

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'écologie et environnement

Mémoire

Présenté par :

KHELKHAL Merwa Amani

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Filière : hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : science de la mer

Thème

*Evaluation de la qualité des eaux de la moyenne Tafna par
l'utilisation des macros invertébrées comme bio-indicateurs*

Soutenu publiquement, le 25/09/2025 devant le jury composé de :

Président : Mesli Lotfi

Professeur Université de Tlemcen

Encadrante : Dekkak Bemoussat Soumya

MCB Université de Tlemcen

Examineur : MAHI Abdelhakim

MCA Université de Tlemcen

Année 2024/2025

Remerciement

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à madame Dekkak Bemoussat Soumya pour son encadrement, ses conseils précieux, sa disponibilité et sa patience tout au long de l'élaboration de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à l'examineur Mr. MAHI Abdelhakim, président Mr. Mesli Lotfi pour leurs orientations, leurs remarques constructives et leur bienveillance.

Je n'oublie pas d'adresser toute ma reconnaissance à ma famille, qui m'a soutenu moralement et matériellement, et qui a toujours cru en moi.

J'exprime aussi ma gratitude à mes camarades, amis et collègues, pour leur soutien, leurs encouragements et les moments de partage qui ont rendu ce parcours plus agréable.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Liste des figures

Figure 1 : macro-invertébrés (www.aquaportail.com)	5
Figure 2 : localisation du bassin versant de la Tafna (Scientific Figure on ResearchGate)	10
Figure 3 : Fluctuation des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Zenâta entre (2013-2023).....	13
Figure 4 : Courbe des températures (Max) moyennes entre 2013-2023	14
Figure 5: Courbe des températures minimales de station Zenâta entre 2013-2023.....	14
Figure 6 : Fluctuations des températures moyennes mensuelles de la station Zenâta entre 2013-2023.....	15
Figure 7 : diagramme ombrothermique de la station de Zenâta entre 2013-2023.....	16
Figure 8: géolocalisation des deux stations d'étude (google maps).....	17
Figure 9 : photo personnelle du site 2 Oued Tafna entre pierre du chat et el Karia.....	19
Figure 10: Technique de prélèvement qualitatif direct à l'aide de pince.....	21
Figure 11: Loupe	22
Figure 12 : Leica stéréoscope.....	23
Figure 13 Graphe de la composition des macro-invertébrés récoltés.....	26
Figure 14 : Baetidae	27
Figure 15 : Famille de Caenis	28
Figure 16 : Famille des Chironomidae	28
Figure 17 : Famille des planorbidae	29
Figure 18 : Photo personnelle simuliidae	29

Liste des tableaux

Tableau 3: Inventaire Systématique des macro-invertébrés récoltés.....	26
Tableau 4 : des valeurs de l'indice IBGN calculé pour les deux stations.....	30
Tableau 6 : Les valeurs des écarts types pour les paramètres physico chimiques.....	32
Tableau 1 :de détermination de la classe de variété taxinomique	96
Tableau 2 :de détermination du groupe faunistique indicateur	96

Tables des matières

Introduction Générale	VI
Chapitre1 :	4
.....	4
I. Présentation scientifique des macro-invertébrés :	5
1. Définition	5
2. Groupes taxonomiques principaux :	5
3. Rôles écologiques :	6
4. Utilisation en bio indication :	7
5. Facteurs influençant leur répartition :	8
Chapitre 2:	
II. Présentation de la zone d'étude : bassin versant de la Tafna	8
2.1. Localisation géographique d'oued Tafna	8
Chapitre 3: résultats	
composition taxonomique des peuplements de macro-invertébrés	
• LE CALCUL DE L'INDICE.....	24
Valeurs d'IBGN pour les deux stations	30
Potentiel hydrogène (pH)	31
Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	31
7. Nitrates (NO_3^-) (mg/L)	31
Nitrites (NO_2^-) (mg/L)	31
Conclusion générale	36
• Conclusion générale et recommandations	36

Introduction Générale

Introduction Générale

Les cours d'eau figurent parmi les écosystèmes les plus dynamiques et les plus complexes de la planète. Bien qu'ils couvrent moins de 1 % de la surface terrestre (Gleick, 1996), leur rôle écologique est crucial, tant pour le maintien de la biodiversité que pour le bon fonctionnement des communautés aquatiques (Dynesius et Nelson, 1994). L'évaluation de la qualité des eaux douces a commencé au début du XXe siècle avec des approches pionnières comme le système saprobique développé par Kolkwitz et Marsson en 1909. À cette époque, les connaissances émergentes sur l'écologie des macroinvertébrés benthiques ont permis d'identifier certains taxons particulièrement sensibles aux polluants (Woodiwiss, 1964). Depuis, ces organismes sont devenus des indicateurs biologiques de référence dans les programmes de surveillance écologique des rivières à travers le monde (Hellawell, 1986 ; Rosenberg et Resh, 1993 ; Metcalfe, 1996 ; Bonada et al., 2006 ; Friberg et al., 2009). En réponse à ces avancées scientifiques, plusieurs cadres législatifs et politiques environnementales ont été instaurés pour préserver les services écosystémiques des milieux aquatiques (Dos Santos et al., 2011)

La préservation de la qualité écologique des écosystèmes d'eau douce est aujourd'hui un enjeu majeur pour les sociétés humaines. Face aux impacts croissants des activités anthropiques sur ces milieux, des actions de réhabilitation sont régulièrement entreprises afin de rétablir un équilibre écologique satisfaisant. L'utilisation des macroinvertébrés benthiques permet notamment de détecter des déséquilibres environnementaux au sein des rivières et autres cours d'eau (Chessman, 2009). Le concept de bio-indication, quant à lui, désigne la capacité d'organismes vivants à refléter l'état d'un milieu à travers leur comportement, leur abondance ou leur absence (Blandin, 1986). Ces organismes, appelés bio-indicateurs, jouent un rôle complémentaire à l'analyse chimique en apportant une vision intégrée de la qualité des écosystèmes, tout en étant économiquement plus accessibles (Hawkes, 1979 ; Karr, 1991).

Les pratiques modernes de surveillance écologique s'appuient sur l'étude de la diversité, tant fonctionnelle que taxonomique, des communautés biologiques aquatiques. Des groupes comme les diatomées (Stevenson et Pan, 1999), les plantes aquatiques (Schorer et al. 2001), les macroinvertébrés (Mondy et al. 2012) ou encore les poissons (Plafkin et al. 1989) servent d'indicateurs fiables pour suivre la santé des milieux aquatiques. Parmi eux, les macroinvertébrés benthiques sont particulièrement utilisés dans l'évaluation biologique des eaux douces (Mason et Parr, 2003). Leur intérêt réside dans leur vaste répartition, leur présence dans des habitats variés, et leur capacité à coloniser des substrats diversifiés (Metcalfe, 1989 ; Linke et al. 1999).

Introduction Générale

Certains macroinvertébrés benthiques dépendent de microhabitats spécifiques et présentent une mobilité très limitée, souvent restreinte à quelques dizaines de mètres. Cette faible capacité de déplacement les oblige à rester exposés aux perturbations environnementales, auxquelles ils réagissent soit en développant une certaine tolérance, soit en disparaissant (Cook, 1976). Leur réaction rapide aux changements comme la pollution ou la dégradation de l'habitat, ainsi que leur sensibilité variable selon les espèces, en font de bons témoins des altérations écologiques.

C'est pourquoi de nombreux indices biotiques ont été conçus à partir de ces organismes, souvent fondés sur la richesse ou l'abondance de certains groupes taxonomiques (Rosenberg et Resh, 1993 ; Metcalfe, 1996). Représentant un ensemble d'ordres très diversifiés, les macroinvertébrés offrent une large gamme de réponses écologiques, ce qui les rend particulièrement adaptés à l'évaluation biologique des milieux aquatiques (Rosenberg et Resh, 1993).

En complément des approches purement taxonomiques, l'analyse des traits fonctionnels permettrait d'établir des liens plus profonds entre la structure biologique et le fonctionnement des écosystèmes (Brink et al. 2011). Ces traits, liés à l'histoire de vie des organismes, englobent des aspects biologiques, écologiques et physiologiques, décrits de manière qualitative ou quantitative (Archambault, 2003 ; Tachet et al. 2010).

Alors que la faune de macroinvertébrés en Europe et en Amérique du Nord est relativement bien étudiée, elle demeure encore peu connue dans des régions comme l'Afrique du Nord, en particulier en Algérie. Les travaux réalisés jusqu'à récemment y étaient souvent ponctuels, se limitant à des descriptions d'espèces sans réelle analyse écologique approfondie (Eaton, 1899 ; Bedel, 1895 ; Navàs, 1917 ; etc.). Toutefois, entre 1928 et 1980, certaines études plus complètes ont permis une meilleure connaissance des peuplements, notamment grâce aux contributions de chercheurs comme Gauthier (1928), Guignot (1931, 1933), Vaillant (1955) ou Bertrand (1972).

Depuis les années 1980, l'essor des programmes universitaires en écologie, hydrobiologie et zoologie a favorisé une multiplication des recherches locales. De nombreuses études ont alors vu le jour, menées par des auteurs tels Gagneur, Lounaci, Samraoui, Berchi, entre autres, contribuant à une meilleure compréhension de la faune benthique des milieux aquatiques algériens.

Malgré les nombreuses contributions récentes à l'étude des macroinvertébrés en Algérie (Arab et al. 2004 ; Zerguine et al. 2009 ; Chaib et al. 2011 ; Khelifa, 2013 ; Yasri et al. 2013 ; Moubayed-Breil et Lounaci, 2013 ; Hamzaoui et al. 2015 ; Sekhi, 2010 ; Zougaghe et al. 2014 ;

Introduction Générale

Sellam et al. 2017 ; Benzina et Si Bachir, 2018 ; Benzina et al. 2018, 2019), les travaux portant sur l'écologie de ces organismes et leur utilisation en bio-surveillance dans les milieux arides, notamment en Afrique du Nord, restent limités. Cette rareté des études est en grande partie due à un déficit de connaissances fondamentales sur la taxonomie, l'écologie et les traits biologiques de ces espèces dans ces régions, contrairement à ce qui est observé dans les zones tempérées ou tropicales (Touron-Poncet et al. 2014).

Dans les milieux arides, la pollution de l'eau représente un danger particulièrement sévère. En raison de la rareté des ressources hydriques, les processus naturels de dilution et d'élimination des polluants y sont très restreints, ce qui rend les écosystèmes aquatiques plus vulnérables et les effets de la contamination souvent irréversibles (Sarah, 2009 ; Heyns, 1999). Ces milieux sont en outre marqués par une forte variabilité spatio-temporelle des conditions environnementales, influençant directement la composition et la structure des communautés benthiques (Fruget et Dessaix, 2002).

L'Algérie, à l'image de l'ensemble de l'Afrique du Nord, souffre encore d'un manque de politiques claires et de programmes scientifiques structurés pour la gestion et la protection des écosystèmes d'eau douce, essentiels au bien-être des populations. Le climat algérien, façonné par une forte influence méditerranéenne au nord, crée une zone de transition unique entre l'Afrique et l'Europe. En revanche, les régions plus centrales et sahariennes sont confrontées à des conditions climatiques rigoureuses, qui affectent profondément les milieux aquatiques et les communautés biologiques qui en dépendent.

L'objectif principal de cette étude est de renforcer les recherches déjà menées par l'équipe d'Hydrobiologie du laboratoire d'écologie et gestion des écosystèmes naturels de l'université de Tlemcen. Elle vise à approfondir l'évaluation de la qualité des eaux de la moyenne Tafna, en s'appuyant de manière plus précise sur l'utilisation des macro-invertébrés en tant que bioindicateurs.

Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

I. Présentation scientifique des macro-invertébrés :**.1. Définition**

Les macro-invertébrés aquatiques sont des animaux invertébrés visibles à l'œil nu (taille > 0,5 mm), vivant au moins une partie de leur cycle de vie dans l'eau douce (rivières, ruisseaux, étangs, lacs). On les retrouve principalement dans les sédiments, sous les pierres, les feuilles mortes et autres substrats.



Figure 1 : macro-invertébrés (www.aquaportail.com)

2. Groupes taxonomiques principaux :

Les macro-invertébrés forment un groupe hétérogène, incluant plusieurs embranchements :

- Arthropodes :
 - Insectes (larves de trichoptères, diptères, éphéméroptères, plécoptères...)
 - Crustacés (gammaridés, aselles)
- Mollusques :
 - Gastéropodes (limnées, planorbes...)
 - Bivalves
- Annélides :

- Oligochètes
- Hirudinées (sangues)
- Plathelminthes :
- Planaires

Les macro-invertébrés incluent une variété d'arthropodes (insectes, crustacés), de mollusques, d'annélides et d'autres groupes. Leur classification permet d'évaluer la biodiversité et de suivre les évolutions des populations dans les écosystèmes. →

Le cycle de développement des macro-invertébrés aquatiques, est fortement influencées par les conditions environnementales du milieu aquatique (Tachet et al., 2010). Chez les insectes aquatiques, ce cycle débute généralement par la phase œuf, durant laquelle les femelles pondent directement dans l'eau ou sur des substrats immergés. La durée d'incubation varie selon les espèces et dépend de facteurs abiotiques tels que la température, le taux d'oxygène dissous et la qualité chimique de l'eau (Allan & Castillo, 2007).

Après l'éclosion, les individus entrent dans une phase larvaire ou nymphale, souvent longue, durant laquelle ils réalisent plusieurs mues. Les larves vivent principalement dans les habitats benthiques où elles se nourrissent de matières organiques, d'algues ou de débris (Bonada et al., 2006). Cette étape est particulièrement vulnérable aux modifications du milieu, ce qui explique pourquoi les macro-invertébrés sont largement utilisés comme bioindicateurs dans l'évaluation écologique des cours d'eau (Barbour et al., 1999).

La dynamique de ce cycle est étroitement dépendante de l'environnement : une augmentation de la température, une baisse de l'oxygène dissous ou une pollution par les nitrates et nitrites peuvent nuire à la survie ou au succès reproducteur. De ce fait, la structure des communautés de macro-invertébrés constitue un indicateur fiable et reconnu de l'état écologique des milieux aquatiques (Tachet et al., 2010 ; Hering et al., 2006).

3. Rôles écologiques :

Ces organismes interviennent dans les cycles biogéochimiques en participant à la décomposition de la matière organique et en facilitant le recyclage des nutriments. Ils servent également de source de nourriture pour de nombreux poissons et oiseaux, intégrant ainsi des chaînes trophiques complexes (Wallace et al., 1996)

- Chaîne alimentaire : Prédateurs, détritivores, brouteurs, filtreurs.

- Recyclage de la matière organique : dégradation des feuilles et débris.
- Indicateurs biologiques : leur composition reflète la qualité écologique des milieux aquatiques.
- Substrat pour d'autres organismes : biofilms, algues, bactéries.

4. Utilisation en bio indication :

Les macro-invertébrés sont utilisés dans les programmes de suivi de la qualité des eaux (comme le BMWP, IBGN en France, ou IBMWP en Espagne).

- Certains groupes sont tolérants à la pollution (ex. : larves de chironomes).
- D'autres sont sensibles (ex. : éphéméroptères, trichoptères, plécoptères).
- Leurs assemblages permettent de calculer un indice biotique.

La sensibilité de certains macro-invertébrés à la pollution et aux variations de l'habitat en fait des indicateurs fiables pour évaluer la qualité de l'eau et l'état de santé des milieux aquatiques. Leurs communautés reflètent souvent l'impact des pressions environnementales et des activités humaines.

5. Facteurs influençant leur répartition:

Ce sont les éléments physiques ou chimiques du milieu qui influencent la répartition des organismes aquatiques.

1. Température de l'eau → Influence directement le métabolisme des organismes. → Une eau trop chaude réduit la quantité d'oxygène dissous et peut être néfaste pour certaines espèces sensibles (ex. truites).

2. Vitesse et profondeur du courant → Détermine la répartition des espèces : certaines préfèrent les eaux calmes (escargots, plantes aquatiques), d'autres les eaux vives (larves d'éphémères). → Affecte aussi la disponibilité en oxygène.

3. Type de substrat (sable, gravier, vase...) → Conditionne la fixation des organismes (mollusques, insectes benthiques). → Le substrat vaseux retient plus de matière organique et moins d'oxygène que le gravier.

4. Teneur en oxygène dissous → Essentielle à la respiration des êtres vivants aquatiques. → Diminue avec la pollution organique ou la température élevée.

5. Pollution organique ou chimique → Influence la survie et la diversité des macro-invertébrés. → Une pollution élevée favorise les espèces tolérantes (ex. larves de chironomes) et élimine les sensibles (éphémères, trichoptères).

6. Couverture végétale et ombrage → Régule la température de l'eau et la lumière disponible. → Réduit l'érosion et fournit de la matière organique (feuilles, branches). ---

◆ **Facteurs biotiques (vivants)** Ce sont les interactions entre les êtres vivants qui influencent leur répartition.

1. Présence de végétation aquatique → Fournit abri, nourriture et zones de reproduction pour de nombreuses espèces.

2. Relations entre les organismes → Prédation : certains animaux se nourrissent d'autres (ex. poissons insectivores). → Compétition : pour la nourriture, l'espace ou l'oxygène. → Symbiose : certaines espèces vivent en association bénéfique (ex. algues et bactéries).

3. Activités humaines (indirectement biotiques car elles proviennent d'organismes vivants humains) → Déforestation, agriculture, rejets domestiques... modifient profondément le milieu et les communautés aquatiques.

II. Présentation de la zone d'étude : bassin versant de la Tafna**2.1. Localisation géographique d'oued Tafna**

- Région : Nord-ouest algérien.
- Coordonnées approximatives : 35°N / 1°W.

- Départements concernés : Tlemcen principalement, mais l'oued traverse aussi des zones proches de Sidi Bel Abbès.

Le bassin versant de l'Oued Tafna couvre environ 7245 km² et constitue l'une des composantes hydrologiques majeures du nord-ouest algérien.

Caractéristiques géographiques :***Étendue territoriale :**

Le bassin s'étend principalement dans la wilaya de Tlemcen et peut inclure, dans sa périphérie, des zones relevant du territoire marocain. Cette étendue en fait un territoire hétérogène avec des zones montagneuses dans les monts de Tlemcen et des plaines alluviales plus propices à l'agriculture.

***Topographie et relief :** La partie supérieure du bassin, près de la source de l'oued Tafna dans les montagnes, se caractérise par des pentes abruptes et des sols issus de l'érosion alors que la partie inférieure, en se rapprochant de la Méditerranée, présente des plaines alluviales où se déposent les sédiments transportés par le fleuve

Dynamique hydrologique :*Affluents et sous-bassins :**

Le bassin se subdivise en plusieurs sous-bassins qui regroupent des affluents secondaires, participant chacun au régime hydrique de l'oued Tafna. Ces affluents jouent un rôle crucial en modulant le débit, surtout lors des crues saisonnières.

Régime pluviométrique : La variabilité du climat, caractérisé par des périodes de fortes précipitations et des épisodes de sécheresse, impacte directement la dynamique hydrologique du bassin. Les précipitations sont souvent concentrées pendant les saisons hivernales, entraînant un ruissellement qui alimente les cours d'eau.

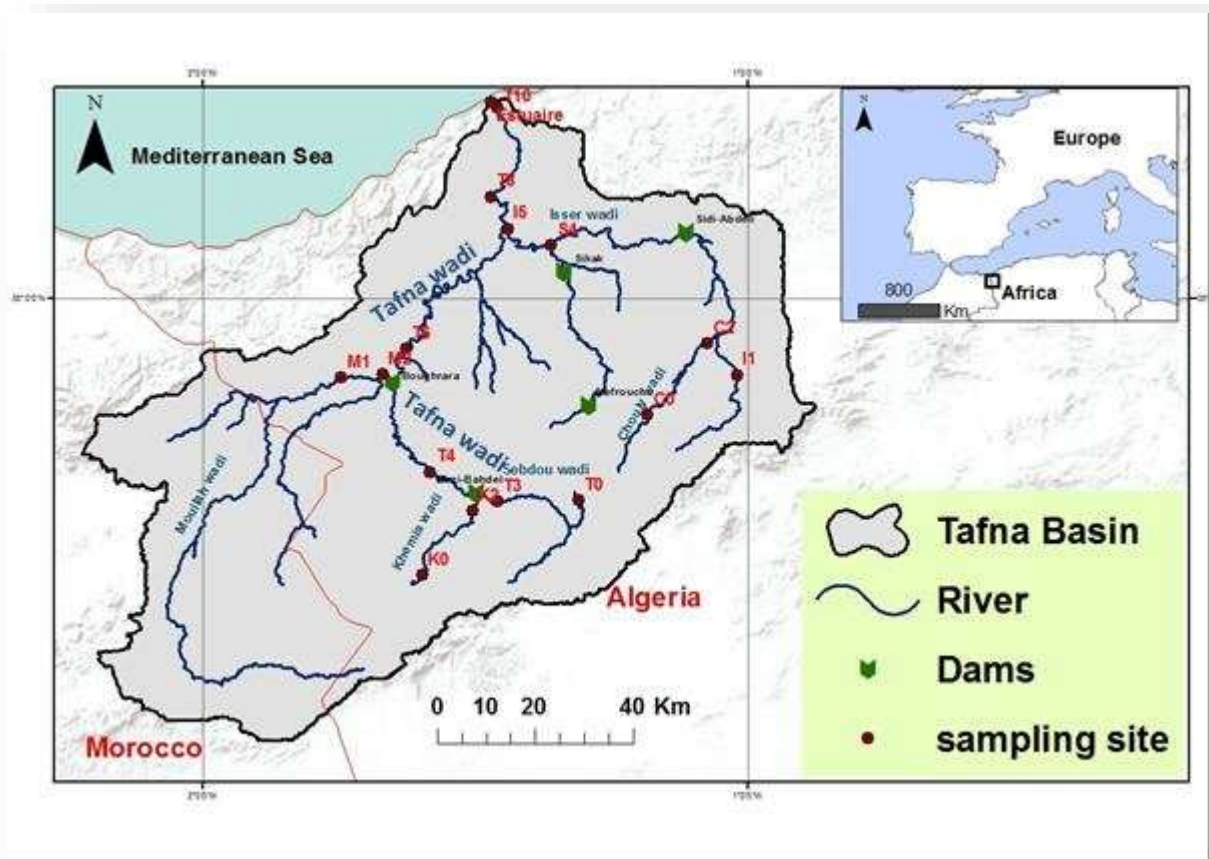


Figure 2 : localisation du bassin versant de la Tafna (Scientific Figure on ResearchGate) 2014-2020

Chapitre 2 :

Matériel et méthodes

2.1 Présentation de la zone d'étude

2.1.1 Etude climatique

Le climat du bassin versant de la Tafna est caractérisé par une forte variabilité interannuelle et saisonnière, influençant de manière significative les processus écosystémiques de la région. Cette variabilité se manifeste par une alternance entre périodes de crue et d'étiage, avec des répercussions notables sur les ressources hydriques, la biodiversité aquatique, et la dynamique des habitats naturels. Des recherches récentes (Kazi-tani et al., 2023) ont mis en évidence que cette variabilité hydrologique est étroitement liée aux conditions climatiques, notamment aux anomalies pluviométriques et thermiques.

L'étude de climat régional repose sur des méthodes intégrant des approches climatologiques et biogéographique. Notamment, l'identification des périodes de déficit hydrique a été réalisée à l'aide du diagramme ombrothermique de Gaussen (1953), tandis que le régime climatique général a été défini grâce l'indice de continentalité d'Emberger (1955). Les variables principales considérées incluent la température moyenne, la répartition saisonnière des précipitations et les extrêmes météorologiques (Barry,1979). Les données utilisées, issues du site Tutiempo, couvrent la période récente de 2013 à 2023 pour la station météorologique de Zenâta.

2.1.1.1 caractérisations pluviométriques :

La répartition spatiale et temporelle des précipitations joue un rôle déterminant dans la régulation des écosystèmes aquatiques. Trois aspects clés sont généralement considérés pour évaluer l'impact de la pluviométrie :

-Cumul annuel : il conditionne la recharge des nappes phréatique, le renouvellement des réservoirs et la pérennité des ressources hydriques.

-Distribution intra-annuelle : la variabilité mensuelle et saisonnière des précipitations influence la dynamique hydrologique, générant des épisodes de stress hydrique ou de crues soudaines.

Extrêmes pluviométrique : les événements de fortes précipitations sur de courtes durées sont responsables de crues éclair et de processus érosifs importants.

La pluviométrie est fortement conditionnée par des facteurs climatiques et environnementaux tels que la morphologie du terrain, la lithologie, l'évapotranspiration potentielle, et les anomalies thermiques. L'analyse des données pour la période 2013-2023 révèle des contrastes importants entre les années. Les mois estivaux, en particulier juillet et aout, présentent un déficit

Chapitre2:

pluviométrique marqué, tandis que des pics de précipitations sont fréquemment enregistrés en hiver et au printemps (notamment en janvier et avril. (Fig. 3).

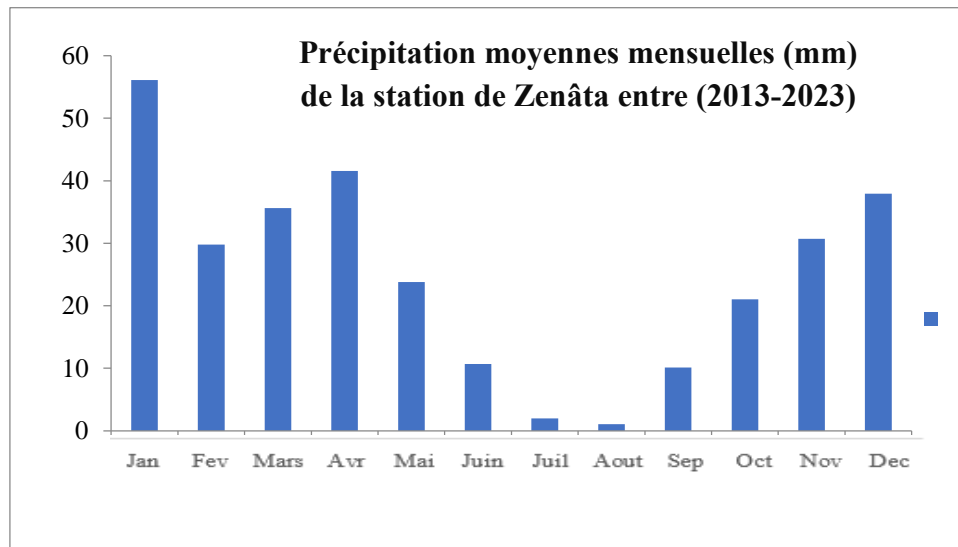


Figure 3 : Fluctuation des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Zenâta entre (2013-2023)

2.1.1.2 Température :

La température constitue un indicateur clé du fonctionnement climatique régional, influençant directement les cycles physiologiques des organismes et les processus d'évaporation, de transpiration et de photosynthèse. Dans la zone d'étude, le régime thermique révèle une nette dichotomie saisonnière. La période estivale se distingue par des températures élevées, ce qui intensifie les phénomènes d'aridification, la demande en eau et la pression sur les cultures.

En hiver, les températures restent relativement modérées, avec des minimaux tournants autour de 11°C Ces conditions atténuent les risques de gel, ce qui favorise une certaine continuité dans l'activité biologique et agricole. Le régime thermique observé reflète un climat de type méditerranéen, caractérisé par une forte amplitude saisonnière des températures, impactant la disponibilité de l'eau, la croissance végétale et la répartition des espèces.

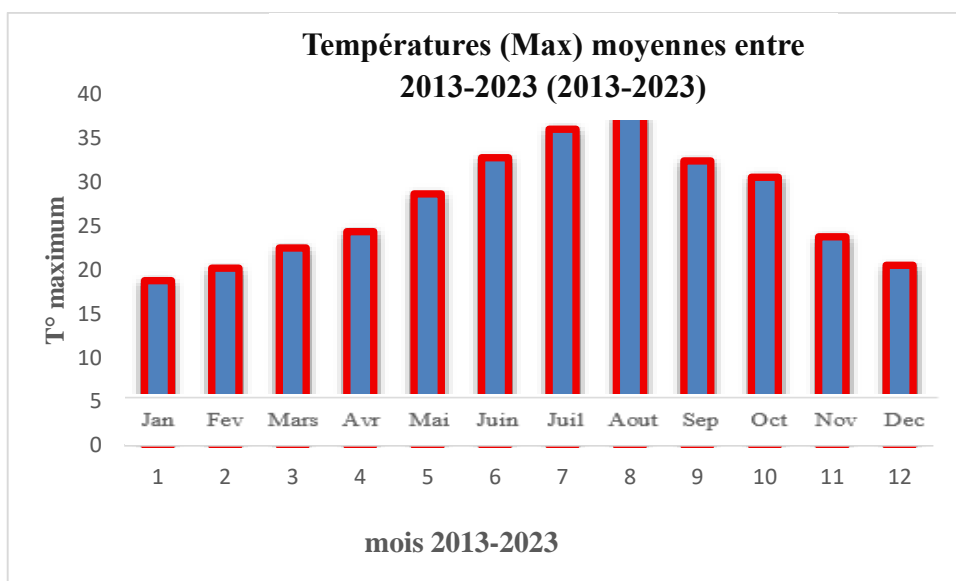


Figure 4 : Courbe des températures (Max) moyennes entre 2013-2023

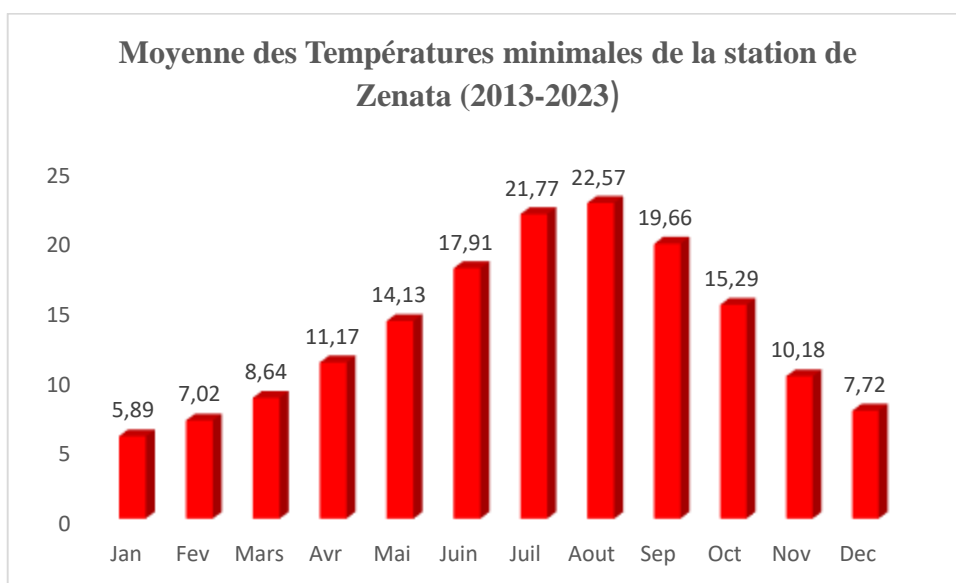


Figure 5: Courbe des températures minimales de station Zenâta entre 2013-2023

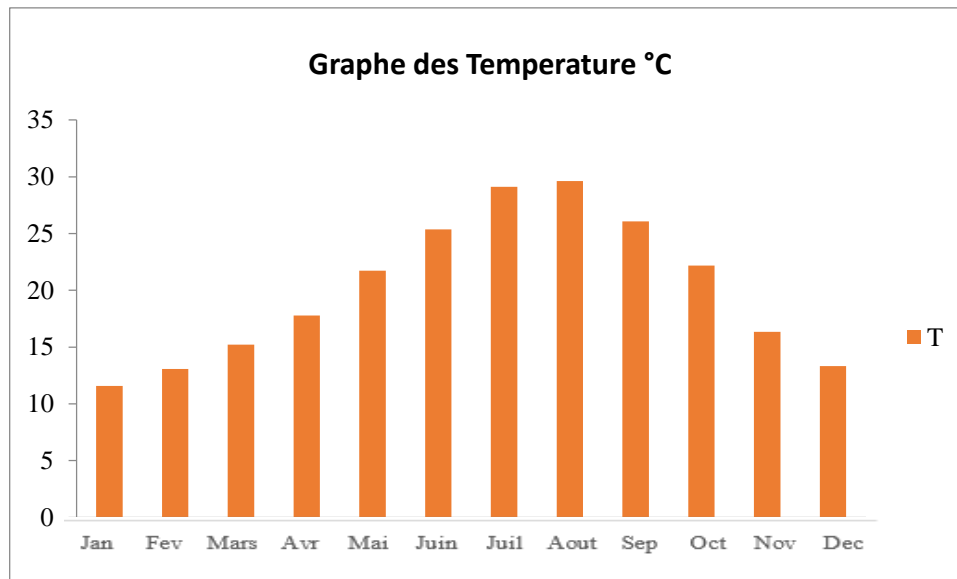


Figure 6 : Fluctuations des températures moyennes mensuelles de la station Zenâta entre 2013-2023

2.1.1.3 Diagramme ombrothermique :Bagnouls et Gausсен 1953

Un diagramme ombrothermique est un graphique bivarié qui met en relation :

- Les températures mensuelles moyennes (en °C) — généralement représentées par une courbe.
- Les précipitations mensuelles (en mm) — représentées par des barres ou une autre courbe.

Critère visuel important : dans de nombreux cas (comme dans les diagrammes de Gausсен), l'échelle est choisie selon la règle :

1 mm de précipitation = 2 °C de température. $P=2T$

Cela permet de repérer facilement les mois secs : un mois est considéré comme sec si la courbe de température est au-dessus de celle des précipitations (en utilisant cette échelle).

Utilité :

- Étudier les caractéristiques climatiques d'un lieu (climat méditerranéen, tropical, etc.)
- Identifier les saisons sèches et humides
- Comparer le régime pluviométrique et thermique entre différentes zones

Bagnouls et Gausсен, H. (1955) – Créateur du diagramme ombrothermique utilisé en biogéographie, notamment pour caractériser les climats en fonction de la végétation.

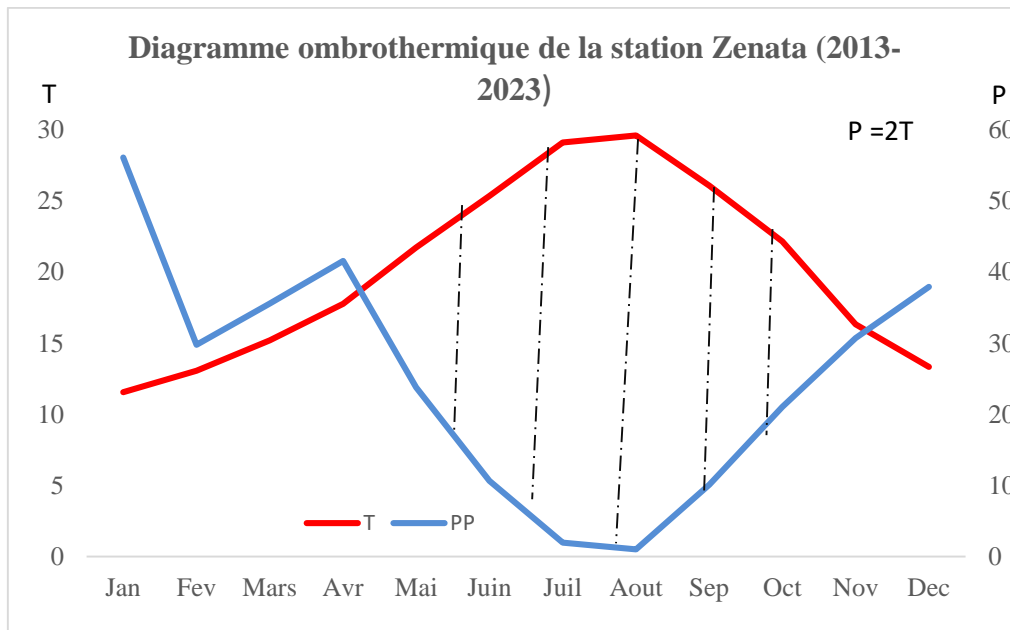


Figure 7 : diagramme ombrothermique de la station de Zenâta entre 2013-2023

A travers le diagramme nous notons (fig.7) une première période sèche bien distincte relativement courte s'étendant de février à mars, marquant une phase transitoire vers la saison humide. Le mois de février représente le point culminant de cette période, caractérisé par une baisse notable de précipitation. La seconde période sèche est beaucoup plus prolongée, elle couvre environ les deux tiers de l'année s'étalant du mois de mai à novembre. Elle se distingue par un déficit pluviométrique marqué, traduisant cette aridité prolongée qui exerce une pression considérable sur les écosystèmes aquatiques, réduisant les débits d'eau et la disponibilité des habitats pour la faune benthique d'invertébrés aquatique, tels que les éphéméroptères, Trichoptères, dont le cycle biologique dépend de la qualité et de la quantité d'eau disponible. Cette vulnérabilité écologique risque de s'aggraver avec les effets du changement climatique, notamment par l'intensification des sécheresses et la réduction des régimes de précipitations.

3. localisation des sites d'étude :

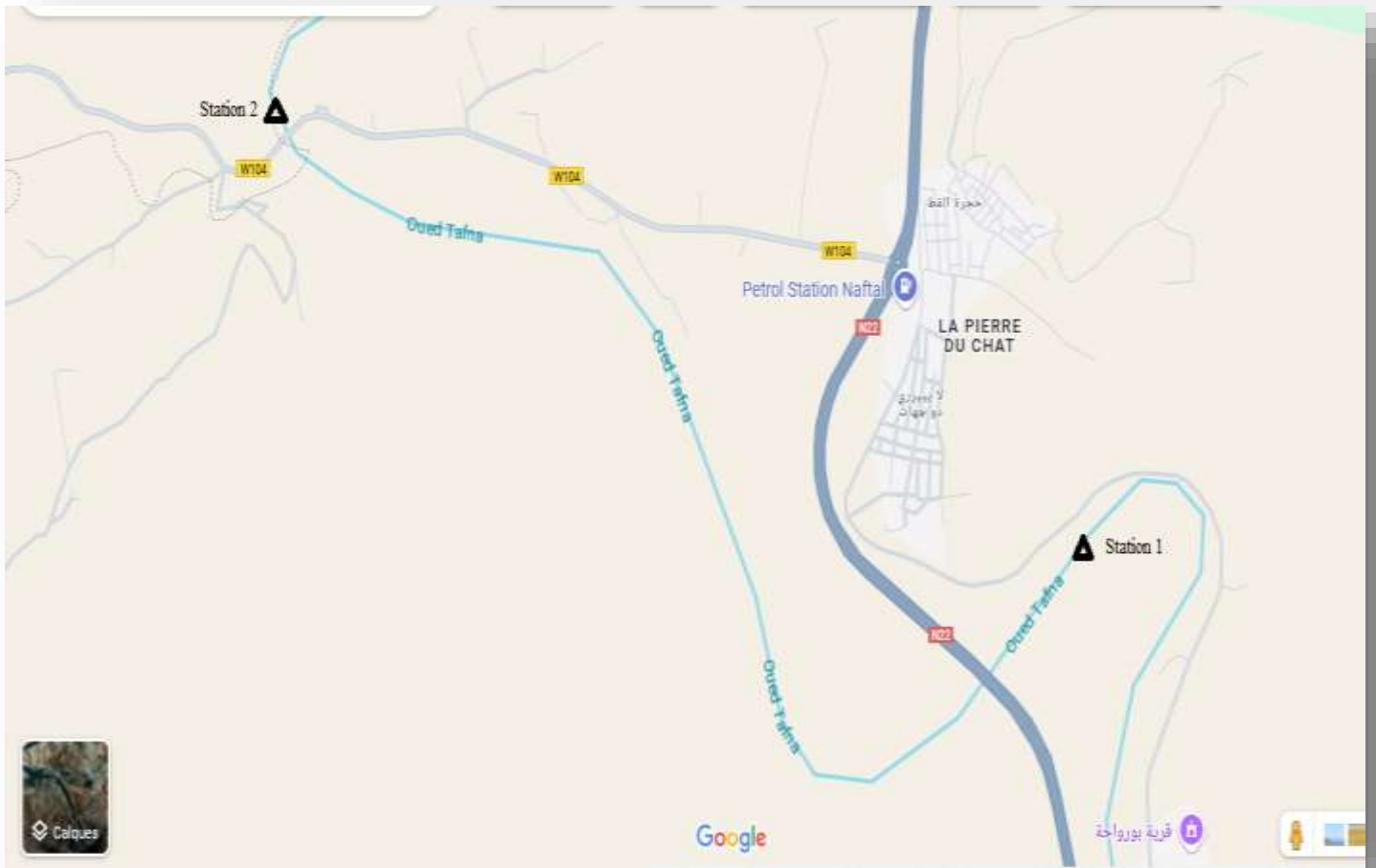


Figure 8: géolocalisation des deux stations d'étude (google maps)

- *Présentation de la station d'étude : oued Tafna (entre Pierre du Chat et Bourouaha)*

Station 1 :

La station d'étude est localisée dans la portion moyenne inférieure du bassin versant de l'oued Tafna, précisément entre les localités de Pierre du Chat et de Bourouaha, au nord-ouest de l'Algérie. Cette position intermédiaire confère à la station un rôle hydrologique et géomorphologique majeur dans la dynamique du bassin.

Le climat de la région est de type méditerranéen, caractérisé par des précipitations saisonnières concentrées durant les mois d'hiver, et des périodes estivales marquées par une sécheresse prononcée. Ce régime pluviométrique entraîne un écoulement discontinu de l'oued Tafna, avec des crues occasionnelles à fort pouvoir érosif, responsables du transport et du dépôt de matériaux alluvionnaires.

Le territoire présente une topographie variée :

Chapitre2:

- En amont, du côté de Pierre du Chat, le relief est relativement escarpé et composé de formations rocheuses dures. Cette configuration favorise le ruissellement rapide des eaux de surface et accentue l'érosion des versants.
- En aval, vers Bourouaha, le relief devient plus doux et les pentes s'adoucisent, facilitant ainsi la décantation des matériaux transportés. Il en résulte la formation de plaines alluviales fertiles, constituant un espace favorable à l'agriculture.

Ainsi, cette station constitue une zone d'observation privilégiée pour l'étude des processus d'érosion, de transport sédimentaire et de dépôt, ainsi que pour l'analyse de l'interaction entre dynamiques naturelles et usages anthropiques dans un contexte méditerranéen.



Photo personnelle 8 : station entre pierre du chat et Bourouha

1-Station 2 :

La station d'étude est située dans la partie médiane du bassin versant de l'oued Tafna, entre les localités de Pierre du Chat et El Karia, dans le nord-ouest algérien. Cette zone intermédiaire joue un rôle clé dans la dynamique hydro-sédimentaire du bassin, en raison de sa position géographique stratégique entre les zones de forte déclivité en amont et les secteurs plus plats en aval.

Sur le plan topographique, le secteur présente un relief contrasté :

- À proximité de Pierre du Chat, le terrain est relativement accidenté, avec des affleurements rocheux favorisant un écoulement rapide et une érosion intense des versants.
- En se dirigeant vers El Karia, le relief tend à s'adoucir, donnant lieu à une sédimentation progressive le long du lit majeur de l'oued. Cette dynamique favorise la formation de sols alluviaux fertiles, souvent exploités pour l'agriculture locale.

Chapitre2:

Par ailleurs, la station se caractérise par une interaction marquée entre les facteurs naturels (pluviométrie, géologie, topographie) et les activités humaines (pratiques agricoles, aménagements hydrauliques), ce qui en fait un site pertinent pour l'étude des processus d'érosion, de transport et de dépôt sédimentaire dans les bassins versants méditerranéens.



Figure 9 : photo personnelle du site 2 Oued Tafna entre pierre du chat et el Karia

2.2 Méthodologie

2.2.1 Période d'échantillonnage

La période d'échantillonnage s'étale sur quatre mois, de février à mai 2025, on a réalisé trois prélèvements. en février, le climat en cette période était relativement doux, annonçant progressivement la fin de la saison hivernale. Ce temps clément a progressé vers une nette hausse des températures en mois de mai, signe manifeste de l'arrivée de la période estivale.

Méthodologie d'échantillonnage

Une fiche de terrain est préparé préalable pour chaque sortie sur terrain et pour chaque station (voir annexe). La faune a été prélevée à l'aide :

- Filet Surber : Filet de 30 × 30 cm avec une maille de 500 µm, utilisé pour prélever les macro-invertébrés présents sur un substrat de 0,09 m².
- Filet troubleau : Filet de 50 cm de diamètre avec des mailles de 1 mm, utilisé pour capturer les organismes planctoniques et les petits macro-invertébrés.
- Pincettes entomologiques : Employées pour collecter les individus présents sur les substrats et les végétaux aquatiques.
- Ethanol à 70 %



Photo personnelle : filets Surber et trouble eau



Figure 10: Photo personnelle Technique de prélèvement qualitatif direct à l'aide de pince

Les prélèvements sont mis dans des bocaux remplis d'éthanol à 70% et étiquetés.

Chapitre2:

2.3 Tri et identification taxonomique :

Au laboratoire, les échantillons sont d'abord débarrassés des diverses particules qui leur sont adhérentes, telles que les débris, les végétaux et les graviers, puis minutieusement triés à l'aide d'une loupe binoculaire (figure 12). La manipulation des macro-invertébrés est réalisée à l'aide de pince fines et d'aiguilles montées, afin de préserver l'intégrité des spécimens. L'identification a été poussée jusqu'au niveau spécifique, et même la distinction entre différents morphotypes au sein d'une même espèce a été réalisée grâce aux travaux scientifiques de Bemoussat- Dekkak et al. (2021a, b et c). et à l'aide de clé de détermination



Figure 11: Photo personnelle Loupe

2.3.3 Documentation et conservation :

Les échantillons identifiés ont été capturés à l'aide d'une caméra numérique spécialisée associée à un microscope de haute résolution. Un appareil Leica, équipé de la technologie LAS X, a permis une analyse taxonomique détaillée. Ce logiciel permet de gérer efficacement l'acquisition, l'analyse et la gestion des données d'imagerie, facilitant ainsi la classification des spécimens en fonction de leurs caractéristiques morphologiques distinctes.

Une fois triés, les spécimens sont immergés dans une solution alcoolique à 75% pour garantir leur préservation à long terme. Cette étape est cruciale pour maintenir l'intégrité des structures internes et faciliter les futures analyses. L'étiquetage des tubes contenant les échantillons, avec des informations spécifiques comme l'espèce et la date de récolte, est réalisé. Cette méthode assure non seulement la conservation physique des spécimens mais aussi la pérennité des données associées à chaque échantillon.



Figure 12 : Photo personnelle Leica stéréoscope

2.3.4 Analyse des paramètres physico-chimiques

Dans le but de mieux comprendre les exigences écologiques et les tolérances environnementales des macro-invertébrés, une analyse approfondie des conditions physico-chimiques de leurs habitat a été réalisée. Pour ce faire, plusieurs paramètres environnementaux ont été mesurés, notamment la température de l'air et l'eau, le pH, la conductivité électrique, la salinité, ainsi que les concentrations en oxygène dissous, Nitrates et Nitrites. Ces mesures ont été effectuées de manière systématique lors de chaque campagne d'échantillonnage afin de caractériser finement les conditions abiotiques du milieu.

Sur terrain : des mesures in situ ont été réalisées pour évaluer directement certaines conditions environnementales, cela inclut notamment la température de l'air et de l'eau, la profondeur du site, la pente hydrologique, ainsi que l'altitude et la localisation GPS de chaque station d'échantillonnage. Ces relevés ont permis de documenter les variables influençant potentiellement la distribution spatiale des macro-invertébrés.

Au laboratoire : des échantillons d'eau ont été prélevés sur le terrain dans des flacons de 0.5 litres, protégés par de l'aluminium pour préserver leurs propriétés physico-chimiques.

Transportés dans un sac isotherme afin de garantir la stabilité des paramètres mesurés.

Les analyses du potentiel hydrogène (pH) a été réalisée à l'aide d'un photomètre. L'analyse de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et de la salinité (g/l) ont été effectuées l'aide d'un multi

Chapitre2:

paramètre (WTW Multi 340i). Les concentrations en nitrites et nitrates ont été obtenues par colorimétrie à l'aide d'un photomètre. Toutes les analyses ont été réalisées par l'ingénieur du laboratoire Bemoussat Benali

2.4. Traitement des données

2.4.1 Indice IBGN (Indice Biologique Globale Normalisé) :

L'Indice Biologique Global Normalisé ou IBGN permet d'évaluer la qualité hydrobiologique d'un cours d'eau, par l'intermédiaire de la composition des peuplements d'invertébrés benthiques vivant sur divers habitats (les couples : support/vitesse). Dans les zones du cours d'eau qui permettent la visibilité et l'accessibilité.

- Le calcul de l'indice

L'IBGN est établi à partir des tableaux de détermination comprenant pour le premier les 14 classes de variété taxinomique ; pour le second les 9 groupes faunistiques indicateurs . . . Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 152 taxons. L'unité taxinomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe (38 d'entre eux constituent les 9 groupes faunistiques indicateurs (GFI), numérotés de 1 à 9 dans le tableau de détermination, par ordre de polluosensibilité croissante).

On détermine à partir des 2 tableaux successivement :

- La variété taxinomique de l'échantillon, égale au nombre total de taxons récoltés, même s'ils ne sont représentés que par un seul individu. Ce nombre est inféodé aux classes de variété figurant dans le tableau.

- Le groupe faunistique indicateur (GFI), en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons. La détermination du GFI s'effectue en prospectant le tableau de gauche à droite (GFI 9 à GFI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou $n > 10$ individus) d'un taxon du répertoire du tableau.

On calcule l'IBGN à partir du GFI et de la classe de variété. Par exemple :

GFI = 9 et Variété Taxinomique = 19 (classe de variété = 6) alors IBGN = 14

GFI = 4 et Variété Taxinomique = 30 (classe de variété = 9) alors IBGN = 12

- Les avantages et limites de l'indice

L'emploi de l'IBGN est spécialement indiqué pour les perturbations qui induisent une modification de la nature du substrat et de la qualité organique de l'eau : rejet de type urbain à

Chapitre2:

dominante organique, pollution par les matières en suspension, effets secondaires de certains types de rejet (organiques, métalliques) et de l'eutrophisation par modification des fonds.

Si l'on retrouve une certaine stabilité dans l'espace et dans le temps des populations d'invertébrés à plusieurs niveaux trophiques (consommateurs primaires, secondaires, etc...) et si la répartition des espèces bio-indicatrices se fait de manière uniforme sur les écosystèmes aquatiques ; la globalité de la méthode ne permet pas d'interpréter avec certitude les causes d'une note basse ; on peut tout au plus diagnostiquer une altération du milieu et émettre des hypothèses quant à ses origines. Des analyses physico-chimiques complémentaires seront alors nécessaires.

Les invertébrés présentent des sensibilités sélectives aux différents facteurs de perturbation.

Les effets d'une même perturbation peuvent s'exprimer de manière différente selon le niveau typologique du site.

La valeur de référence est voisine de 20 dans la plupart des milieux non perturbés, mais elle peut être plus faible dans des situations typologiques extrêmes ou des milieux particuliers (sources, ruisselets, rivières à régime torrentiel, zones calmes des grands cours d'eau, estuaires) sans qu'une perturbation en soit la cause ; d'où la nécessité avec la nouvelle directive européenne d'implanter des stations de référence sur les diverses hydro écorégions et par types de cours d'eau AFNOR (2004). Norme NF T 90-350 — Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Mars 2004.

La valeur de l'IBGN peut présenter une variabilité saisonnière, conséquence des cycles biologiques de la macrofaune benthique et de l'évolution des conditions locales. Par ailleurs l'IBGN traduisant la structure d'une biocénose constituée d'organismes intégrateurs sur le long terme, il est surtout sensible à des perturbations de type chronique ou bien à des perturbations de type intermittent mais suffisamment intenses pour entraîner une mortalité immédiate de la faune.

L'IBGN fournit donc une note indicielle qui est interprétée en fonction des caractéristiques du milieu.

CHAPITRE 3 :

Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1 Composition taxonomique des peuplements de macro-invertébrés

Durant la période d'échantillonnage, 256 spécimens de macro-invertébrés ont été recensés. Ces individus se répartissent en 3 ordres différents. Les espèces identifiées sont réparties entre 5 familles, ce qui témoigne d'une faible hétérogénéité taxonomique (Tableau n=)

Tableau 1: Inventaire Systématique des macro-invertébrés récoltés

Ordre	Famille /Genre	Station 1	Station 2
Ephemeroptera	Baetidae	45	31
	Caenis	27	17
Diptera	Chironomidae	62	66
	Simuliidae	2	1
Gastéropoda	Planorbidae	2	3
Total		138	118

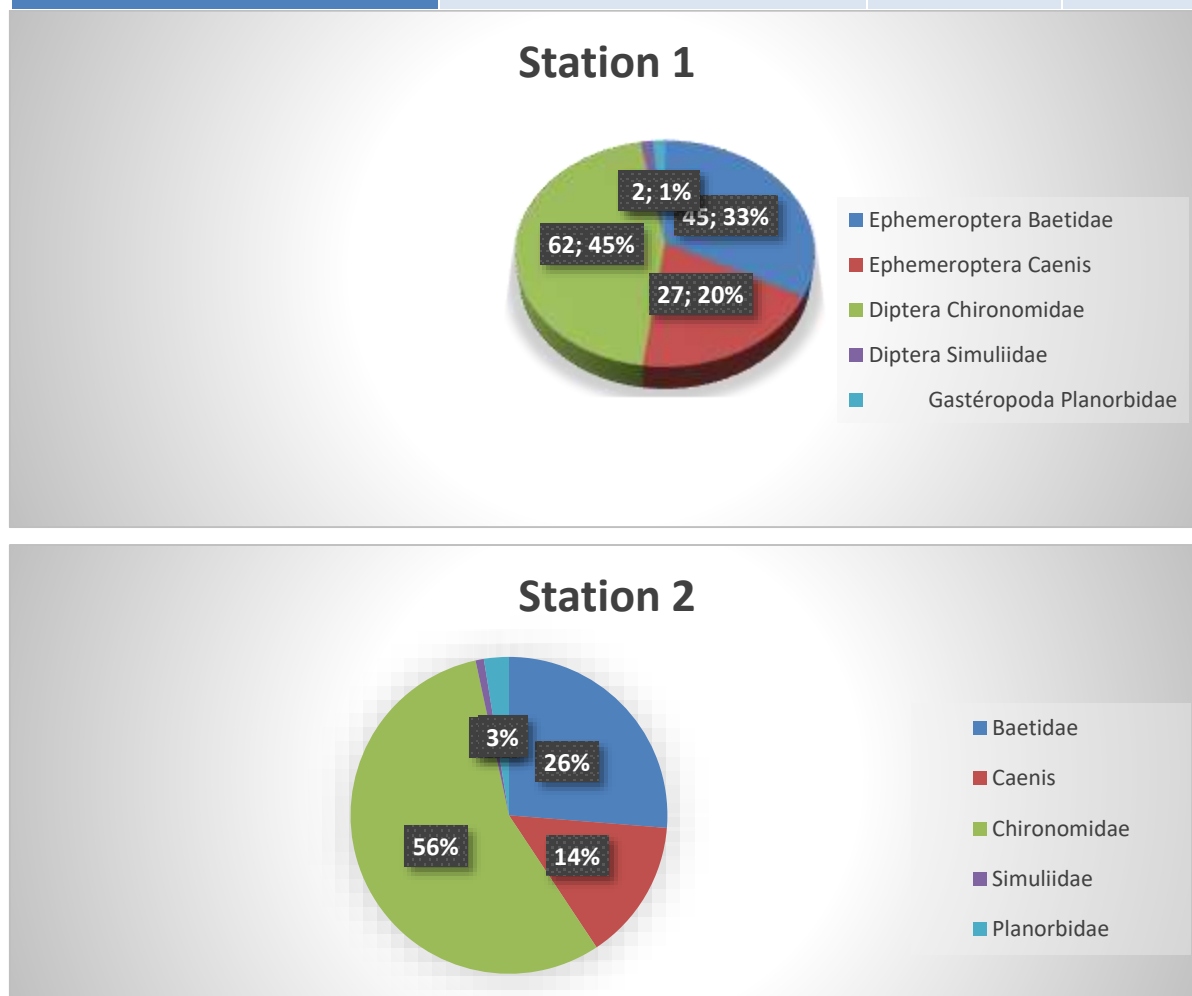


Figure 13 Graphe de la composition des macro-invertébrés récoltés

Station 1 : La structure faunistique de la station 1 traduit un état écologique intermédiaire, marqué par la dominance des Planorbidae, indicateurs de tolérance aux milieux eutrophes, et la présence significative des Baetidae, témoins de conditions encore favorables. La faible représentation des autres familles confirme une communauté benthique dominée par des taxons résistants, reflétant une qualité de l'eau modérément altérée.

Station 2 : La famille **Chironomidae** est la plus importante à la station 2, représentant **56 %** des individus, ce qui traduit une forte abondance.

En revanche, la famille **Simuliidae** est la moins représentée avec seulement **1 %**, indiquant une présence très faible.

Cette distribution montre une dominance nette des Chironomidae et une diversité réduite chez les familles minoritaires.

Comparaison entre les deux stations :

Dans les deux stations, les Chironomidae dominent largement la communauté, avec une proportion plus élevée à la Station 2 (56 %) qu'à la Station 1 (45 %), ce qui traduit une forte tolérance écologique de ce groupe. À la Station 1, les Baetidae occupent une place importante (33 %), alors qu'ils sont moins représentés à la Station 2 (26 %). Les familles minoritaires varient entre les stations : les Planorbidae sont les moins abondants à la Station 1 (1 %), tandis que ce sont les Simuliidae qui sont les plus faibles à la Station 2 (1 %). Cette différence reflète une diversité spécifique variable et une réponse différenciée des taxons aux conditions environnementales de chaque station.

❖ La famille de Baetidae

La famille des Baetidae, une des familles les plus importantes d'éphéméroptères, elle présente une distribution et une écologie variées.



Figure 14 Photo personnelle Baetidae

Les larves de Baetidae sont largement répandues dans les milieux aquatiques doux, notamment les ruisseaux, les rivières, les lacs et les zones humides.

Elles se rencontrent dans une grande variété d'habitats, depuis les eaux courantes rapides aux eaux stagnantes, et peuvent être associées à des substrats rocheux, à des herbes ou à des plantes aquatiques.

❖ Famille de *Caenis*

La famille *Caenis* fait partie de l'ordre des Éphéméroptères, communément appelés éphémères. Ces insectes aquatiques sont connus pour leur cycle de vie particulier, leur rôle écologique et leur sensibilité aux perturbations environnementales. Les espèces de *Caenis*, bien que de petite taille, occupent une place significative dans les écosystèmes dulçaquicoles



Figure 15 : Photo personnelle Famille de *Caenis*

Substrat préféré : Fond sablonneux, vaseux ou limoneux, parfois dans des zones riches en débris végétaux.

❖ Famille des Chironomidae

La famille Chironomidae, également appelée "moustiques non piqueurs", regroupe une grande diversité d'insectes aquatiques de l'ordre des Diptères. Contrairement aux moustiques communs (Culicidae), les Chironomidae ne se nourrissent pas de sang. Leurs larves aquatiques jouent un rôle écologique crucial dans les écosystèmes dulçaquicoles (eaux douces), notamment par leur contribution à la chaîne alimentaire et au recyclage de la matière

Substrat préféré : Vase, limon, sable, débris organiques.



Figure 16 : photo personnelle Famille des Chironomidae

❖ Famille des planorbidae

La famille des Planorbidae regroupe des gastéropodes pulmonés (escargots d'eau douce) appartenant à la classe des mollusques.

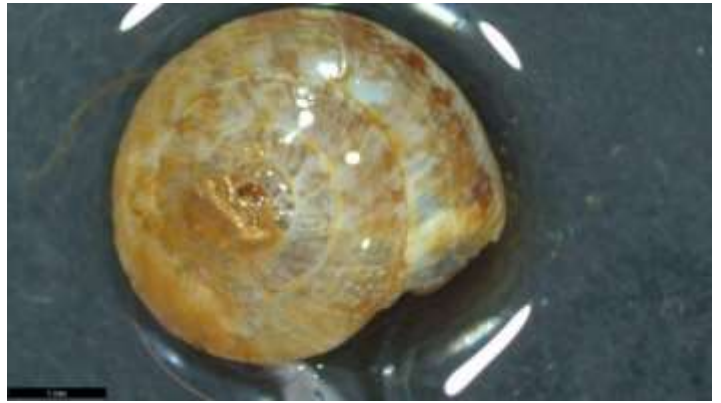


Figure 17 : Photo personnelle Famille des planorbidae

Ces escargots sont facilement reconnaissables par leur coquille enroulée en spirale plate (planispirale).

Présents dans une grande variété de milieux aquatiques, les planorbes jouent un rôle écologique important, mais certains peuvent aussi être des vecteurs de parasites affectant l'homme et les animaux. Cet exposé explore leur répartition mondiale et leurs caractéristiques écologiques.

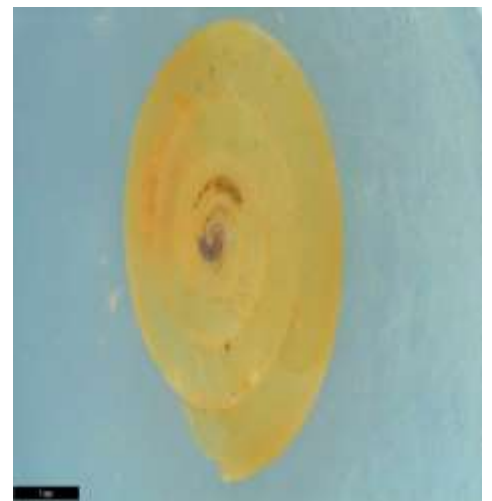


Photo personnelle de planorbidae

Famille de Simuliidae

La famille **Simuliidae**, communément appelée **mouches noires** ou **simulies**, fait partie de l'ordre des Diptères. Contrairement aux Chironomidae ou Caenis, certaines espèces de Simuliidae ont un **intérêt médical important** en raison de leur capacité à **piquer l'homme et les animaux**, voire de transmettre des maladies. Malgré cela, elles jouent aussi un rôle important dans les **écosystèmes aquatiques**. Cet exposé porte sur leur **répartition mondiale** et leurs **adaptations écologiques**.



Figure 18 : Photo personnelle Photo personnelle simuliidae

3-1-2 Valeurs d'IBGN pour les deux stations

Tableau 2 : des valeurs de l'indice IBGN calculé pour les deux stations

Stations	Nombre de familles	Taxon le plus sensible	Nombre d'individus	IBGN
Station 1	5	Baetidae	45	6
Station 2	5	Baetidae	31	6

Tableau des valeurs des IBGN attribuées par les méthodes standardisées utilisées en hydrobiologie pour évaluer la qualité biologique d'un cours d'eau

IBGN	> ou = à 17	16-13	12-9	8-5	< ou = à 4
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge

3-1-3 Caractéristiques physico-chimiques

Température de l'air

La station El Karia présente une température de l'air supérieure de 2 °C à celle de Pierre du Chat

Causes possibles :

- Latitude plus méridionale ou altitude plus faible à El Karia.
- Effet d'îlot de chaleur local dû à l'urbanisation ou à une couverture végétale moindre.
- Conditions climatiques régionales (massifs montagneux protecteurs, vents dominants).

Température moyenne de l'eau (°C)

L'eau est également plus chaude à El Karia (15 °C) qu'à Pierre du Chat (14 °C).

Causes possibles :

- Influence directe de la température de l'air plus élevée.
- Faible profondeur ou largeur réduite du cours d'eau favorisant le réchauffement rapide.
- Absence de ripisylve dense à El Karia, augmentant l'exposition solaire.

Vitesse moyenne de l'eau (m/s) et Oxygène dissous (mg/L)

Les valeurs de moyenne des vitesses et d'oxygènes sont plus élevées au niveau de El Karia que la pierre du chat (Tableau n04), ceux-ci sont dues aux causes possibles

- Pente naturelle plus forte du lit ou moindre sinuosité.

- Débits saisonniers plus importants (apports de sources ou de précipitations).
- Moindre colonisation par la végétation aquatique, réduisant la friction.
- Turbulence accrue liée à la vitesse de l'eau, augmentant les échanges gazeux.
- Charge organique potentiellement plus faible, réduisant la respiration bactérienne.

Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est légèrement plus bas à El Karia (7,72) qu'à Pierre du Chat (7,89), restant toutefois neutre.

Causes possibles :

- Lessivage de sols acides ou apports organiques plus importants à El Karia.
- Influence d'effluents agricoles légèrement acidifiants (carboniques ou humiques).
- Présence de roches carbonatées à Pierre du Chat augmentant l'alcalinité.

Par rapport a la difference entre les deux stations

Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Les deux stations affichent une conductivité très faible ($\approx 3 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Causes possibles :

- Bassins versants peu anthropisés et substratum pauvre en minéraux dissous.
- Absence d'apports industriels ou domestiques significatifs.
- Précipitations abondantes diluant les ions.

Par rapport au valeurs de reference naturelles (faible miniralisation)

7. Nitrates (NO_3^-) (mg/L)

Les nitrates sont plus élevés à El Karia (4,88 mg/L).

Causes possibles :

- Ruissellement d'engrais agricoles ou élevage intensif en amont.
- Infiltration d'eaux usées domestiques non traitées.
- Processus de nitrification complet favorisé par l'oxygénation élevée.

Par rapport a la difference entre le stations et les sources anthropiques potentielles

Nitrites (NO_2^-) (mg/L)

Les nitrites sont plus élevés à Pierre du Chat (1,05 mg/L).

Causes possibles :

- Pollution organique récente ou rejet ponctuel d'eaux usées.
- Nitrification incomplète due à une accumulation de matière organique.
- Zones d'eau plus calmes favorisant la réduction des nitrates en nitrites.

Par rapport a la différence entre les stations et l'origine de pollution organique récente

Tableau 5 : Valeurs des paramètres physico chimique pour les deus sites

Paramètres/Stations	Pierre du Chat	El Karia
Température moyenne de l'air	15.33°C	17.33
Température moyenne de l'eau	14°C	15
Vitesse moyenne de l'eau	0.44 m/s	0.49
Oxygène dissous	6.36 mg/L	6.72
Potentiel d'hydrogène (pH)	7.89	7.72
Conductivité électrique	3.2	3.03
Nitrates (NO ₃ ⁻)	3.93	4.88
Nitrites (NO ₂ ⁻)	1.05	0.82

Les valeurs des écarts types pour les paramètres physico chimiques

Les écarts types sont **faibles** pour la plupart des paramètres, ce qui indique une **faible variabilité** entre les deux stations.

Seuls les **nitrates** et la **température de l'air** présentent un **écart notable** ($\sigma \approx 1$ et 0.115), ce qui peut traduire une différence locale dans les apports de pollution ou dans l'exposition climatique.

Tableau 3 : Les valeurs des écarts types pour les paramètres physico chimiques

Paramètres	Pierre du Chat		El Karia	
	Moyenne de T	Moyenne de T	Moyenne	Écart-type
Température air (°C)	15.33	17.33	16.33	1.00
Température eau (°C)	14.00	15.00	14.50	0.50
Vitesse eau (m/s)	0.44	0.49	0.465	0.025
Oxygène dissous (mg/L)	6.36	6.72	6.54	0.18
Potentiel hydrogène (pH)	7.89	7.72	7.805	0.085
Conductivité (mS/cm)	3.20	3.03	3.115	0.085
Nitrates NO ₃ ⁻ (mg/L)	3.93	4.88	4.405	0.475
Nitrites NO ₂ ⁻ (mg/L)	1.05	0.82	0.935	0.115

Discussion

La faune récoltée au niveau des deux stations est assez pauvre ceci peut être expliqué par la période d'échantillonnage choisie (février à mai 2025) qui correspondait à une phase de saison sèche marquée par une évapotranspiration intense et une pluviométrie minimale. Ce contexte climatique a entraîné une baisse significative des niveaux d'eau, une concentration accrue des nutriments et des substances dissoutes, ainsi qu'une élévation des températures de surface. Selon (Bèche & Rech, 2007 ; Lake, 2003) les modifications hydrologiques ont un impact direct sur les conditions physicochimiques des milieux aquatiques. Par rapport au climat (la période sèche).

Les données climatiques couvrant la période 2013 à 2023 indiquent une augmentation progressive des températures moyennes annuelles et une irrégularité croissante des précipitations, amplifiant les effets des sécheresses saisonnières (IPCC, 2021). Ces perturbations hydrologiques affectent directement la disponibilité et la connectivité des micro habitats aquatiques, entraînant une pression sélective sur les communautés benthiques.

Les communautés de macro-invertébrés, en particulier, réagissent fortement à ces contraintes environnementales. Les conditions de stress thermique et de faible oxygénation peuvent favoriser la prolifération d'espèces généralistes et tolérantes, au détriment des espèces sensibles aux perturbations hydrologiques. Ces changements se traduisent par une altération de la composition taxonomique, une baisse de la diversité spécifique et une simplification des assemblages benthiques (Bonada et al., 2006 ; Chessman, 2009). Ces effets peuvent également impacter le fonctionnement des écosystèmes, en réduisant l'efficacité des processus écosystémiques tels que la décomposition de la matière organique et le transfert d'énergie dans la chaîne trophique.

L'analyse statistique des données montre que l'écart type de la Station 1 ($\sigma \approx 23,65$) et celui de la Station 2 ($\sigma \approx 23,80$) sont très proches. Cela traduit une dispersion des valeurs presque identique entre les deux stations. L'écart type global, calculé en combinant l'ensemble des données des deux stations, est de $\sigma \approx 23,81$, soit une valeur quasiment équivalente à celles obtenues séparément. Cette proximité indique que les deux stations présentent une variabilité similaire et que la mise en commun des données n'entraîne pas de modification notable de la dispersion globale.

Au terme de cette étude, plusieurs constats majeurs ont pu être établis, et permettent de dégager une vision claire de l'état de santé du cours d'eau étudié. Dans l'ensemble, les résultats montrent que la qualité de l'eau dans la moyenne Tafna est globalement moyenne à altérée, selon les

sites. Ce diagnostic repose sur une combinaison d'indicateurs biologiques (diversité, abondance, structure des peuplements) et d'indices biotiques validés (IBGN).

Les données physico-chimiques recueillies parallèlement aux campagnes biologiques ont permis de contextualiser les résultats obtenus. Elles montrent des concentrations moyennes en matières organiques, en nutriments (nitrates, phosphates) et parfois en substances toxiques (pesticides, métaux lourds). Si les valeurs ne dépassent pas systématiquement les seuils réglementaires, elles suggèrent néanmoins une pression anthropique modérée mais persistante, notamment d'origine agricole (lessivage d'engrais, ruissellement) et domestique (rejets d'eaux usées mal traitées).

Contrairement aux mesures physico-chimiques qui offrent une photographie instantanée de l'état de l'eau, les communautés biologiques intègrent les perturbations sur le long terme, reflétant ainsi les impacts cumulés. Elles sont donc précieuses pour le suivi environnemental et la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), qui préconise une évaluation globale incluant les éléments biologiques.

Conclusion générale

Conclusion

L'objectif principal de ce travail était d'évaluer la qualité écologique des eaux de la moyenne Tafna en utilisant les macro-invertébrés benthiques comme bioindicateurs. Cette approche, fondée sur l'étude des communautés biologiques, vise à compléter et enrichir les analyses physico-chimiques classiques, souvent ponctuelles et moins représentatives de l'état écologique global et à long terme des milieux aquatiques.

Au terme de cette étude, plusieurs constats majeurs ont pu être établis, et permettent de dégager une vision claire de l'état de santé du cours d'eau étudié. Dans l'ensemble, les résultats montrent que la qualité de l'eau dans la moyenne Tafna est globalement moyenne à altérée, selon les sites. Ce diagnostic repose sur une combinaison d'indicateurs biologiques (diversité, abondance, structure des peuplements) et d'indices biotiques validés (IBGN).

Les stations situées à proximité des zones agricoles, ont présenté une pauvreté taxonomique en espèces sensibles, une domination de groupes plus tolérants, tels que les Chironomidae, les Oligochètes ou certains Gastéropodes. Ces derniers traduisent une altération des conditions environnementales, marquée par une augmentation de la charge organique, une baisse de l'oxygénation.

En conclusion, cette étude menée sur la moyenne Tafna démontre que la qualité des eaux peut être qualifiée de moyenne à altérée sous l'effet des activités anthropiques. Les macro-invertébrés ont prouvé leur efficacité en tant que bioindicateurs, en révélant de manière claire les gradients de pollution et en permettant une évaluation écologique fine et pertinente

Pour améliorer la pertinence des résultats, des campagnes complémentaires pourraient être envisagées, intégrant une couverture annuelle et une étude plus approfondie des habitats benthiques.

Recommandations

Pour préserver et améliorer la qualité des eaux de la Tafna, plusieurs recommandations peuvent être formulées :

- Renforcement du traitement des eaux usées, notamment dans les zones urbaines ;
- Réduction de l'usage excessif des intrants agricoles (engrais et pesticides), par des pratiques plus durables ;
- Mise en place d'un réseau de surveillance biologique régulier, incluant plusieurs groupes indicateurs ;

Conclusion et perspectives

- Sensibilisation des populations locales à la préservation des milieux aquatiques et à la gestion durable des ressources en eau.

Ce travail s'inscrit dans une démarche de gestion intégrée et durable des ressources en eau, essentielle dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les milieux naturels.

**Références
Bibliographiques**

- . AFNOR (2004). Norme NF T 90-350 — Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Mars 2004.
- . AFNOR (2004). Norme NF T 90-350 — Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Mars 2004.
- → Source officielle décrivant l'application, les avantages et les limites de l'IBGN.
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters* (2nd ed.). Springer.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers*. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency.
- Barry, R. G. (1979). *Climate and Climatic Change*. Macmillan.
- Bèche, L. A., & Resh, V. H. (2007). Short-term climatic trends affect the temporal variability of macroinvertebrates in California streams. *Freshwater Biology*, 52(12), 2317–2339.
- Bedel, L. (1895). *Faune des coléoptères du bassin méditerranéen*. Paris.
- Benzina, I., & Si Bachir, A. (2018). Macroinvertébrés aquatiques dans les milieux temporaires de l'ouest algérien. *Bulletin de la Société zoologique de France*.
- Benzina, I., et al. (2018, 2019). Travaux récents sur la bioindication en Algérie. *Journal algérien d'hydrobiologie*.
- Bertrand, H. (1972). *Les insectes aquatiques d'Algérie*. CNRS.
- Blandin, P. (1986). *Biologie et écologie appliquées à la protection de la nature*. Masson.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis. *Annual Review of Entomology*, 51, 495–523.
- Chaib, M., et al. (2011). Étude écologique des macroinvertébrés en Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*.

Références bibliographiques

- Chessman, B. (2009). Identifying species at risk from climate change. *Biological Conservation*, 143, 1349–1358.
- Cook, D. G. (1976). *Ecology of Aquatic Insects*. Academic Press.
- Dos Santos, A. C. A., et al. (2011). Bioindicator potential of benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, 11, 1120–1127.
- Dynesius, M., & Nilsson, C. (1994). Fragmentation of river systems in the Northern Hemisphere. *Science*, 266, 753–762.
- Eaton, A. E. (1899). Early descriptions of North African Ephemeroptera. *Transactions of the Entomological Society*.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 241, 889–892.
- Friberg, N., et al. (2009). Biodiversity of stream macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 621, 133–149.
- Fruget, J. F., & Dessaix, J. (2002). *Écologie des hydrosystèmes en milieu aride*. Hydrobiologia Maghrebina.
- Gaussen, H. (1953/1955). *Diagrammes ombrothermiques et cartographie bioclimatique*. Toulouse.
- Gauthier, H. (1928). *Les larves des insectes aquatiques d'Afrique du Nord*. Paris.
- Gleick, P. H. (1996). Water resources. In *State of the World 1996*. W. W. Norton & Co.
- Guignot, F. (1931, 1933). *Études sur les Coléoptères aquatiques d'Afrique du Nord*. Annales de la Société Entomologique de France.
- Hamzaoui, A., et al. (2015). Bioévaluation de la qualité des eaux par les macroinvertébrés. *Revue d'Hydrobiologie Algérienne*.
- Hawkes, H. A. (1979). Invertebrates as indicators of river water quality. *Science of the Total Environment*, 11, 15–24.

Références bibliographiques

- Hellawell, J. M. (1986). *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier.
- Hering, D., et al. (2006). The Water Framework Directive: 10-year review. *Science of the Total Environment*, 408, 4007–4019.
- Heyns, P. (1999). *Water resources management in arid regions*. UNESCO Reports.
- IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 — Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Karr, J. R. (1991). Biological integrity: A neglected aspect of water management. *Ecological Applications*, 1, 66–84.
- Kazi-Tani, N., et al. (2023). Variabilité climatique du nord-ouest algérien. *Revue Algérienne de Climatologie*.
- Khelifa, R. (2013). Diversity of aquatic insects in Algerian wetlands. *Zoological Studies*.
- Kolkwitz, R., & Marsson, M. (1909). Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, 27, 505–519.
- Lake, P. S. (2003). Ecological effects of droughts. *Freshwater Biology*, 48(7), 1161–1172.
- Mason, C. F., & Parr, L. B. (2003). Long-term trends in macroinvertebrate populations. *Biological Conservation*, 115, 273–281.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (4th ed.). Kendall/Hunt.
- Metcalfe, J. L. (1989). Biological water quality assessment. *Environmental Pollution*, 60, 101–139.
- Metcalfe, J. L. (1996). Macroinvertebrates and water quality assessment in Europe. *Environmental Reviews*, 4, 103–117.

Références bibliographiques

- Moubayed-Breil, J., & Lounaci, A. (2013). Les macroinvertébrés d'Algérie : distribution et intérêt écologique. *Bulletin Français d'Hydrobiologie*.
- Navàs, L. (1917). Insectes aquatiques du nord de l'Afrique. *Annales de la Société Entomologique*.
- Norme AFNOR NF T 90-350. (2004). Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Mars 2004.
- Plafkin, J. L., et al. (1989). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers*. EPA.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macro-invertebrates*
- Sarah, F. (2009). La pollution hydrique en milieu aride. *Revue des Sciences de l'Environnement au Maghreb*.
- Schorer, M., et al. (2001). Role of aquatic plants as indicators. *Aquatic Botany*.
- Sekhi, M. (2010). Utilisation des macroinvertébrés pour la surveillance de la qualité de l'eau en Algérie. Thèse de doctorat.
- Stevenson, R. J., & Pan, Y. (1999). Diatoms as indicators of environmental change. *Diatom Research*, 14(1), 89–99.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce (3^e éd.)*. CNRS Éditions.
- Tournon-Poncet, H., et al. (2014). Bio-indication en milieux arides. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*.
- Wallace, J. B., & Webster, J. R. (1996). Role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41, 115–139.
- Williams, D. D. (2006). *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press.

Références bibliographiques

- Woodiwiss, F. S. (1964). The biological system of stream classification. *Chemistry and Industry*, 11, 443–447.
- Yasri, Z., et al. (2013). Inventaire des invertébrés aquatiques de l'ouest algérien. *Revue Maghrébine de Biologie*.
- Zerguine, H., et al. (2009). Études de la faune benthique dans les oueds algériens. *Algérienne d'Hydrobiologie*.
- Zougaghe, M., et al. (2014). Impact anthropique sur les macroinvertébrés. *Revue de l'Environnement et des Ressources Naturelles*.

Les Annexes

Fiche de terrain

Description générale de la station -
niveaux 2 3

Cours d'eau : _____ Largeur moyenne en eau (m) :

_____ Largeur moyenne aux berges (m)

Observateurs : _____ Profondeur moyenne (cm)

Climat :

Date : _____ Heure :

Altitude : _____ mètres

Vitesse du courant :

Température air _____

Température eau

Oxygène dissous : _____

Conductivité : __

PH :

Nitrate :

Nitrite

Note :

Tableau 4 :de détermination de la classe de variété taxinomique

Taxons	>50	45 à 49	41 à 44	37 à 40	33 à 36	29 à 32	25 à 28	21 à 24	17 à 20	13 à 16	10 à 12	7 à 9	4 à 6	1 à 3
Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

-

Tableau 5 :de détermination du groupe faunistique indicateur

Taxons	Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae
G.F.I	9	8	7	6	5
Taxons	Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	Limnephilidae Hydropsychidae Ephemerellidae Aphelocheiridae	Baetidae Caenidae Elmidae Gammaridae Mollusques	Chironomidae Asellidae Achètes Oligochètes	
G.F.I	4	3	2	1	

En gras les taxons représentés par au moins 10 individus

Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Richesse taxonomique > 50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1	
Groupe faunistique indicateur	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3	
9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Note IBGN : 17/20

Interprétation écologique

Très bon	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais
20-17	16-13	12-9	8-5	4-1

La note IBGN peut être obtenue soit en croisant la classe de variété avec le numéro du groupe faunistique indicateur, soit, selon la formule : « IBGN = N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété – 1) avec IBGN ≤ 20 ».

الملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقييم الحالة البيئية لمجرى مائي من خلال تحليل اللافقاريات القاعدة الكبيرة كمؤشرات بيولوجي مدعومة بالقياسات الفزيائية الكيميائية ، حيث تم تسجيل 256 فردا موزعين على 5 عائلات و 3 رتب ، و اظهرت النتائج سيطرة واطحة لعنلة كيرونوميدي الماكلة التلوث مقابل ضعف تمثيل العائلات الحساسة مثل البييتيد وقد صنف مؤشر المحطتين المدروستين في حالة بيئة متظهورة كما كشفت التحاليل عن ارتفاع تركيز النترات و تقلبات في الاكسيجين المذاب ، وهو ما يعكس تأثير الانشطة الزراعية و الطغوط البشرية على الوسط المائي. وتؤكد هذه النتائج صورة دمج المؤشرات البيولوجية مع المعايير الفزيائية الكيميائية للحصول على تقييم شامل و موثوق الجودة النظم البيئية المائية،

الكلمات المفتاحية:نظم بيئية مائية ،اللافقاريات القاعية ،مؤشر ،جودة المياه ،النترات،الاكسيجين المذاب،الطغوط البشرية.

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'état écologique d'un cours d'eau à travers l'utilisation des macro-invertébrés benthiques comme indicateurs biologiques, associés à des analyses physico-chimiques. Un total de 256 individus a été recensé, répartis en 5 familles et 3 ordres, avec une nette dominance des Chironomidae, tolérants à la pollution, tandis que les Baetidae, sensibles à la qualité de l'eau, étaient faiblement représentés. L'application de l'indice IBGN a révélé que les deux stations se classent dans un état écologique médiocre, tandis que les paramètres physico-chimiques ont montré une élévation des concentrations en nitrates et des fluctuations de l'oxygène dissous, traduisant l'influence des activités agricoles et des pressions anthropiques. Ces résultats soulignent l'importance d'intégrer les indicateurs biologiques et physico-chimiques afin d'obtenir une évaluation globale et fiable de la qualité des écosystèmes aquatiques.

Mots-clés : Écosystèmes aquatiques, Macro-invertébrés benthiques, Indice IBGN, Qualité de l'eau, Nitrates, Oxygène dissous, Pressions anthropiques.

Abstract

This study aims to assess the ecological status of a stream by using benthic macroinvertebrates as biological indicators, supported by physico-chemical analyses. A total of 256 individuals were recorded, distributed across 5 families and 3 orders, with a clear dominance of Chironomidae, which are highly tolerant to pollution, while sensitive taxa such as Baetidae were poorly represented. The IBGN index classified both stations as having poor ecological status, while physico-chemical parameters revealed elevated nitrate concentrations and fluctuations in dissolved oxygen, reflecting the influence of agricultural activities and anthropogenic pressures. These findings emphasize the need to integrate biological indicators with physico-chemical parameters to provide a comprehensive and reliable assessment of aquatic ecosystem quality.

Keywords : Aquatic ecosystems, Benthic macroinvertebrates, IBGN index, Water quality, Nitrates, Dissolved oxygen, Anthropogenic pressures.

