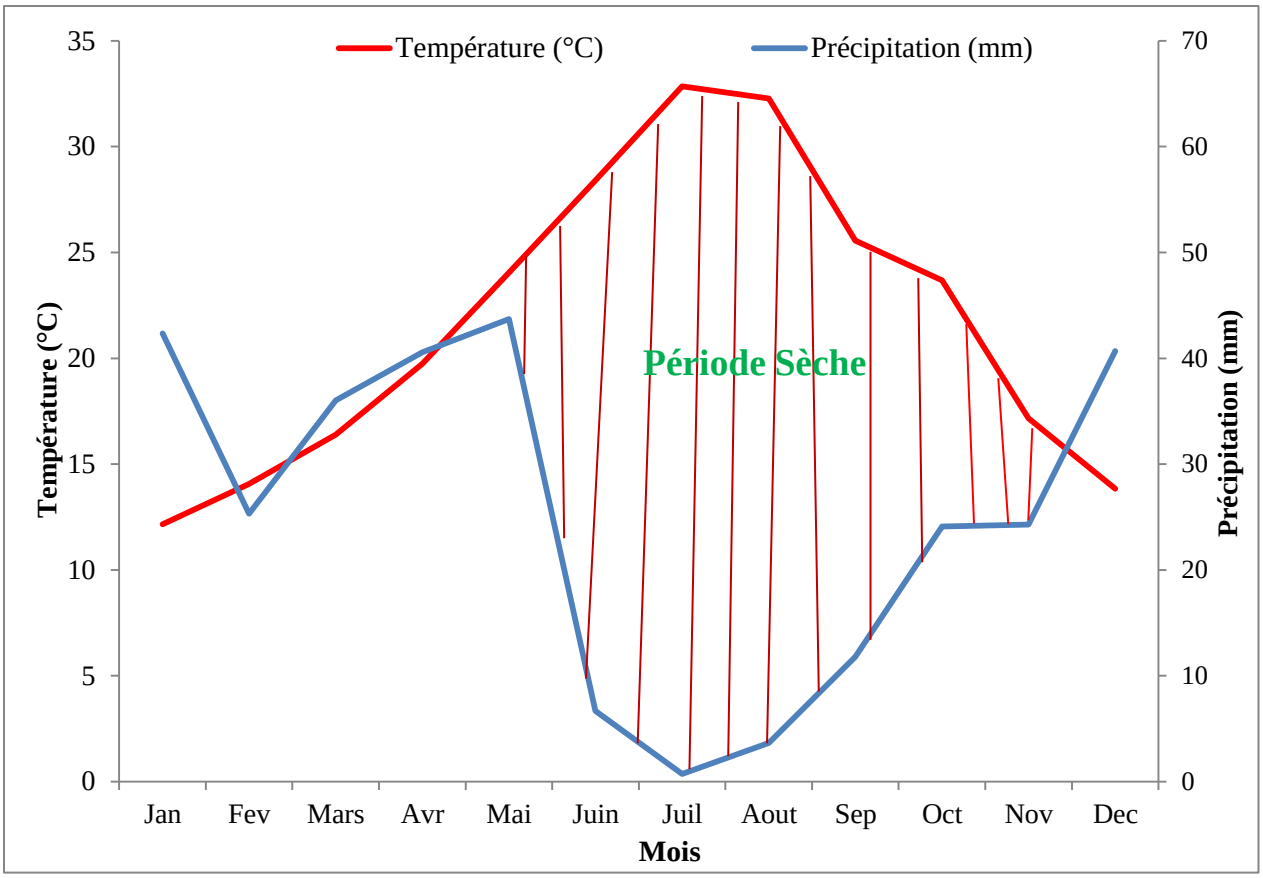


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station Maghnia 2013-2023)

I.2.3.4. Climato gramme d'EMBERGER

Selon **DAJOZ (1985),** le climato gramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique correspondant à une région donnée. L'analyse de plusieurs stations situées dans la région biogéographique

Méditerranéenne a ainsi permis d'identifier cinq grandes zones climatiques : saharienne, aride, semi-aride, subhumide et humide.

L'indice utilisé pour cette classification, appelé quotient pluviothermique « Q2 », prend en compte les précipitations ainsi que les températures maximales et minimales. Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Q\,2 = 2000p/M^2 - m^2$$

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m : Moyenne des minima du mois le plus froid (°K)

(Température en °K=T°C+273).

Tableau 2 : Calcul de Q2 des stations d'étude

Station	P(mm)	M(K°)	m (K°)	Q2
Maghnia	**300,067**	**312,6**	**277,58**	**29,04**

La valeur du Q2 obtenue (Tab.2) nous indique que la station de Maghnia se situe dans l'étage aride à hiver tempéré voir climafig.10

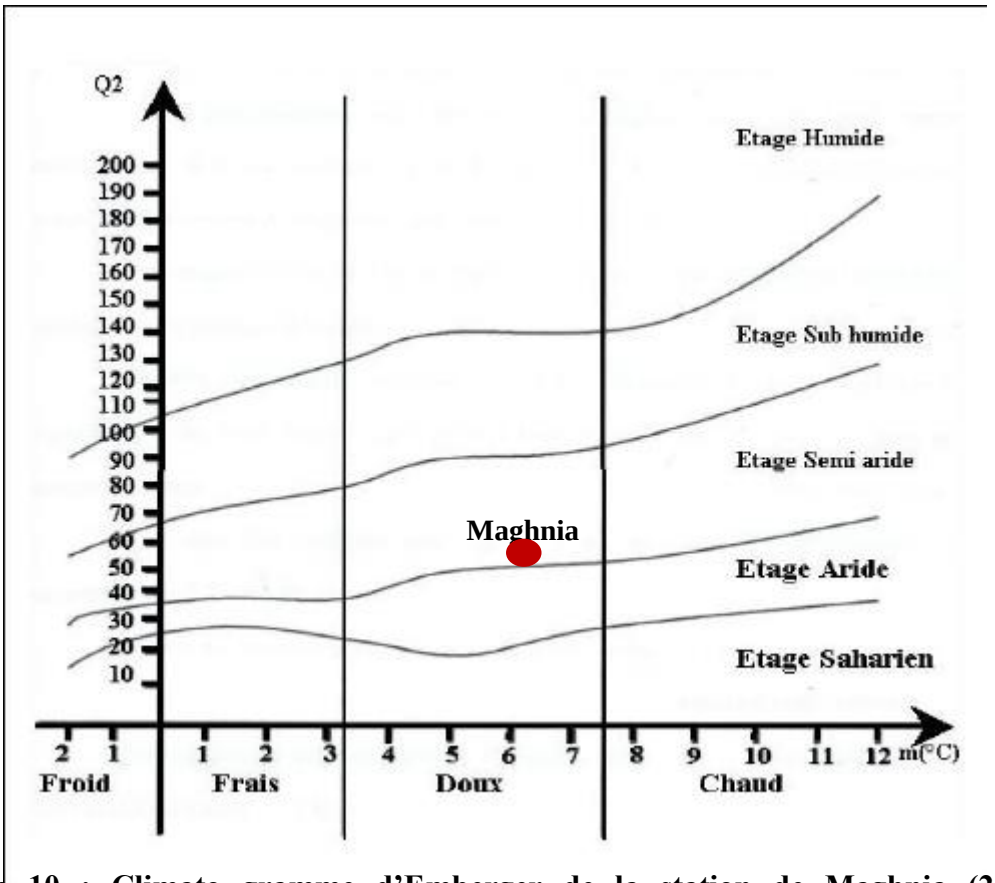


Figure 10 : Climato gramme d'Emberger de la station de Maghnia (2013-2023)

Chapitre3 :
Matériel et méthodes

II.1. Description des sites d'étude

II.1.1. Choix et localisation des sites d'études

Trois stations sont été choisies au niveau du barrage de Boughrara :

*Du substrat : un substrat riverain hétérogène.

*De leur accessibilité : proximité d'une route.

*De la végétation riveraine.

Les stations sont localisées dans la partie sud-ouest du plan d'eau, à proximité de l'écoulement de l'oued Mouilah et séparées entre elles par une distance estimée de quelques certaines de mètres a environ 1km.

Figure 11 : Localisations des stations d'études
(https://laboratorioredIam.cica.es/VisorRediam/)

II.1.1. Présentation des trois sites (Barrage Boughrara)

II.1.1.1. Présentation de station 1(Amont du barrage)

Ce site présente un substrat composé majoritairement de sédiments fins (limon, sable) mélangés à quelques graviers, témoignant d'un apport régulier de matériaux par l'oued Mouilah , il est facilement accessible depuis la berge grâce à un terrain relativement dégagé, ce qui facilite le prélèvement et le suivi scientifique, la végétation riveraine y est bien développée, dominée par des herbacées et arbustes typiques des milieux humides, contribuant à la stabilisation des rives et à la qualité écologique du site(Fig.12).

Figure 12 : Station 1en amont du barrage (Original)

II.1.1.2. Présentation de Station 2(A proximité du barrage)

Ce lieu est caractérisé par un substrat immergé sous une eau stagnante, probablement riche en matières en suspension en raison de la régulation hydraulique ; l'accessibilité semble limitée en raison de la présence d'eau couvrant le sol et de végétation submergée (branches d'arbres ou buissons dénudés), ce qui témoigne d'un milieu soumis à des fluctuations de niveau d'eau ; la végétation riveraine, bien que partiellement immergée, reste visible sous forme de boisements épars, jouant un rôle tampon entre le plan d'eau et les zones terrestres environnantes (Fig.13)..

Figure 13 : Station 2 à proximité du barrage (Original)

II.1.1.2. Présentation de Station 3 (Aval du barrage)

Ce lieu d'étude située en aval du barrage, se caractérise par un substrat principalement rocheux et aride, avec peu ou pas de sédiments fins visibles en surface ; son accessibilité semble relativement facile par voie terrestre, grâce à un terrain ouvert et dégagé, facilitant l'installation de matériel et les prélèvements ; la végétation riveraine y est quasi absente ou

très clairsemée, ce qui reflète une exposition aux fortes variations hydrologiques liées aux rejets du barrage, et une dynamique fluviale plus marquée en aval(Fig.14).

Figure 14 : Station 3 en aval du barrage (Original)

II.2. Matériels et méthodes d'étude

II.2.1. Les paramètre physico chimique

Selon **(DAJOZ, 1985),** les paramètres agissent sur le peuplement et certaines espèces de macro-invertébrés présentent des tolérances par rapport aux paramètres physico chimique à savoir (oxygène dissous pH, conductivité, température, nitrate, nitrite). Dans le but de cerner ces tolérances des mesures de ces paramètres ont été réalisés à chaque prélèvement de la faune. 500 ml d'eau est prélevé à chaque échantillonnage et mise dans un sac isotherme afin de préserver ses caractéristiques puis elle est acheminée au laboratoire pour être analyser à l'aide d'un multi paramètre et l'aide de l'ingénieur du laboratoire monsieur Benali Bemmoussat.

II.2.1.1. La température (°C):

Il est essentiel de mesurer la température de l'eau avec précision, car elle influence directement la solubilité des sels et, plus particulièrement, celle des gaz. Elle intervient dans la dissociation des sels dissous, affecte la conductivité électrique, ainsi que la mesure du pH. Une élévation de la température entraîne une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau **(ROBIER, 1996).**

Cette donnée est d'autant plus importante que la température a un impact significatif sur les communautés aquatiques **(DAJO Z, 2006).** La température et la conductivité sont relevées directement sur le terrain à l'aide d'un conductimètre.

II.2.1.2. L'oxygène dissous (exprimé en mg/l d'O_2)

Est essentiel à la respiration des organismes aquatiques aérobies. Sa concentration dans l'eau varie en fonction de plusieurs paramètres : la pression partielle en oxygène dans l'air, la température de l'eau, sa salinité, la pénétration de la lumière, le brassage de l'eau, ainsi que la disponibilité en nutriments.

L'oxygène dissous joue également un rôle clé dans les processus d'oxydation et de dégradation des matières organiques présentes dans le milieu aquatique. Toutefois, cette décomposition consomme de l'oxygène, ce qui peut appauvrir l'écosystème.

De manière générale, plus la concentration en oxygène dissous se rapproche du niveau de saturation, plus la rivière est en mesure de faire face à une pollution éventuelle.

II.2.1.3. Le pH

Le pH, ou potentiel hydrogène, indique la concentration en ions H^+ dans l'eau. Il reflète l'équilibre entre acidité et basicité sur une échelle allant de 0 à 14, la valeur 7 correspondant à un pH neutre. Ce paramètre joue un rôle fondamental dans de nombreux équilibres physico-chimiques et dépend de plusieurs facteurs, notamment l'origine de l'eau.

II.2.1.4. La conductivité (CE) :

La conductivité (exprimée en µS/cm) correspond à la capacité d'une solution à transmettre le courant électrique. Une eau pure, dépourvue d'ions, se comporte comme un isolant en offrant une forte résistance à l'électricité. En revanche, une eau riche en sels minéraux tels que le calcium, le magnésium, le sodium ou le potassium — qu'ils soient d'origine naturelle ou liés à une pollution — présente une conductivité plus élevée.

II.2.1.5. Les nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates constituent la forme la plus oxydée de l'azote. Leur concentration dans les eaux naturelles varie généralement entre 1 et 15 mg/l, selon la saison et l'origine de l'eau **(NISBET et al., 1970).**

II.2.1.6. Les nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites (NO_2^-), exprimés en mg/l de NO_2^-, représentent une forme intermédiaire de l'azote, située entre l'ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-), qui se forme lors de la décomposition des composés azotés par des bactéries.

II.3. Etude la faune des macros invertébrées

II.3.1. Méthode de prélèvement sur le terrain

II.3.1.1. Plan d'échantillonnage :

Avant chaque sortie, nous avons opté pour une météo favorable (journée ensoleillée et absence de précipitations) afin de nous faciliter les prélèvements.

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un filet troubleau, avec une ouverture circulaire de 30 cm de diamètre et une maille de 600 µm. Ce type de filet a été choisi pour sa capacité à collecter une grande diversité d'espèces.

Il est rincé avant chaque opération afin d'éviter toute contamination par des spécimens provenant d'autres stations. Après chaque prélèvement, le filet est nettoyé systématiquement pour prévenir les mélanges de faune.

II.3.1.2. Périodicité des sorties sur terrain

Les prélèvements sur le terrain se sont étalés sur trois mois février, avril, et mai (Tab.3)

Tableau 3 : Calendrier des prélèvements

	Station1(Amont du barrage) (EAB).	Station 2 (A proximité du barrage) (APB)	Station 3 (Aval du barrage) (EVB)
Sortie1	**18/02/2025**	**18/02/2025**	**18/02/2025**
Sortie2	**04/04/2025**	**04/04/2025**	**04/04/2025**
	08/05/2025	**08/05/2025**	**08/05/2025**

II.3.2. Matérielle d'étude

II.3.2.1 Sur le terrain

- Un filet troublant pour la collecte des échantillons.
- Des flacons en verre.
- Ethanol pour la conservation des échantillons.
- Un block note.
- Pince file
- Passoire
- Des gants.
- Des bottes.

Figure 15 : Filet troublant et éthanol 70% (Original)

Figure 16 : Matériels utilisés pour l'échantillonnage (Original)

II.3.2.2. Au laboratoire

- Une loupe binoculaire.
-Une loupe Leica
- Des guides entomologiques.
- Des flacons.
- Des pinces.
- Des boites de pétrie.
- Des gants.
-Un block note
- Ethanol.

Figure 17 : Matériel utilisés au laboratoire (Original)

II.3.4.Pré-tri et conservation des échantillons

Le contenu du filet est versé dans une cuvette remplie d'eau claire. Les gros débris (comme les roches, bâtons et feuilles) sont retirés et éliminés, ne conservant que les macros invertébrées collectées. L'eau contenant les échantillons est ensuite filtrée, puis les spécimens sont transférés dans un flacon contenant du formol à 70%, permettant ainsi leur fixation et la préservation de leur coloration **(FOTOMENBOHAN et al, 2010).**

Chaque flacon est étiqueté avec précision, en indiquant la date, l'heure et le nom de la station d'échantillonnage. Les échantillons ainsi conservés sont transportés au laboratoire dans une glacière pour leur analyse.

II.3.4.1. Tri et Identification

Au laboratoire les individus sont triés et comptés par taxon. Dans un premier temps, les spécimens sont placés dans une boîte de Pétri pour le dénombrement, puis observés sous une loupe binoculaire pour leur identification.

L'identification des différents échantillons a été effectuée à l'aide de la clé de détermination des Invertébrés d'eau douce – systématique, biologie, écologie **(TACHET, 2010).**

II.4.1. Etude indicielle

Pour évaluer la diversité des communautés biologiques, deux paramètres fondamentaux doivent être pris en compte : la richesse taxonomique et l'abondance des taxons **(RAMADE, 2003).**

II.4 .1.1. Abondance relative

L'abondance brute correspond au nombre total d'individus collectés dans une station d'échantillonnage.

L'abondance relative, quant à elle, exprime la proportion d'individus appartenant à une espèce donnée (i) par rapport à l'ensemble des individus échantillonnés. Elle reflète ainsi le poids numérique d'une espèce au sein de la communauté. Cette mesure peut varier en fonction du lieu et du moment du prélèvement.

Elle est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{Pi = (\mathit{ni}\ /\mathit{N}) \times 100}$$

P_1 = abondance relative de l'espèce i

n_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus

II.4.1.2. Richesse spécifique

La richesse spécifique constitue un paramètre clé dans l'étude des peuplements **(RAMADAE, 1984).** Elle correspond au nombre total d'espèces ou de taxons effectivement présents sur un site donné à un moment précis **(BOULINIER et al., 1998).**

Souvent utilisée comme indicateur de l'état écologique d'un écosystème, cette mesure joue un rôle central dans les actions de gestion et de conservation de la biodiversité, ainsi que dans l'évaluation des impacts des activités humaines sur les milieux naturels **(NICHOLS et al., 1998).**

II.4.2. L'indice de diversité de Shannon-Wiener

Cet indice permet de mesurer l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu donné et de suivre son évolution dans le temps (DAGET, 1976 ; BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1992).

Il présente l'avantage de ne reposer sur aucune hypothèse préalable concernant la répartition des espèces et des individus dans le milieu (Chardy, 1977).

L'indice de diversité retenu ici est celui le plus couramment utilisé dans les travaux scientifiques. Il repose sur la formule suivante :

$$H' = -\Sigma (Pi \times \log_2 Pi)$$

Pi = ni /N

ni : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

H' atteint sa valeur minimale (égale à 0) lorsque l'ensemble des individus d'un peuplement appartient à une seule et même espèce, traduisant une absence totale de diversité.

Il reste également très faible lorsque une seule espèce domine largement, tandis que les autres ne sont représentées que par un individu chacune.

À l'inverse, l'indice est maximal lorsque tous les individus sont répartis de manière parfaitement équilibrée entre les différentes espèces, ce qui reflète une diversité maximale **(FRONTIER, 1983).**

II.4.3.Indice NLBI :

Indice **NLBI** repose sur le score de tolérance des taxons et permet à la fois de calculer le NLBI et de déterminer la classe de qualité de l'eau du lac

Ce système d'index a été élaboré à partir d'une revue bibliographique, de l'analyse de données, d'observations de terrain ainsi que du jugement d'experts.

Le score de tolérance des taxons (TTS) a été établi en se référant à la base de données GRSbios (Nesemann, 2006), qui recense 169 taxons. Ce score repose sur une échelle de 10 points, allant des taxons les plus sensibles à la pollution (score 10) aux plus tolérants (score 1). Dans méthode, le NLBI est calculé comme suit :

$$NLBI = \frac{\sum_{i=1}^{n} TTSi}{n}$$

Où TTS_i représente le score de tolérance attribué au taxon i, et n correspond au nombre total de taxons pris en compte dans l'évaluation.

Les valeurs de l'indice NLBI permettent de classer la condition écologique du milieu en cinq catégories : très mauvaise, mauvaise, moyenne, bonne et excellente (Tab.4).

Une fois les valeurs du NLBI calculées, la qualité de l'eau du lac peut être interprétée à l'aide d'échelles de référence établies (**SHAH et al., 2011).**

Tableau 4 : L'échelle de transformation du NLBI en LWQC, degré de pollution et code couleur (SHAH et al., 2011).

NLBI	LWQC	Dégrée de pollution	Code de couleur
6,10-10,00	**Fort**	**Atteindre son minimum**	**Bleue**
4,91- 6,09	**Bonne**	**Légère**	**Vert**
4,00-4,90	**Equitable**	**Moyenne**	**Jaune**
2,00-3,99	**Pauvre**	**Fort**	**Orange**
0,00-1,99	**Mauvaise**	**Très fort**	**Rouge**

Chapitre 04:

Résultats et discussion

III.1. Analyse de la composition faunistique

Pour mieux illustrer les variations de cette composition faunistique, celle-ci a été exprimée à la fois en termes de richesse taxonomique et d'abondance. 245 individus ont été récoltés dont 90 individus pour la station1(EAB), 55 à la station 2 (APB) et 100 individus pour la station 3 (EVB).

Les communautés d'Arthropodes des Station EVB et EAB sont plus élevés par rapport celle de la station APB (fig.19) et ils sont représenté par une classe, 4 ordres ,5 famille et 5 genres alors qu'au niveau de la station APB, nous notons la présence d'une une classe, 3ordres,4famille, 4genre.

Durant cette étude, la des Insectes, est numériquement supérieur avec un pourcentage élevé de 89% à EAB, 93% à APB, et 92% à EVB tandis que la classe des Gastéropode est à 11% à EAB, 7% à APB, et 8% à EVB (Fig.18).

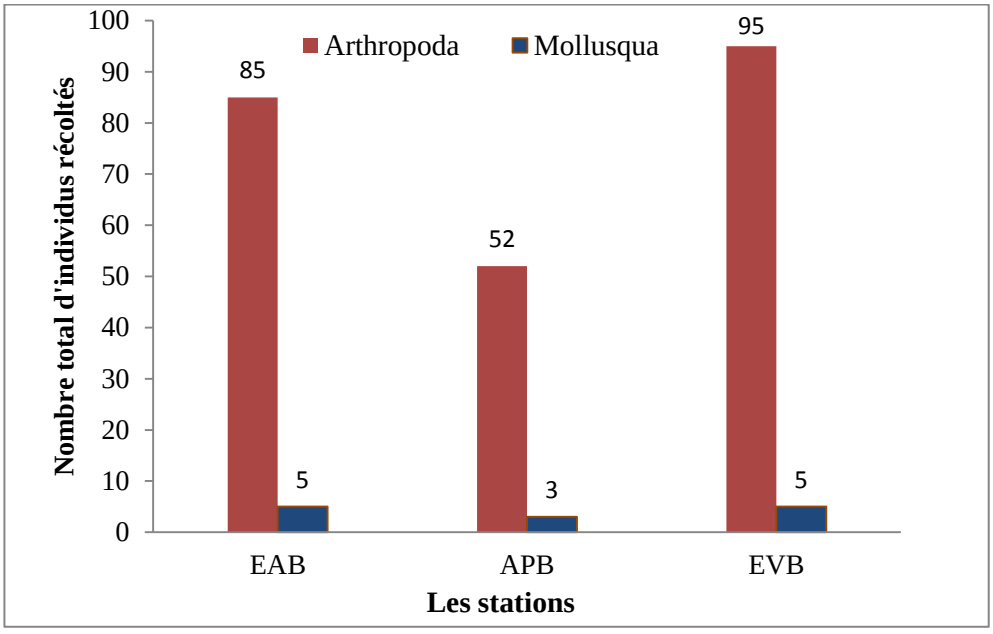


Figure 18 : Importance relative des embranchements.

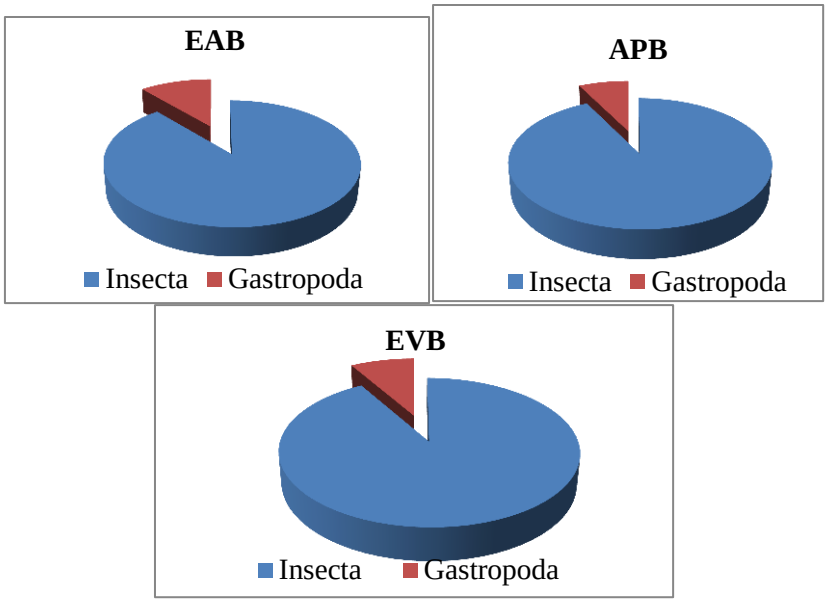
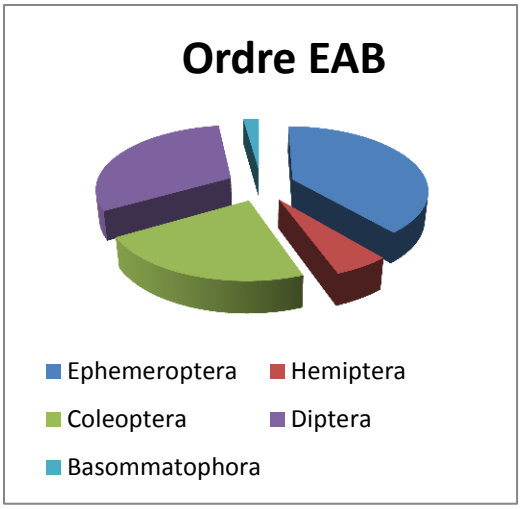


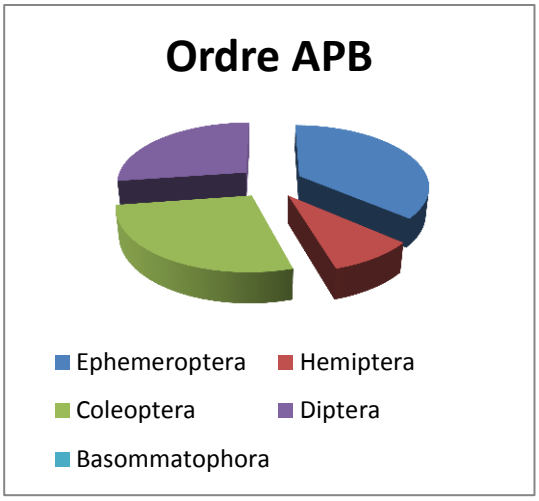
Figure 19 : Importance relative en nombre d'individus des Classes.

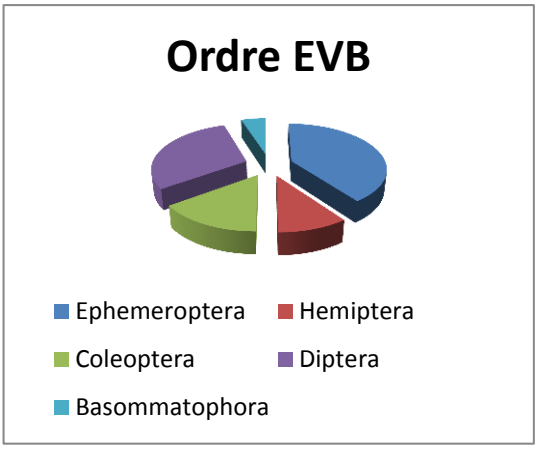
Au niveau de la station EAB, la faune benthique collectée est représentée par cinq ordres, parmi lesquels les Éphéméroptères sont les plus abondants, avec une dominance relative de 39 %. Ils sont suivis par les Diptères (31 %), les Coléoptères (22 %), les Hémiptères (6 %) et, en proportions moindres, les Basommatophores (2 %).

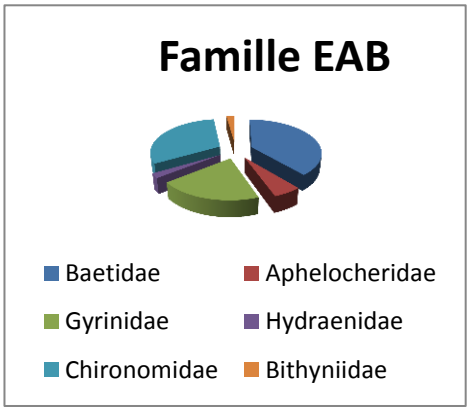
La composition faunistique de la station APB présente une structure légèrement différente. Les Éphéméroptères y restent dominants avec 37 %, suivis de près par les Diptères (36 %). Les Coléoptères représentent 18 % de la faune récoltée, tandis que les Hémiptères en constituent 9 %. Aucun Basommatophore n'a été recensé à cette station.

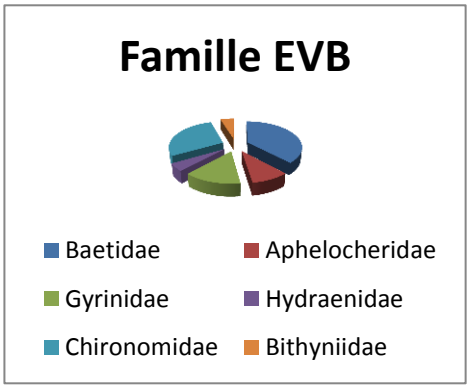
Enfin, à la station EVB, la faune benthique est dominée par les Éphéméroptères, qui représentent 40 % des individus collectés. Ils sont suivis par les Diptères (30 %), les Coléoptères (15 %), les Hémiptères (10 %), et, en moindre proportion, les Basommatophores avec 5 % (voir Fig.19).

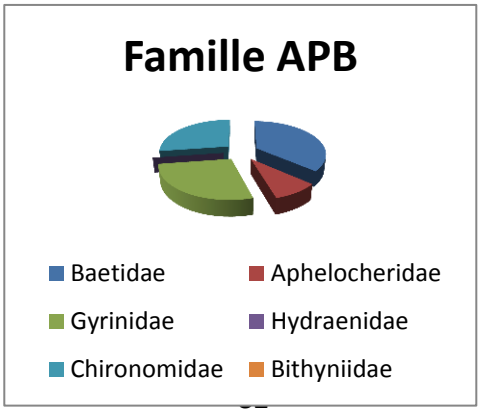

Ordre EAB
Ephemeroptera
Hemiptera
Coleoptera
Diptera
Basommatophora


Ordre APB
Ephemeroptera
Hemiptera
Coleoptera
Diptera
Basommatophora


Ordre EVB
Ephemeroptera
Hemiptera
Coleoptera
Diptera
Basommatophora


Famille EAB
Baetidae
Aphelocheridae
Gyrinidae
Hydraenidae
Chironomidae
Bithyniidae


Famille EVB
Baetidae
Aphelocheridae
Gyrinidae
Hydraenidae
Chironomidae
Bithyniidae


Famille APB
Baetidae
Aphelocheridae
Gyrinidae
Hydraenidae
Chironomidae
Bithyniidae

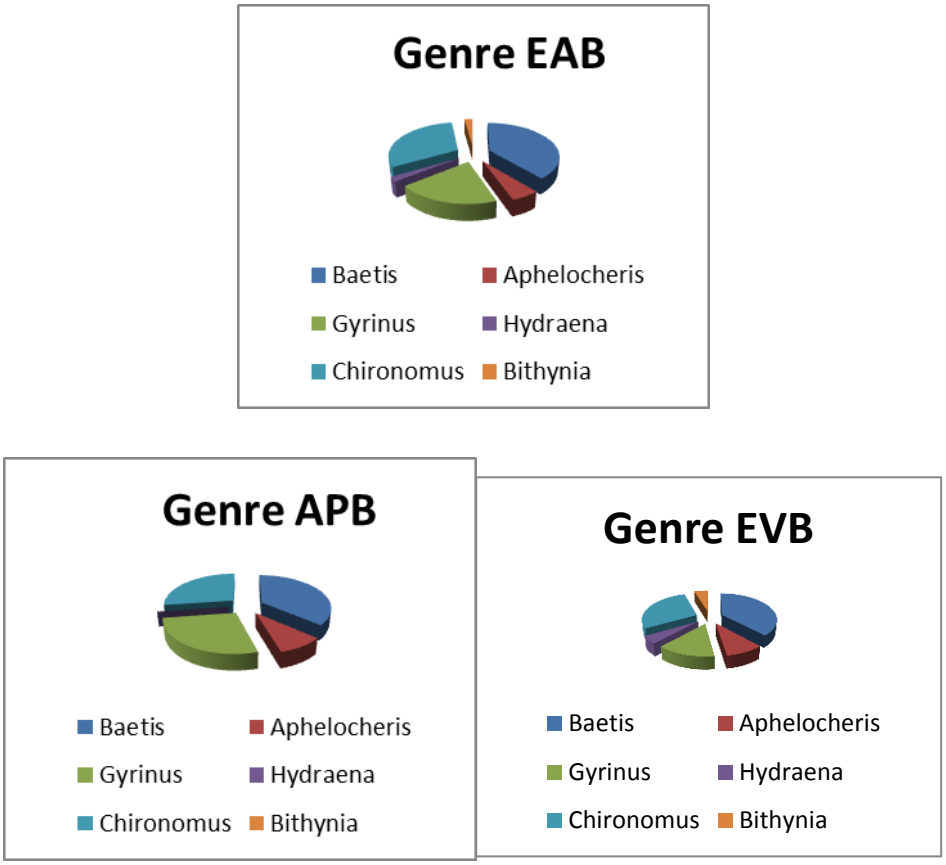


Figure 20 : Importance relative en nombre des groupes zoologiques établis pour les communautés macro-benthiques dans trois stations

- **<u>Composition faunistique par familles et comparaison avec la littérature</u>**

Dans les trois stations étudiées, les familles les plus dominantes sont : Baetidae, Aphelocheridae, Gyrinidae, Hydraenidae, et Chironomidae.

À la station EAB, la répartition relative est la suivante : Baetidae (39 %), Chironomidae (31 %), Gyrinidae (20 %), Aphelocheridae (6 %) et Hydraenidae (2 %).

À la station APB, les proportions sont : Baetidae (37 %), Chironomidae (27 %), Gyrinidae (27 %) et Aphelocheridae (9 %). Les genres *Hydraena* et *Bithynia* y sont présents, mais très rares (moins de 1 %).

Pour la station EVB, on observe : Baetidae (38 %), Chironomidae (29 %), Gyrinidae (14 %), Aphelocheridae (9 %), Hydraenidae (5 %) et Bithyniidae (5 %).

En termes de diversité générique, les stations EAB et EVB comptent six genres principaux *(Baetis, Chironomus, Gyrinus, Aphelocheris, Hydraena, Bithynia)*, tandis que la station APB n'en compte que quatre.

III.2.1. Analyse de la composition mensuelle au niveau des trois stations

D'après les résultats obtenus, le mois d'avril est celui qui compte le moins d'individus, avec seulement 45 individus. Ce faible effectif pourrait être lié aux conditions climatiques défavorables dans la station à cette période, notamment les fortes températures qui ne conviennent pas à la plupart des macros invertébrées

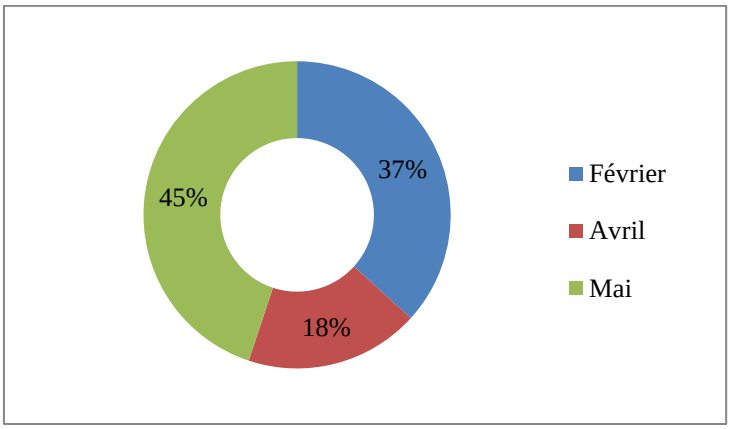


Figure 21 : Variations mensuelle du nombre d'individus

Les mois de février et de mai présentant des abondances notables avec respectivement 90 et 110 individus (Fig.21).

La répartition des pourcentages de macro invertébrés collectés au cours des mois de février, avril et mai dans les trois stations met en évidence une **augmentation significative de l'activité biologique** au niveau de la station **EAB** durant le mois de **mai**, qui représente **50 % des captures totales**. En comparaison, les mois précédents présentent des valeurs nettement inférieures : **37 % en février** et seulement **13 % en avril**.

Cette tendance révèle une **intensification marquée de l'activité des communautés benthiques à la fin de la période d'étude**, probablement liée à des conditions environnementales plus favorables en mai, telles qu'une température plus élevée, une photopériode prolongée ou une dynamique saisonnière propre à certains groupes biologiques (voir Fig. 22).

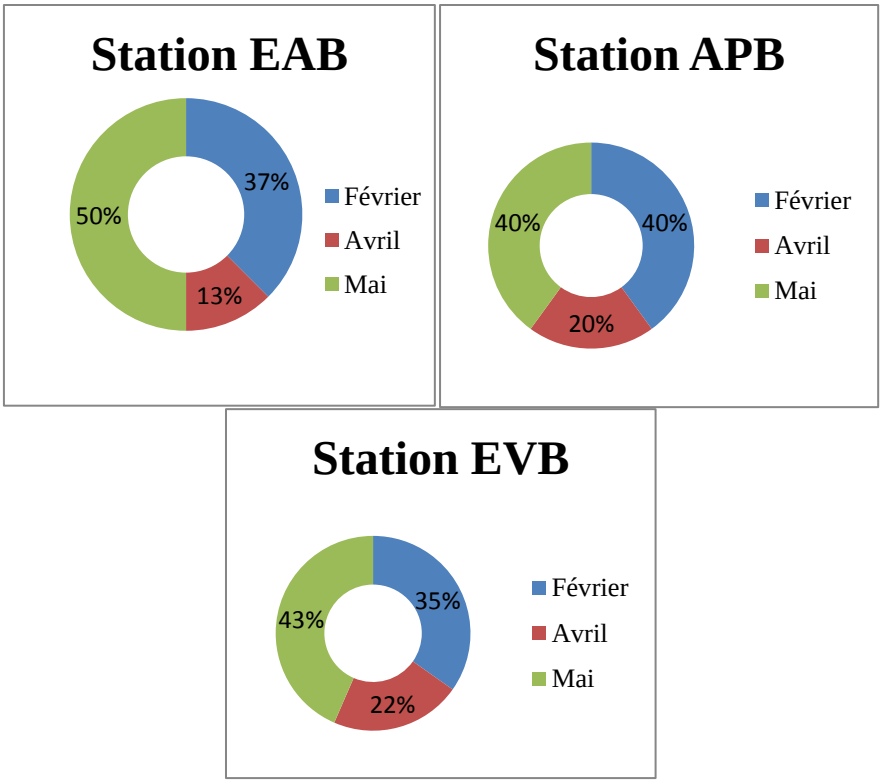


Figure 22 : Importance relative du nombre d'individus récoltés par mois dans les trois stations

À la station **APB**, le peuplement de macro invertébrés présente une **répartition relativement équilibrée**, avec des pics d'abondance similaires en **février et mai** (40 % chacun), tandis qu'une baisse notable est observée au mois d'**avril** (13 %).

Concernant la station **EVB**, la plus forte activité est enregistrée en **avril** (43 %), suivie de **février** (35 %), tandis que le **mois de mai** affiche une diminution significative avec **22 % des récoltes.**

Les **variations temporelles** observées entre les trois stations peuvent être attribuées à des **facteurs écologiques locaux**, notamment les **conditions bioclimatiques**, les **caractéristiques physico-chimiques de l'eau**, la **disponibilité des ressources trophiques**, ou encore les **dynamiques de reproduction propres aux groupes taxonomiques présents**. Ces éléments influencent directement la composition, l'abondance et l'activité saisonnière des macros invertébrées benthiques.

III.2.1.2. Variations temporelles de la richesse taxonomique

La composition des peuplements de macro-invertébrés présente des variations structurelles au cours de la période d'étude. La richesse taxonomique augmente sensiblement d'un mois à

l'autre. Le mois de mai se distingue comme celui affichant la plus grande diversité, marquant ainsi un pic d'activité biologique. Cette abondance pourrait s'expliquer par des conditions environnementales favorables, telles que les conditions environnementales favorables, telles que des températures modérées et une disponibilité accrue des ressources.

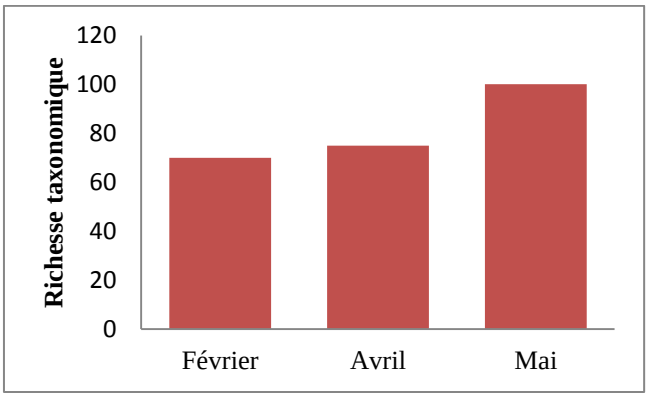


Figure 23 : Variation temporelle de la richesse taxonomique

III.2.1.3. Etude indicielle

Indice de Shannon pour les trois stations

Les valeurs de l'indice de Shannon obtenus sont très faibles, oscillant de 1,41 à 1,53 ce qui nous indique que les trois stations présentent une faible diversité.

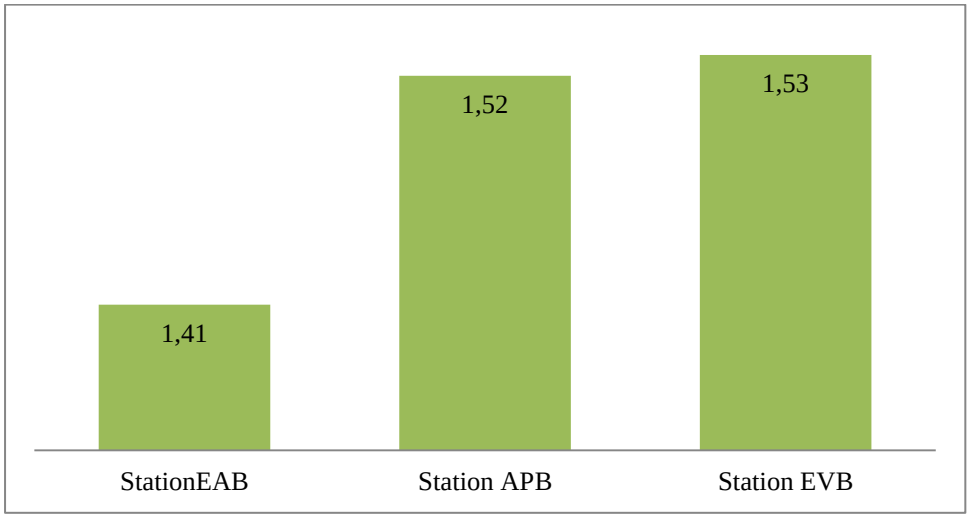


Figure 24 : Variation d'indices de diversité (H' Shannon-Weiner) dans les trois stations

L'indice NLBI calculé pour les peuplements du barrage est de 0,12, ce qui indique un **niveau de pollution très élevé**. Par ailleurs, l'évaluation de la qualité écologique à travers l'indice

LWQC révèle une qualité **médiocre**, suggérant une faible capacité de préservation des écosystèmes aquatiques. Cette dégradation est principalement attribuée aux différentes actions anthropiques qui altèrent la qualité de l'eau et modifie sa composition.

Tableau 5 : Check-list des macros invertébrées récoltées

Règne	Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
ANIMALIA	**Arthropoda**	**Insecta**	Ephemeroptera	Baetidae	*Baetis*	*Baetis rhodani(Picttet,1843)*
			Hemiptera	Aphelocheridae	*Aphelocheris*	*Aphelocheris(Signoret,1858)*
			Coleoptera	Gyrinidae	*Gyrinus*	*Gyrinus substriatus(Stephens,1829)*
				Hydraenidae	*Hydraena*	*Hydraena riparia(Kiesenwetter,1849)*
			Diptera	Chironomidae	*Chironomus*	*Chironomus plumosus(Linnaeus ,1758)*
	Mollusqua	Gastropoda	Basommatophora	Bithyniidae	*Bithynia*	*Bithynia tentaculata(Linnaeus)*

III.3.2. Principaux groupes d'invertébrés rencontrés

Pour une description détaillée de la composition de la faune macro-benthique récoltée dans les trois stations

Les principaux groupes retenus dans le tableau

A.Les Baetidae

Les Ephéméroptères sont représentés par une Famille celle des Baetidae, est bien présente avec 35 individus à EAB, 20 individus à APB, et 40 individus à EVB. Cette dernière se caractérise par l'existence d'un seul genre ***Baetis***.

Figure 25 : ***Baetis (original)***

B. Les Aphelocheridae

Les hémiptères sont représentés par une famille, Celle des Aphelocheridae, est bien présenté avec 5individu à EAB, 5 individus à APB, 10 individus à EVB. Cette dernière se caractérise par l'existence de un seul genre ***Aphelocheris.***

Figure 26 : ***Aphelocheris*** **(Original)**

C. Les Gyrinidae et Les Hydraenidae

La faune de Coléoptères récoltée comprend 50 individus, représentée par deux familles les Gyrinidae dont 18 individus à EAB, 15 individus à APB, 15individus à EVB, et pour les Hydraenidae 2 individus à EAB,
0 individus à APB, 5 individus à EVB. Cette dernière se caractérise par l'existence deux genres ***Gyrinus Hydraena*** Photo (Fig.27).

Figure **27 :** ***Gyrinus*** **et** ***d'Hydraena*** **(Original)**

D. Chironomidae

Les Diptères représentaient l'ordre d'insectes le plus abondant au sein des écosystèmes aquatiques, selon **(DILTI, 2020).** Ils étaient exclusivement représentés par la famille des Chironomidae, Cette dernière se caractérise par l'existence d'un genre ***Chironomus***.

Figure 28 : Chironomus(Original)

E. Basommatophora

Cet Embranchement a un total de 13 individus avec 5 individus récoltés à EAB, 3 individus à APB, et 5 à EVB. Dans les écosystèmes d'eau douce, deux classes de mollusques (les Bivalvia et les Gastropoda) ont réussi à coloniser efficacement les milieux continentaux (Balian et al., 2008). Dans nos résultats on n'a que les Gastropodes qui sont représenté par la famille des Basommatophora, et le genre *Bithynia*.

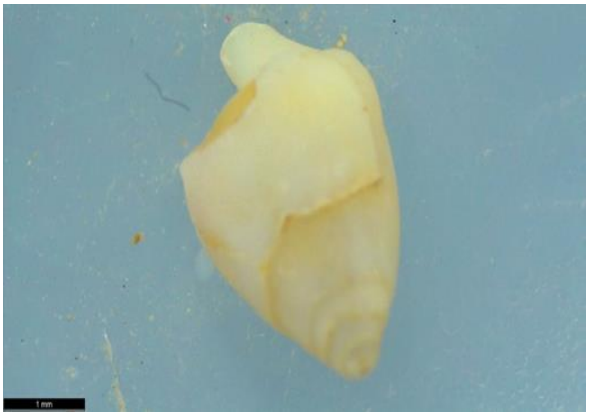


Figure 29 : *Bithynia(original)*

III.4. Détermination des conditions physicochimiques

III.4.1. Analyse des paramètres physicochimiques

Les variations des paramètres physico chimiques sont présentées dans le tableau 7 en utilisant moyenne± l'écart type.

Tableau 6 : Variation des paramètres physicochimiques

	Station1	Station2	Station3
T°AiR	23,46±4,96	24,56±4,87	25,06±4,86
T°Eau	12,16±4,90	12,73±4,94	13,16±5,17
Vitesse	0,68±0,28	0,82±0,30	0,84±0,18
O²Dissous	8,09±0,37	5,73±2,78	8,3±2,08
Conductivité	1,9±0,15	1,895±0,17	1,879±0,19
Salinité	0,8±0,08	0,76±0,09	0,76±0,94
PH	8,43±0,36	8,33±0,30	8,25±0,16
Nitrate	7,39±4,51	8,57±1,51	8,68±1,74
Nitrite	0,42±0,16	0,21±0,13	0,32±0,12

- **La Température**

La température moyenne de l'air varie de 23°C à 25°C avec une température minimales de 18°C, et une température maximale 30°C

La température moyenne de l'eau variée de 12°C à 13°C avec une température minimale de 6°C et une maximale de 20°C. Une différence de température d'environ 5 °C suggère une

variation temporelle peu marquée. Les résultats sont cohérents avec ceux de la température de l'air.

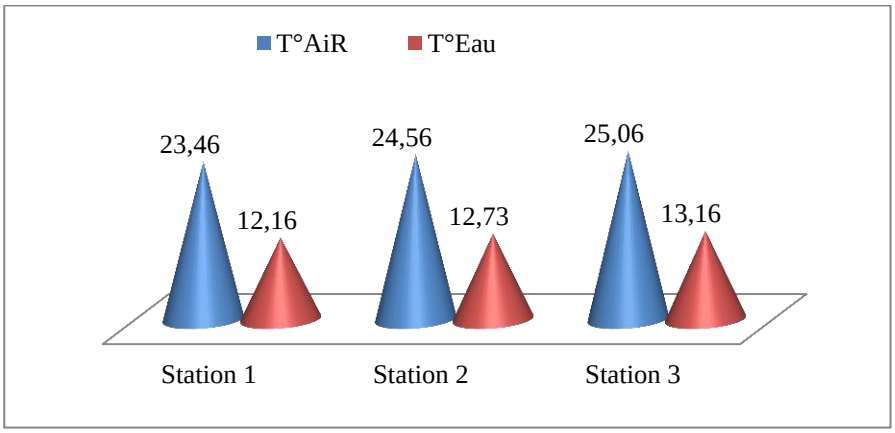


Figure 30 : Variation de la température des trois stations

- **L'O² Dissous**

Les concentrations varient de 5 à 8mg/l et de minimale 4,11 à 12,4 mg/L maximales. Ces niveaux sont globalement compatibles avec une bonne qualité d'eau, bien que la baisse ponctuelle (5,73mg/L) soit attribuée à une panne de brassage. L'eutrophisation observée, liée à une forte biomasse végétale, peut entraîner des baisses d'oxygène, surtout en été.

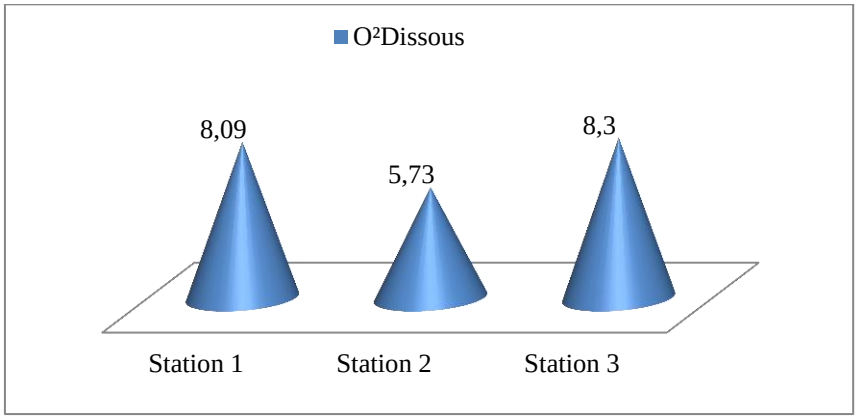


Figure 31 : Variations temporelle de l'oxygéné dissous des trois stations

- **La Conductivité**

Elle oscille entre 1,8 et 1,9 µS/cm, montrant des apports minéraux variables entre stations. Ces écarts peuvent être liés à la géologie locale, aux apports anthropiques ou au taux d'évaporation.

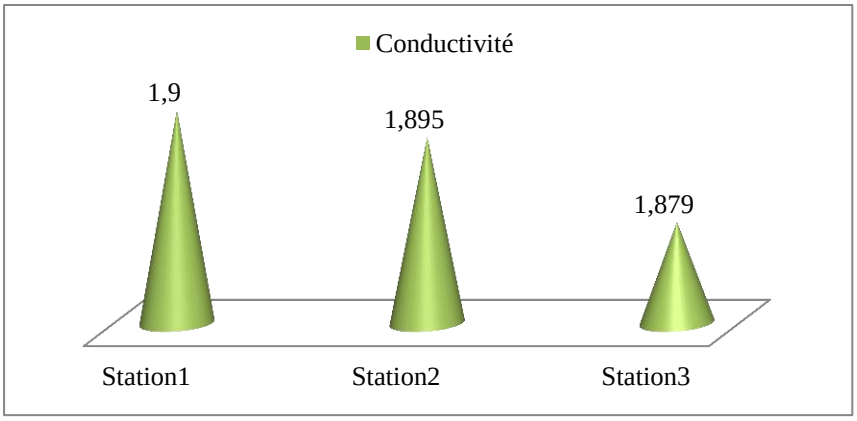


Figure 32 : Variation temporelle de la conductivité des trois stations

➢ Le pH

Le pH est compris entre 7,02 et 8,75, indiquant des eaux neutres à légèrement basiques. Ces valeurs reflètent des eaux bien tamponnées, favorables aux organismes aquatiques.

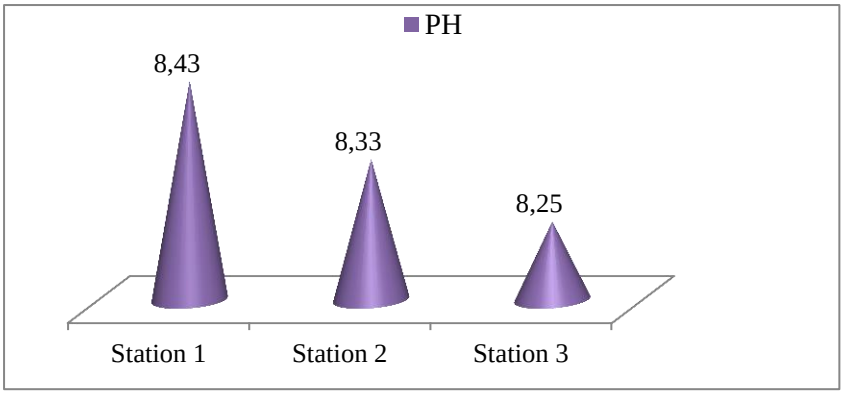


Figure 33 : Variations temporelle de PH des trois stations

➢ Les Nitrates (NO_3^-)

Les concentrations sont modérées, suggérant un impact anthropique (rejets agricoles ou urbains). Des pics localisés pourraient indiquer un apport ponctuel.

➢ Les Nitrites (NO_2^-)

Présents à de très faibles concentrations, les nitrites restent inférieurs aux seuils toxiques.

III.5. Discussion

En comparant ces effectifs avec ceux trouvés dans la littérature, le nombre d'individus est faible par rapport à celui de Barrages de Bouhanifia Mascara **(MEKIDECH, 2019).**

La classe des insectes est la plus dominante. Cette prédominance des Insectes est un trait classique des communautés macro-benthiques d'eau douce, particulièrement dans les milieux lentiques ou à courant lent **(BOURNAUD et al., 1996)**, en revanche, la classe des Gastropoda est représenté par un seul Bithynia, mollusque pulmoné relativement tolérant aux milieux eutrophes et stagnants, souvent utilisé comme bioindicateur de pollution organique modérée **(MOUTHON, 2001).**

Nous notons l'absence totale des ordres des plécoptères et des Trichoptères dans les échantillons biologiques analysés ce qui constitue un indicateur alarmant de la qualité écologique du milieu aquatique. Ces macros invertébrées sont reconnues pour leur forte sensibilité à la pollution, en particulier à la pollution organique, aux faibles concentrations d'oxygène dissous, et à la dégradation des habitats benthiques. Leur disparition suggère un déséquilibre écologique important, probablement causé par des apports de rejets domestiques ou industriels, une altération du substrat, ou une dégradation globale de la qualité physico-chimique de l'eau.

Ce constat est cohérent avec les résultats microbiologiques précédents **(AYYAT, 2025)**, notamment la présence élevée de coliformes fécaux et de *E. coli*, indiquant une contamination d'origine anthropique. Ainsi, l'état écologique de l'eau du barrage étudié peut être classé comme **dégradé**, nécessitant des mesures correctives urgentes pour préserver la biodiversité et limiter les risques sanitaires.

Les Coleoptera (Gyrinidae et Hydraenidae) et les Hemiptera (Aphelocheridae) sont présents en moindre proportion, mais leur répartition est homogène entre les stations. Leur présence, bien que minoritaire, contribue à la structuration écologique des peuplements, notamment dans les zones à substrat grossier et dans les micros habitats peu profonds et végétalisés.

Ces résultats rejoignent partiellement ceux obtenus dans d'autres barrages algériens. **BENOUDAH et**

al., 2016 ; MEKIDCH (2019) ; KHERBOUCHE (2021).

Concernant les familles, nos résultats sont partiellement similaires à ceux obtenus par **BENOUDAH et al. (2016)**, qui ont identifié 26 familles lors d'une étude hydro biologique sur la qualité des eaux de surface.

Les ordres dominants chez eux étaient également les Diptères, Éphéméroptères et Coléoptères. Parmi ces 26 familles, six sont communes avec notre étude, notamment : Baetidae (*Baetis*), Aphelocheridae (*Aphelocheris*), Gyrinidae (*Gyrinus*), Hydraenidae (*Hydraena*), Chironomidae (*Chironomus*) et Bithyniidae (*Bithynia*).

Par ailleurs, **KHERBOUCHE (2021)** signale trois familles présentes également dans notre étude, tandis que les résultats de **MEKIDCH (2019)** indiquent une faible richesse taxonomique (4 familles, 3 ordres, 3 classes), ce qui reste légèrement inférieur à nos résultats. Dans le barrage de Bouhanifia, étudié par **MEKIDCH**, Chironomidae et Bithyniidae étaient aussi recensées, ces résultats corroborent avec les notres

Enfin, les observations faites dans la sebkha d'Oran rejoignent nos résultats, notamment par la présence des familles Baetidae, Hydraenidae et Bithyniidae, avec leurs genres respectifs (*Baetis, Hydraena, Bithynia*), montrant ainsi une structure faunistique typique des zones d'eau douce soumises à des pressions modérées à fortes.

L'analyse spécifique permet de mettre en évidence une nette dominance des Baetis rhodani, espèce ubiquiste tolérant un large spectre de conditions environnementales, y compris une certaine dégradation de la qualité de l'eau **(BRITTAIN, 2003)** suivi espèce *Chironomus plumosus* réputée pour sa grande tolérance à l'hypoxie et aux fortes charges organiques **(MANDAVILLE, 2002)**. Cette codominance des Baetidae et des Chironomidae témoigne d'un écosystème aquatique soumis à des pressions anthropiques modérées, sans toutefois atteindre des conditions d'eutrophisation sévère.

Le barrage de Boughrara reçoit des apports d'eau de plusieurs oueds transfrontaliers, en particulier l'Oued Mouillah qui prend sa source au Maroc, traverse une zone à fortes activités agricoles et urbaines, et déverse ensuite dans le barrage. Ces apports sont chargés en matière organique, nutriments (nitrates, phosphates) et sédiments, ce qui altère la qualité de l'eau et entraîne une eutrophisation progressive du barrage. Des études antérieures ont signalé la pollution croissante du barrage, accentuée par l'absence de traitement préalable des eaux et la stagnation prolongée dans certaines zones **(MEKIDECHE, 2019).**

Conclusion générale

L'étude écologique menée sur les peuplements de macro-invertébrés dans les eaux du barrage de Hammam Boughrara (wilaya de Tlemcen, nord-ouest de l'Algérie) a permis de dresser un état des lieux précis de la diversité biologique benthique, de son organisation spatio-temporelle et de la qualité écologique globale du milieu. À travers un inventaire réalisé dans trois stations représentatives (EAB, APB et EVB), durant les mois de février, avril et mai, un total de 245 individus appartenant à 15 taxons a été recensé. Cette richesse, bien que modérée, constitue une indication significative du potentiel biologique du barrage, notamment dans un contexte marqué par une pression anthropique croissante.

Sur le plan taxonomique, les macro-invertébrés récoltés sont répartis entre deux grands embranchements (Arthropoda et Mollusca), avec une nette domination des Arthropodes, représentant plus de 95 % des effectifs. Cette supériorité numérique est largement portée par la classe des Insecta, illustrée par quatre ordres majeurs : Ephemeroptera, Diptera, Coleoptera et Hemiptera. À l'inverse, les Mollusques sont faiblement représentés, avec un seul ordre observé (Basommatophora) appartenant à la classe des Gastropoda. Cette composition faunistique reflète une structure communautaire typique des écosystèmes lentiques d'Afrique du Nord, où les insectes aquatiques occupent une position écologique prépondérante, en raison de leur adaptabilité aux conditions fluctuantes du milieu.

Les familles Baetidae, Chironomidae, Gyrinidae, Aphelocheridae et Hydraenidae constituent les noyaux dominants des communautés benthiques observées. Le genre Baetis, largement répandu, domine dans l'ensemble des stations (jusqu'à 39 % des effectifs à EAB), traduisant la présence d'eaux moyennement perturbées, puisque ce taxon tolère une certaine pollution organique, sans toutefois être indicateur de dégradation extrême. La présence notable de Chironomus (jusqu'à 31 % à EAB) souligne toutefois une dégradation trophique modérée à localement élevée, en cohérence avec les niveaux de nitrates observés. Ces résultats révèlent un état écologique intermédiaire, où les espèces sensibles et tolérantes coexistent, traduisant une transition écologique entre milieux modérément préservés et zones soumises à des apports exogènes, notamment agricoles et domestiques.

L'analyse spatiale a mis en évidence des disparités notables entre les trois stations. La station EVB présente la plus grande richesse spécifique (14 taxons), ce qui suggère des conditions environnementales plus favorables, telles qu'une meilleure oxygénation (8,3 mg/l) et une température de l'eau légèrement plus élevée. À l'inverse, la station EAB, malgré une abondance élevée (90 individus), ne compte que 9 taxons, ce qui traduit une homogénéisation biologique probablement induite par une prédominance d'espèces opportunistes. La station

APB, avec ses 11 taxons, occupe une position intermédiaire, caractérisée par une diversité relativement équilibrée.

Sur le plan temporel, l'abondance des individus fluctue selon les mois, avec une diminution en avril(45individus) ,et une forte augmentation pic marqué en mai (110 individus. Cette dynamique saisonnière peut être corrélée aux variations climatiques, en particulier la température de l'eau et la disponibilité des ressources trophiques. La richesse spécifique suit une évolution similaire, atteignant un maximum en mai, période favorable au développement biologique, comme le confirment plusieurs auteurs dans des contextes méditerranéens. Ces observations confirment l'importance des facteurs saisonniers dans la structuration des peuplements benthiques.

Les indices de diversité calculés, notamment l'indice de Shannon-Wiener, varient de 1,41 à 1,53, traduisant une diversité modérée mais significative. Ces valeurs indiquent une répartition relativement équilibrée des individus entre les taxons, bien que la dominance de quelques genres soit manifeste. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations APB et EVB, ce qui reflète une meilleure structuration écologique et une plus grande stabilité communautaire. En revanche, l'indice NLBI (0,12) indique une pollution organique forte, accompagnée d'un classement de la qualité de l'eau dans la catégorie "mauvaise" selon la norme LWQC, en lien probable avec les teneurs en nitrates relativement élevées (jusqu'à 8,68 mg/l) et les apports exogènes issus de l'Oued Mouillah.

Les analyses physico-chimiques ont apporté un éclairage complémentaire. Les températures de l'eau sont modérément fraîches (12–13 °C), favorables à une diversité aquatique relativement importante. L'oxygène dissous varie de 5,73 à 8,3 mg/l, avec des niveaux parfois limite, pouvant impacter négativement les espèces les plus sensibles. La conductivité, stable entre 1,8 et 1,9 µS/cm, reflète une faible minéralisation, typique des eaux continentales algériennes. Le pH, compris entre 8,25 et 8,43, traduit une bonne capacité tampon du système, tandis que la salinité reste modérée. Les teneurs en nitrates et en nitrites, bien que variables, confirment l'impact des apports d'origine agricole, notamment dans les zones proches des écoulements de surface ou des ruissellements issus des versants cultivés.

La concordance entre la structure faunistique, les indices écologiques et les paramètres physico-chimiques permet d'affirmer que le barrage de Hammam Boughrara présente un état écologique intermédiaire, où les effets conjugués de la stagnation, de l'eutrophisation et des apports anthropiques sont perceptibles. La présence simultanée de genres sensibles et

tolérants témoigne d'un équilibre fragile, susceptible de basculer en cas de perturbation prolongée ou accrue.

Dans une perspective plus large, cette étude confirme la pertinence des macro-invertébrés benthiques comme outils bioindicateurs efficaces pour le diagnostic écologique des plans d'eau continentaux. Leur sensibilité aux variations du milieu, leur cycle de vie aquatique prolongé et leur diversité taxonomique en font des indicateurs fiables, tant sur le plan spatial que temporel. Les résultats obtenus soulignent la nécessité d'une surveillance continue de la qualité des eaux du barrage, notamment en période de hautes eaux, où les risques d'apports diffus sont plus importants. De plus, ils incitent à la mise en œuvre de mesures de gestion intégrée du bassin versant, visant à réduire les rejets non traités et à contrôler l'utilisation des fertilisants agricoles.

En somme, cette recherche apporte une contribution utile à la connaissance de la biodiversité benthique en milieu lentique, et constitue une base de référence pour de futures études comparatives à l'échelle régionale et nationale. Elle met en lumière l'importance cruciale d'une approche écologique intégrée pour préserver la fonctionnalité et la durabilité des écosystèmes aquatiques algériens, dans un contexte de changement climatique et de pressions humaines croissantes.

Références bibliographiques

1. ANDRE, J. (2001). *Étude sur la diversité des coléoptères aquatiques*. Thèse de doctorat, Université de Lyon.
2. ATTOU, A. (2014). *Étude écologique des macro-invertébrés benthiques dans un écosystème aquatique du nord-ouest algérien : cas du barrage de Beni Bahdel (Tlemcen)*. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, 93 p.
3. AUBER, J. (1976). *Les insectes aquatiques de France*. Éditions Paul Lechevalier, Paris.
4. AYYAT, N. (2025). *Évaluation de la qualité d'eau du barrage Boughrara par utilisation des paramètres physico-chimiques et les bactéries comme bio-indicateur*. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkais Tlemcen, 64 p.
5. BARBAULT, R. (1992). *Écologie des populations et des communautés*. Masson, Paris.
6. BEN SLIMA, L., BOUMAIZA, M. & AZRI, C. (2020). Assessment of ecological quality in a North African lagoon using benthic macroinvertebrates. *Water and Environment Journal*, 34(3), 466–478.
7. BENOUDAH, A. et al. (2016). Étude hydrobiologique sur la qualité des eaux de surface en Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 29(3), 245–259.
8. BENZINA, S. (2019). *Étude écologique des macro-invertébrés benthiques du barrage d'Ain Zada (Bordj Bou Arréridj)*. Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, 84 p.
9. BOUCHERBI, H. (1984). *Contribution à l'étude des macro-invertébrés dans les eaux continentales algériennes*. Thèse de 3e cycle, Université d'Alger, 165 p.
10. BOUCINNA, M. (2023). *Évaluation de la qualité écologique du barrage de Fergoug (Mascara) à travers les macro-invertébrés benthiques*. Mémoire de Master, Université de Mascara, 95 p.
11. BOULINIER, T. et al. (1998). Indices de diversité et conservation. *Revue d'Écologie*, 53, 87–105.
12. BOURNAUD, M. et al. (1996). Diversity and structure of macroinvertebrate communities in relation to environmental factors in a stream of the French Massif Central. *Hydrobiologia*, 317(3), 73–84.
13. BRITTAIN, J. E. (2003). Biology of the mayfly Baetis rhodani. *Freshwater Biology*, 48, 569–580.

14. BRINKHURST, R. O. (1986). *Guide to the freshwater oligochaetes*. Environmental Monitoring and Support Laboratory, U.S. EPA.

15. CLARK, J., HEDGES, S. & BAILEY, R. (2010). *Identification guide to Baetidae*. University Press, Cambridge.

16. DAJOZ, R. (1985, 2006). *Précis d'écologie* (6e éd.). Dunod, Paris.

17. DEJOUX, C. et al. (1983). *Insectes aquatiques d'Afrique*. Collection Faune Tropicale, ORSTOM.

18. EL BADAOUI, M. (2016). *Évaluation de la qualité écologique de l'oued Boufekrane (Maroc) à travers les macro-invertébrés*. Mémoire de Master, Université Moulay Ismail, Maroc.

19. FOTOMENBOHAN, H. et al. (2010). Méthodes de prélèvement et conservation des macro-invertébrés aquatiques. *Journal of Field Biology*, 4(1), 25–33.

20. FRONTIER, S. (1983). *Stratégies écologiques et structure des communautés*. Masson, Paris.

21. GOOGLE EARTH. (2025). Données géographiques de la station météorologique de Maghnia.

22. ILLIES, J. (1955). *Limnofauna Europaea*. Stuttgart: G. Fischer.

23. KEBABSA, M., BRAHIMI, S. & KARA, M.H. (2019). Structure et distribution des macro-invertébrés benthiques dans le barrage Koudiat Medaouar. *Hydrobiologia Algeriensis*, 5(2), 41–50.

24. KHEDIMELLAH, A., REZZOUG, Z. & BEKHOUCHE-GUECHTOULI, L. (2016). Diversité des macro invertébrés aquatiques dans deux barrages algériens. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 15(1), 12–20.

25. KHERBOUCHE, A. (2021). Analyse faunistique des macro-invertébrés dans un barrage algérien. Revue Écologie Nord-Africaine, 9(1), 67–78.

26. LEGENDRE, L. (1979). L'analyse des données écologiques. Presses de l'Université Laval.

27. MAACHI, A. (1990). Contribution à l'étude écologique des macro invertébrés benthiques d'un barrage du bassin de la Tafna. Thèse de Magister, Université d'Oran, 110 p.

28. MANDAVILLE, S. M. (2002). Benthic macroinvertebrates in freshwater–taxa tolerance values. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax.

29. MEKIDCH, H. (2019). Qualité écologique du barrage de Bouhanifia à travers les macro-invertébrés. Mémoire de Master, Université de Mascara.

30. MEKIDECHE, A. (2019). Analyse des communautés benthiques dans le barrage de Bouhanifia. Mémoire de Master, Université de Mostaganem.

31. MOISAN, J. (2010). Anatomie et morphologie des larves d'insectes aquatiques. CNRS, Paris.

32. MOUTHON, J. (2001). Mollusques d'eau douce et bioindication. Ecologie, 32(2),

33. NICHOLS, S. J. et al. (1998). Macroinvertebrates as indicators of lake condition. Ecological Indicators, 7(4), 143–158.

34. PANZER, G. W. (1797). Fauna Insectorum Germaniae. Nürnberg.

35. RAFINESQUE, C. S. (1815). Analyse de la nature. Palerme.

36. RAMADE, F. (2003). Éléments d'écologie appliquée. Dunod, Paris.

37. REGGAM, N., TALEB, A. & HADDAD, K. (2020). Bioévaluation de la qualité de l'eau du barrage Ghrib à l'aide des macroinvertébrés. J. Algérien des Régions Arides, 18(2),.

38. ROBIER, C. (1996). Température et solubilité de l'oxygène. Hydrobiologie Pratique,3.

39. SALHI, F., ABDELHALIM, M. & GHERBI, H. (2024). Caractérisation écologique du barrage de Koudiat Acerdoune (Bouira). Ecologia Mediterranea (Sous presse).

40. SENOUCI, N., BEMMOUSSAT-DEKKAK, S., AMMOURI, R. & ABDELLAOUI-HASSAINE, K. (2023). Water quality evaluation using benthic macroinvertebrates, physicochemical parameters and heavy metal levels. Applied Ecology and Environmental Research, 21(6)

41. SHAH, D., YADAV, R. & SINGH, S. (2011). A new index for water quality evaluation using macroinvertebrates. Ecological Indicators, 11(3), 772–780

42. TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M., & USSEGLIO-POLATERA, P. (2010). Invertébrés d'eau douce – Systématique, biologie, écologie (2e éd.). CNRS Éditions, Paris.

43. ZERGUINE, H. (2010). Chironomidae d'Algérie : diversité et distribution. Bulletin de la Société Algérienned'Entomologie,18(1),19–31.

ملخص

تُعَدّ المياه السطحية من الموارد الطبيعية الثمينة، لاسيما في المناطق شبه الجافة كمنطقة تلمسان. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة البيئية لمياه سد حمام بوغرارة (ولاية تلمسان، الجزائر)، باستخدام مؤشرات فيزيائية-كيميائية وأخرى بيولوجية عبر دراسة مجتمعات الماكرو-لافقاريات القاعية. تمّ أخذ العينات من ثلاث محطات موزعة على طول السد: المحطة الأولى (EAB) في المصب. تم تسجيل 245 فرداً موزعين على (EVB) قرب جسم السد، والمحطة الثالثة (APB) في المنبع، المحطة الثانية 15 Baetidae. وحدة تصنيفية، مع سيطرة واضحة للحشرات المائية، وخاصة عائلة بيّنت مؤشرات شانون انخفاضاً في التنوع. APB عن تدهور كبير في جودة المياه، خاصة في محطة NLBI الحيوي، بينما كشف مؤشر وتشير هذه النتائج إلى تأثير التلوث العضوي والضغوط البشرية على النظام البيئي للسد، مع أهمية استعمال الماكرو-لافقاريات كمؤشرات حيوية لرصد التغيرات البيئية

الكلمات المفتاحية: جودة المياه، الماكرو-لافقاريات، المؤشرات الحيوية، سد حمام بوغرارة ، الجزائر

Résumé

Les eaux de surface représentent une ressource précieuse, en particulier dans les régions semi-arides comme celle de Tlemcen. Ce travail vise à évaluer la qualité écologique du barrage de Hammam Boughrara (wilaya de Tlemcen, Algérie) à travers une approche combinant l'analyse physico-chimique et l'étude des macro-invertébrés benthiques. L'échantillonnage a été réalisé dans trois stations : en amont (station EAB), à proximité immédiate du barrage (station APB) et en aval (station EVB). Au total, 245 individus ont été récoltés, répartis en 15 taxons. Les insectes aquatiques, dominés par la famille des Baetidae, étaient majoritaires. L'indice de Shannon-Wiener a révélé une diversité faible, tandis que l'indice NLBI a indiqué une dégradation significative de la qualité de l'eau, plus marquée à la station APB. Ces résultats reflètent un impact anthropique notable, soulignant l'intérêt de l'utilisation des macro-invertébrés comme bio indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques.

Mot- clé : qualité de l'eau, macro-invertébrés, bio indicateurs, barrage de Hammam Boughrara, , Algérie.

Abscrat

Surface waters are a vital natural resource, especially in semi-arid areas like the Tlemcen region. This study aims to assess the ecological quality of the Hammam Boughrara Dam (Tlemcen, Algeria) through a combined analysis of physicochemical parameters and benthic macroinvertebrate communities. Samples were collected from three stations: up stream (EAB), near the dam wall (APB), and downstream (EVB). A total of 245 individuals belonging to 15 taxa were identified, with aquatic insects—particularly the Baetidae family—being dominant. The Shannon-Wiener index revealed low diversity, while the NLBI index indicated a high level of pollution, especially at the APB station. These findings point to significant anthropogenic pressures and demonstrate the usefulness of macroinvertebrates as bioindicators for monitoring freshwater ecosystem health.

Keywords: water quality, macroinvertebrates, bioindicators, Hammam Boughrara Dam, , Algeria.