REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Ecologie et Environnement

Par :

BOUDIAF Chahinaz

BOUGUERRA Romaissa

LOUNICI Meriem

Thème :

Biodiversité de la macrofaune benthiques et qualité biologique de quelques cours d'eau de sous bassin versant de l'oued Chiffa (région de Médéa).

Soutenue publiquement le : /06/2025.,Devant le jure examen composé de :

Mr. Chaouch A.	**MCB**	U.Y.F.M	Président
M meESSERHANE W.	**MCB**	U.Y.F.M	Examinatrice
Mr. MAMMERI I.	**MCB**	U.Y.F.M	Encadreur

Annéeuniversitaire : 2024/ 2025

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant. C'est par sa grâce et sa miséricorde que ce travail a pu voir le jour

Je dédie ce mémoire à mes chers parents,
Pour leur amour sans limite, leur soutien inébranlable,
Et leurs sacrifices silencieux qui ont éclairé mon chemin.
C'est grâce à vous que j'ai trouvé la force de persévérer,
Et c'est à vous que revient ce modeste succès. Avec tout ma reconnaissance et mon amour ***BRAHIM TEFFAHA***

À mes frères bien-aimés, ***SAMIR*** et ***ABDERAOUF***, merci pour votre présence, vos encouragements et votre bienveillance

À mes chères sœurs, ***SOUMIA*** *et* ***WIAM***vous êtes des rayons de lumière dans ma vie. Votre affection m'a toujours réchauffé le cœur

À leurs adorables enfants, ***HIBA, ISRAA, ANFAL, AMANI, ANAS, TAIM, HOUSSEM*** dont les sourires sont une source de bonheur

À mon trésor, mon cœur, mon petit ange ***YOUSSEF***, tu es la plus douce des inspirations.

À toi, mon réconfort, mon amour, ma sœur de cœur et mon souffle A mon binôme ***ROMAISSA***

CHAHINAZ

Dédicace

*Louange à **Allah** qui m'a donné la force d'arriver jusqu'ici, qui m'a guidée dans les moments d'incertitude et ne m'a jamais abandonnée.*

*À moi-même, **Romaissa**, pour avoir persévéré malgré les doutes, la fatigue et les tempêtes silencieuses. Pour chaque pas fait en tremblant, mais fait quand même. Je suis fière de toi.*

*À la femme qui a souffert sans jamais me laisser souffrir, qui a tout sacrifié pour mon bonheur, qui a été ma lumière dans l'ombre et mon pilier dans les épreuves : ma chère mère, **BRAHIMI Soumia**.*

Que Dieu te protège, te récompense pour chaque prière murmurée, chaque larme cachée, chaque geste d'amour discret.

*À mes sœurs **Fati** et **Alaa**, et à mon petit frère **Youssef**, pour leur affection sincère, leur présence douce, et leurs encouragements qui m'ont portée sans le savoir.*

*À mon binôme **chahinaz**,merci pour ta patience et ta belle complicité.*

À tous ceux que je n'ai pas nommés, mais qui, par une parole, un regard ou une prière, ont laissé une trace de bienveillance dans mon cheminement.

Ce mémoire est le fruit d'un combat intérieur silencieux, et je le dédie à tous ceux qui m'ont aidée à ne pas l'abandonner.

ROMAISSA

Dédicace

Tous d'abord, je remercie le dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté

Et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

الحمد الله دائما وابدا

Je dédie ce travail

À mon mère ***(Teffaha),*** *la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui*

M'emméne aux chemins de la réussite, pour tous ses sacrifites consentis et ses précieux

Consiels, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

À mon père ***(Allel)*** *que je le remercie énormément pour ses efforts, ses consiels et sa*

Surveillance.

À mes chers frères et sœurs ***= Lamia, Ikram, Issraa, Mohammed et Adem.***

*Mon marie****(Walid****,)Merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

A tous ceux qui m'ont aimé.

À toutes les professeuses de master 2 écologie et tout ce que je connais sans exception

Enfin, j'offre mes bénédictions à tous ceux qui m'ont soutenu dans

L'accomplissement de ce travail.

****LouniciMeriem****

Remerciement

Louange à Dieu qui m'a donné la santé, la patience et la force nécessaires pour mener à bien mon parcours et réaliser ce mémoire. Je Le remercie pour Son soutien à chaque instant et pour la persévérance qu'Il m'a accordée face aux difficultés. Que ce travail soit le début de belles réussites à venir, si Dieu le veut.

الحمد والشكر لله تعالى

Je tiens également à remercier chaleureusement notre encadreur **Mr Mammeri Imad**, qui a toujours été à nos côtés, nous soutenant avec patience et bienveillance, et nous apportant une aide précieuse tout au long de ce travail.

Nous exprimons aussi notre profonde gratitude à l'ensemble de l'équipe pédagogique de l'université Yahia Fares, et tous l'équipe du parc national de chréa, même si l'équipe de ADE.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury pour l'attention qu'ils ont portée à notre recherche, ainsi que pour avoir accepté d'examiner notre travail et l'enrichir par leurs précieux conseils et suggestions.

À nos parents, nous adressons toute notre gratitude et notre amour. Leur soutien constant, leurs encouragements inlassables et leur confiance indéfectible ont été pour nous une source de motivation et de réconfort tout au long de ce parcours. Leur patience face aux moments difficiles, leurs sacrifices silencieux et leur présence rassurante nous ont permis de persévérer et d'avancer avec sérénité. Ce travail est autant le fruit de nos efforts que le reflet de leur amour et de leur foi en nous.

Résumé

Les assemblages de macroinvertébrés dans le sous-bassin versant Chiffa, sont insuffisamment documentés. Au cours de cette étude, des échantillons de macroinvertébrés benthiques et de l'eau ont été collectés et traités, durant trois compagnes, sur 5 stations situées au niveau des principaux cours d'eau : oued El Djir, oued Mouzaïa, oued Zonday, oued El Merdja et oued Chiffa.

L'un des principaux objectifs du présent travail était de déterminer la répartition de la faune recensée, ainsi que l'organisation spatiale et la structure des communautés des macroinvertébrés, et aussi d'évaluer la qualité hydrobiologique des stations par l'indice IBGN.

Les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau révèlent des valeurs globalement similaires entre les différentes stations, à l'exception de la station S1 où une élévation marquée des concentrations a été observée.

Un total de 4763 individus et 40 taxons, appartenant à 3 familles et 37 genres, ont été identifiés. La station Mouzaïa est la plus diversifié et la plus abondante avec 29 taxons et 1632 individus.

L'indice IBGN indique une qualité écologique moyenne pour l'ensemble des stations, à l'exception de la station S1, où la qualité de l'eau est jugée très mauvaise.

Mots clés *:* Macroinvertébrés, oued Chiffa, IBGN.

Abstract

Macroinvertebrate assemblages in the Chiffa sub-watershed remain insufficiently documented. In this study, macro benthicinvertebrates and water samples were collected and analyzed during three sampling campaigns conducted at five stations distributed along the main watercourses: El Djir Wadi, Mouzaïa Wadi, Zonday Wadi, El Merdja Wadi, and Chiffa Wadi.

One of the main objectives of this work was to characterize the distribution of the recorded fauna, to analyze the spatial organization and structure of macroinvertebrate communities, and to assess the hydrobiological quality of the stations using the IBGN index.

Measurements of physicochemical parameters revealed generally similar values across the stations, except at station S1, where a notable increase in concentrations was observed.

In total, 4,763 individuals representing 40 taxa, belonging to 3 families and 37 genera, were identified. The Mouzaïa station exhibited the highest diversity and abundance, with 29 taxa and 1,632 individuals.

The IBGN index indicated an average ecological quality for most stations, except for station S1, where the water quality was classified as very poor.

Keywords: Macroinvertebrates, wadi Chiffa, IBGN .

ملخص

لم تُوثَّق تجمعات اللافقاريات الكبيرة في مستجمع مياه شيفا الفرعي بشكل كافٍ. خلال هذه الدراسة، جُمعت وعُولجت عينات من اللافقاريات الكبيرة القاعية والمياه، خلال ثلاث حملات، في خمس محطات تقع على المجاري المائية الرئيسية: وادي الجير، ووادي موزاية، ووادي زونداي، ووادي المرجة، ووادي شفة.

كان أحد الأهداف الرئيسية لهذا العمل تحديد توزيع الحيوانات المسجلة، بالإضافة إلى التنظيم المكاني وهيكل مجتمعات اللافقاريات الكبيرة، وكذلك تقييم الجودة الهيدروبيولوجية للمحطات باستخدام مؤشرIBGN

تكشف قياسات الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه عن قيم متشابهة بشكل عام بين المحطات المختلفة، باستثناء المحطة S1حيث لوحظت زيادة ملحوظة في التركيزات. تم تحديد ما مجموعه 4763 فردًا و40 تصنيفًا، تنتمي إلى 3 عائلات و37 جنسًا. محطة موزاية هي الأكثر تنوعًا ووفرة، إذ تضم 29 نوعًا و1632 فردًا.

يشير مؤشر IBGN إلى جودة بيئية متوسطة لجميع المحطات، باستثناء المحطةS1 ، حيث تُعتبر جودة المياه فيها سيئة للغاية.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات، واد الشفة،IBGN

Liste des abréviations

AFNOR : **A**ssociation**F**rançaisede **N**ormalisation.

GFI : **G**roupes**F**aunistiques **I**ndicateurs.

IBGN : **I**ndice **B**iologique **G**lobale **N**ormalisé.

Mj : **M**erdja.

Mz : **M**ouzaia.

PNC : **P**arc **N**ational de **C**hréa.

S1 : **O**uedel Djir.

S2 : **O**ued chiffa.

Zn : **Z**onday.

Liste des figures

Chapitre 1 :

Figure 1 : Vue d'ensemble d'une larve d'Éphémère(Studemann*et al.*, 2010)……...**4**

Figure 2 : Exemple d'un Coléoptère, vue dorsale (photo originale)……..... **5**

Figure 3 : Exemple d'un Diptère, vue dorsale (photo originale) ....…….…….. **5**

Figure 4 : Exemple des Éphémères, vue dorsale, (a) : branchie (photo originale)…….**6**

Figure 5 : Exemple d'un Trichoptère (photo originale)……..**7**

Figure 6 : Exemple d'un Plécoptère, vue dorsale (photo originale)..……. **7**

Figure 7 : Cycle bentho-pélagique et holobenthique des espèces macrobenthiques (Bachelet, 1987)……**8**

Figure 8 : Le fond du ruisseau en tant que biotope, mosaïque des microbiotopes et de leurs habitants (Bostelmann, 2003).……..……**11**

Chapitre 2 :

Figure 9 : Localisation du parc national de Chréa (PGPNC, 2010)……..**16**

Figure 10 : Formations forestières du parc national de Chréa (PGPNC, 2010)……**17**

Figure 11 : Carte de la végétation du parc national de Chréa (Bendjoudi*et al.*, 2023).…**17**

Figure 12 : la faune du parc national de Chréa (PNC2019)……..**20**

Figure 13 : Moyenne mensuelle des précipitations dans la région de Blida (1991-2021)…….…. **22**

Figure 14 : Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de Blida (1991-2021) …….……..**23**

Figure 15 : Climagramme du quotient pluviométrique de Stewart de région de Blida (1991-2021)..……..……**24**

Figure 16 : Moyennes des températures dans la région de Blida (Dataclimat Blida, 2023……**25**

Chapitre 3 :

Figure 17 : Emplacement des stations d'étude dans le bassin versant d'oued Chiffa…….**27**

Figure 18 : Photos numériques pour les stations d'étude……..……..**28**

Figure 19 : Matériels utilisés dans le prélèvement des macroinvertébrés benthiques…...**33**

Figure 20 : Prétraitement sur terrain des macroinvertébrés benthiques…….…**34**

Liste des figures

Figure 21 : Matériels utilisés au laboratoire……..……..**35**

Figure 22 : Tri et identification du macrofaune benthique au laboratoire…….……**36**

Chapitre 4 :

Figure 23 : Evolution spatio-temporelle de Température de l'eau dans les stations étudiées……..…....**42**

Figure 24 : Evolution spatio-temporelle de Potentiel hydrogène dans les stations étudiées…… **43**

Figure 25 : Evolution spatio-temporelle de La conductivité électrique dans les stations étudiées..……..…**44**

Figure 26 : Evolution spatio-temporelle de Salinité dans les stations étudiées……..**45**

Figure 27 : Evolution spatio-temporelle de Chlorure dans les stations étudiées……....**46**

Figure 28 : Evolution spatio-temporelle de Phosphate dans les stations étudiées……..**47**

Figure 29 : Evolution spatio-temporelle de Nitrate dans les stations étudiées……..…..**48**

Figure 30 : Evolution spatio-temporelle de Nitrites dans les stations étudiées……..….**49**

Figure 31 : Evolution spatio-temporelle de L'ammonium dans les stations étudiées…....**50**

Figure 32 : Evolution spatio-temporelle de sulfate dans les stations étudiées……....**51**

Figure 33 : Pourcentages de différentes classes d'invertébrés récoltés dans l'Oued Chiffa……...**52**

Figure 34 : Pourcentages de différents ordres d'Insectes récoltés dans l'Oued Chiffa…....**52**

Figure 35 : Principales variations mensuelles d'abondance des familles récoltée……..…**54**

Figure 36 : Abondance de la faune globale au niveau des stations étudiées……....**54**

Figure 37 : Représentation stationnelles des principaux groupes d'invertébrés récoltés dans les stations étudiées……..……....**56**

Figure 38 : Abondance et richesse taxonomique dans les stations étudiées……..…..**58**

Figure 39 : Pourcentages des familles des Ephéméroptères récoltés……..….**61**

Figure 40 : Pourcentages des genres des Ephéméroptères récoltés……..…...**61**

Figure 41 : Pourcentages des familles des Diptères récoltées……...**62**

Figure 42 : Distribution des Diptères dans les stations étudiées……..……**62**

Figure 43 : Pourcentages des familles des Trichoptères récoltées……..……**63**

Figure 44 : Distribution des Trichoptères dans les stations étudiées……..……**64**

Liste des figures

Figure 45 : Pourcentages des familles des Plécoptères récoltées……....**65**

Figure 46 : Distribution des Plécoptères dans les stations étudiées……....**65**

Figure 47 : Pourcentages des familles des Odonates récoltées……..……**66**

Figure 48 : Distribution des Odonates dans les stations étudiées……..…..…**66**

Figure 49 : Abondance des Coléoptères dans Oued Chiffa……..……..**67**

Figure 50 : Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées…….……**67**

Figure 51 : Proportions d'effectifs des groupes trophiques de Macro-invertébrés récoltés……..……...**68**

Figure 52 : Distribution proportionnelle des groupes trophiques de macro-invertébrés benthiques récoltés dans les stations étudiées……...…...**69**

Figure 53 : Indices écologiques pour les stations étudiées…….…**70**

Figure 54 : Cartographie de la qualité de l'eau des stations étudiées avec l'indice IBG....**72**

Liste des tableaux

Chapitre 1 :

Tableau 1:Echelle de tolérance des grands groupes taxonomique…….…….**13**

Chapitre 2:

Tableau 2:la richesse floristique du PNC……..…….……..……..**18**

Tableau 3:Répartition de la faune du PNC par groupe taxonomique…….……...…**19**

Tableau 4: Moyennes mensuelles des précipitations (mm) de Blida (1991-2021) ..…….....**22**

Tableau 5: Moyennes mensuelles des températures en °C (1991-2021……..…**25**

Chapitre 3 :

Tableau 6: Principales caractéristiques des stations échantillonnées……..…..……**29**

Tableau 7: Echelle granulométrique de Wentworth modifiée……..……..……...…….**31**

Tableau 8: Expression de la qualité biologique des cours d'eau……..……..…..**41**

Chapitre4:

Tableau 9: Evolution spatio-temporelle de Température de l'eau dans les stations étudiée…… **42**

Tableau 10: Evolution spatio-temporelle de Potentiel hydrogène dans les stations étudiée……..**43**

Tableau 11: Evolution spatio-temporelle de La conductivité électrique dans les stations étudiée……..**44**

Tableau 12: La salinité mesurées dans les stations d'études……..……**45**

Tableau 13: Evolutionspatio-temporelle de Chloruredans les stationsd'études..……**46**

Tableau 13: Evolution spatio-temporelle de Phosphate dans les stations étudiées ……..…**47**

Tableau 14: Evolution spatio-temporelle de Nitrate dans les stations d'études…..…..……..**48**

Tableau 15: Evolution spatio-temporelle de Nitrites *dans les stations d'études*……..……**48**

List des tableaux

Tableau 16: Evolution spatio-temporelle de L'ammonium dans les stations d'études…...**49**

Tableau 17:sulfate mesurées dans les stations d'études…..……..**50**

Tableau 18: Richesse et abondance numérique des différents taxons récoltés au niveau d'ouedChiffa……...…….…….**52**

Tableau 19: Abondance des classes de macro-invertébrés benthiques au niveau des station……..**55**

Tableau 20: Abondance taxonomique de macroinvertébrés benthiques au niveau des stationsétudiées……...**57**

Tableau 21: Classification des taxons de macroinvertébrés récoltés selon leurs fréquences d'occurrences…….…….**59**

Tableau 22: Variation spatio-temporelle de l'indice IBGN des différentes stations……..**71**

Liste des Annexes

Annexe 1 : Tableau des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée sur différents sites en Mars et Avril.

Annexe 2 : Variations mensuelles de l'abondance des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Chiffa : Résultats de Novembre 2024.

Annexe 3 : Variations mensuelles de l'abondance des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Chiffa : Résultats de mars 2025

Annexe 4 : Variations mensuelles de l'abondance des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Chiffa : Résultats de Avril 2025.

Annexe 5 : Occurrence des taxons récoltés dans l'oued Chiffa.

Annexe 6 : Valeurs de l'IBGN selon le groupe faunistique indicateur et la variété taxonomique des macroinvertébrés benthiques.

Annexe 7 : Groupes trophiques de la faune benthique (établis à partir de Cummins, 1973).

Table de matières

Dédicaces

Remerciement

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Table des matières

Introduction……..……..**1**

Partie I : Synthèse Bibliographique

*CHAPITRE I:***Généralités sur les macroinvertébrés benthiques**

1- Definition des macroinvertébrébenthiques……**3**

2- La taxonomie du macrofaune benthique……..……..…..**3**

3- La morphologie des macroinvertébrés benthiques…….……....….**3**

a) La tête……..……...**4**

b) le thorax……**4**

c) L'abdomen…….……...**4**

4- Présentation de quelques groupes des macroinvertébrés benthique……**4**

a) Les Coléoptères…..……..…….…….**4**

b) Les Diptères……...**5**

c) Les Éphéméroptères……..…**6**

d) Les Trichoptères…….……..…..**6**

e) Les Plécoptères…….……..**7**

5 -La biologie et le cycle de vie des macroinvertébrés benthiques……..…..**8**

6- Diversité des habitats occupés par les macroinvertébrés benthiques….....….**9**

a) Les biotopes offerts par la végétation …….……..……..**9**

b) Les biotopes offerts par les pierres……..……..……...…**10**

List des tableaux

c) Le biotope constitué de gravier, de sable et de boue……..…….....**10**

a1- Les macroinvertébrés épibenthiques……...…**10**

a2- Les macroinvertébrés suprabenthiques……...**10**

a3- Les macroinvertébrés endobenthiques……**10**

7- Le rôle et l'utilisation des macroinvertébrés benthiques……...…**11**

a) Les macroinvertébrés comme bioindicateurs……..……...**11**

b) Les macroinvertébrés et la transformation de la matière organique……..……..…**13**

***CHAPITRE II:*Région d'étude**

1-Présentation du parc national de Chréa…….....**15**

a) La Création du parc……..….**15**

b) Localisation du parc……..….**15**

2- Particularités abiotiques et biotiques de la région d'étude……..**15**

a) La flore……...……..**15**

a.1. La strate arborescente……....**16**

a.2. La strate arbustive……..…**17**

b) La faune ……..……...…..**19**

c) La géologie……...……**19**

d) La pédologie……..……...…….**19**

e) L'hydrologie…….…….……...**21**

f) Climat……..……**21**

f.1. Les précipitations…….……..**22**

f.2. Les températures……**25**

f.3. La neige……...……...……**26**

f.4. Le vent (sirocco)……..……...**26**

f.5. Le brouillard…….……..**26**

3- Rôle des parcs nationaux dans la conservation de la biodiversité……..….**26**

List des tableaux

*CHAPITRE III :*matériels et méthodes

1. Descriptions d'ensemble du réseau hydrographique et emplacement des stations..…..**27**
2. Réseau hydrographique de l'oued Chiffa……..……...**27**
3- Description des stations d'étude……...……..**27**
4- Caractéristiques physico-chimiques…….……**29**
   a) La température de l'eau……..……....……**29**
   b) Le débit……..……..…….…**30**
   c) La vitesse du courant……..……..**30**
   d) Le substrat……..……...……**31**
   e) Paramètresmesurés au laboratoire……..……**31**
5- Méthode d'échantillonnage de la faune benthique…….……**32**
6- Tri et détermination des macroinvertébrés benthiques……..….**34**
7. Analyse de la composition et de la structure des macroinvertébrés benthiques……..…**36**
   a) La richesse spécifique (S)..…….…**37**
   b)L`abondance relative (A)……...……...…**37**
   c) Occurrence des espèce (F)……...…….**37**
   d)Indice de Schannon et Weaver…….…....**38**
   e)Indice d'équitabilité de pielou (E)……...…..**38**
8- Evaluation de la qualité biologique des eaux dans la zone d'étude…….…...**39**
   8.1. Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN)…….….**39**

CHAPITRE IV*:*Résultats et Discussion

1. Etude des paramètresphysico-chimiques……**42**
   a)Température de l'eau…….……**42**
   b) Potentiel hydrogène (pH)……..…….……**42**
   c) Conductivité électrique (CE)…….……**43**
   e) Salinité……..……**44**
   f) Chlorure (Cl)……..……**45**
   g) Phosphate (PO43-)……**46**
   h)Nitrates (NO3-)……..**47**
   i) Nitrites (NO2-)……..……...…**48**

List des tableaux

j)L'ammonium (NH4+)……..**49**

k)Sulfate (SO42-)……...**50**

2. Analyse globale de la faune benthique……**51**

2.1. Analyse faunistique globale……..……..**51**

2.2. Variations mensuelles……...….**53**

2.3. Variations stationnelles……...……...**54**

2.4. Richesse taxonomique……**58**

2.5. Fréquence d'occurrence des taxons……**59**

3. Composition de la faune benthique…….....**60**

a. Les Ephéméroptères……..**60**

b. Les Diptères…….,**61**

c. Les Trichoptères……**62**

d. Les Plécoptères……**.64**

e. Les Odonates…….....**65**

f. Les Coléoptères…….....**66**

g. Les autres taxons……...…….…...**67**

4. Structure trophique de la faune benthique…….……**68**

5. Les indices écologiques……..…….……**69**

6. Indice biologique global normalisé (IBGN)……**71**

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

Les écosystèmes aquatiques jouent un rôle fondamental en tant que réservoirs de processus chimiques, physiques et biologiques. Bien qu'essentiels au bon fonctionnement de la biosphère, ils représentent une ressource limitée et particulièrement vulnérable face aux pressions environnementales. Cette importance leur confère une place centrale dans l'équilibre écologique de notre planète. Ils forment un ensemble complexe, abritant une diversité remarquable d'organismes, notamment de petits animaux (Conseil national de recherches, 1992).

Selon Dynesius & Nilsson (1994), les écosystèmes aquatiques en particulier les cours d'eau sont parmi les systèmes naturels les plus dynamiques et sophistiqués. Ils jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes et le recyclage de la matière organique. La diversité des biomes aquatiques est vaste, et les espèces qui y vivent varient en fonction des conditions environnementales propres à chaque écosystème dont l'évolution est unique et spécifique (Lévêque & Mounoulou, 2001).

Les macroinvertébrés benthiques représentent une composante majeure des écosystèmes d'eau douce. Ils jouent un rôle clé dans la chaîne alimentaire en servant de ressource nutritive pour de nombreux poissons, amphibiens et oiseaux. Ce groupe, extrêmement diversifié et réparti sur plusieurs phylums présente une grande variabilité de tolérance aux perturbations environnementales telles que la pollution ou la modification de l'habitat. Grâce à cette diversité morphologique et écologique (Moisan, 2010).

Les macroinvertébrés offrent une large gamme de réponses aux stress du milieu, ce qui en fait des indicateurs biologiques particulièrement efficaces. Ils sont ainsi les organismes les plus couramment utilisés pour l'évaluation de la qualité écologique des écosystèmes aquatiques (Rosenberg & Resh, 1993 & Moisan, 2008).

Leur sensibilité aux modifications environnementales en fait d'excellents indicateurs biologiques de la qualité des milieux, ce qui justifie leur usage croissant dans de nombreux indices écologiques (Tachet *et al.*, 2010).

Leur sensibilité aux perturbations environnementales, combinée à la diversité des réponses entre espèces, permet de mettre en évidence un gradient de réactions des communautés en fonction de l'intensité et de la nature des stress subis (Lewis *et al.*, 2001).

Les macroinvertébrés sont donc reconnus comme d'excellents indicateurs de la qualité écologique de leur environnement (Tenkiano, 2017).

Ces organismes sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité écologique du milieu dans lequel ils vivent pour plusieurs raisons : ils sont sédentaires, vivent relativement longtemps, disposent d'une large diversité de réponses face à différentes perturbations et ils ont un rôle fondamental dans le réseau trophique.

Les indicateurs fondés sur les invertébrés benthiques, contrairement aux analyses chimiques ponctuelles, intègrent la qualité de l'eau et des sédiments sur de longues périodes et traduisent l'ensemble des pressions enregistrées par la communauté. En cas de perturbation, deux réactions ont observables : Le développement de populations présentant une affinités ou tolérance vis-à-vis des composés Introduit ou des pressions et la régressions des espèces sensibles.

Cette étude est née, en grande partie, de la nécessité d'établir des informations de base sur la diversité et la distribution des assemblages de macro-invertébrés des cours d'eau d'Algérie, et particulièrement de certaines cours d'eau et ruisseaux du Sous-bassin versant de l'oued Chiffa. Les stations ont été choisis selon leur importance géographique et leur niveau d'exposition aux diverses sources de pollutions, dans le but d'obtenir la liste la plus exhautives possible de la faune benthique ainsi qu'une évaluation biologique de ces cours d'eau.

Ce travail s'organise autour de quatre chapitres principaux, encadrés par une introduction et une conclusion. Le premier chapitre propose une revue synthétique des connaissances relatives aux écosystèmes aquatiques, avec un focus particulier sur les macro-invertébrés benthiques, éléments clés pour l'évaluation de la qualité des milieux. Le deuxième chapitre présente le cadre géographique et environnemental de la zone d'étude. Le troisième chapitre détaille les sites d'échantillonnage, le matériel employé, les méthodes de collecte, ainsi que les protocoles de traitement et d'analyse des données. Enfin, le dernier chapitre expose les résultats obtenus, accompagnés d'une discussion critique permettant de les replacer dans leur contexte scientifique.

Chapitre I :

Généralités sur le macroinvertébrés benthiques



1- Définition des macroinvertébrés benthiques

Les macroinvertébrés dulcicoles ou benthiques d'eau douce sont des organismes qui habitent le benthos, c'est-à-dire qu'ils vivent au fond des cours d'eau, des lacs et des marais.

Les macroinvertébrés aquatiques sont des organismes qui vivent dans l'eau, qui sont visibles à l'œil nu sans utilisation d'un microscope (macro) et qui n'ont pas de squelette interne (invertébrés) (Carmen *et al.,* 2015). Ils regroupent des Insectes (larves, nymphes, imago ou adultes), des Crustacés, des Mollusques, des vers et autres invertébrés, fixés sur un substrat ou non, dont une partie au moins du cycle de vie est aquatique (Usseglio-Polatera *et al.,* 2009).

Les principaux ordres appartenant à cette catégorie d'organismes sont les Éphéméroptères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Hémiptères et les Odonates (Gagnon & Pedneau, 2006).

2- La taxonomie du macrofaune benthique

Dans les eaux continentales, les macroinvertébrés benthiques représentent un groupe faunique à la fois diversifié et largement réparti géographiquement (Neveu, 2001). Ils sont classés en différents groupes taxonomiques (embranchement, classe, ordre, famille, genre) sur la base de leurs caractéristiques phénotypiques (morphologie) et génétiques. En fonction de leur tolérance aux polluants, certaines espèces sont qualifiées de polluo-résistantes, tandis que d'autres sont dites polluo-sensibles. Selon leur stade de développement (œuf, larve, nymphe, adulte), les individus peuvent être aquatiques ou aériens, en lien avec des modifications de leur régime alimentaire ou des particularités du substrat utilisé pour la reproduction. (www.cheran.fr).

Les niveaux d'identification au-dessus de la super-famille seront en français, tandis que les autres niveaux le seront en latin. La classification utilisée repose sur les travaux de Smith (2001) pour les macroinvertébrés non Insectes, et de Merritt et Cummins (1996) pour les Insectes.

Parmi les 27 ordres d'insectes de macroinvertébrés benthiques identifiés, 12 comptent des espèces ayant au moins une étape de leur cycle de vie adaptée à l'environnement aquatique (Elouard, 1981).

3- La morphologie des macroinvertébrés benthiques

Les insectes aquatiques représentent la majorité des macroinvertébrés benthiques. En fonction de leur cycle biologique, ils peuvent se présenter dans le milieu aquatique sous différentes formes : larve, nymphe ou adulte (Amoros *et al.*,1982). La figure 1, ci-dessous, représente la morphologie d'une larve d'éphémère comme exemple d'un insecte de macroinvertébré.

a) La tête: dotés de deux antennes, les yeux (composés et ocelles chez les larves et adultes d'hétérométaboles ainsi que chez les hémimétaboles).

b) Lethorax:composé de trois segments, chacun portant fondamentalement une paire de pattes articulées chez les larves et généralement deux ailes chez les adultes.

c) L'abdomen:composé de 11 segments, généralement dépourvus d'appendices articulés, à l'exception éventuelle d'une paire de prolongements tels que les cerques.

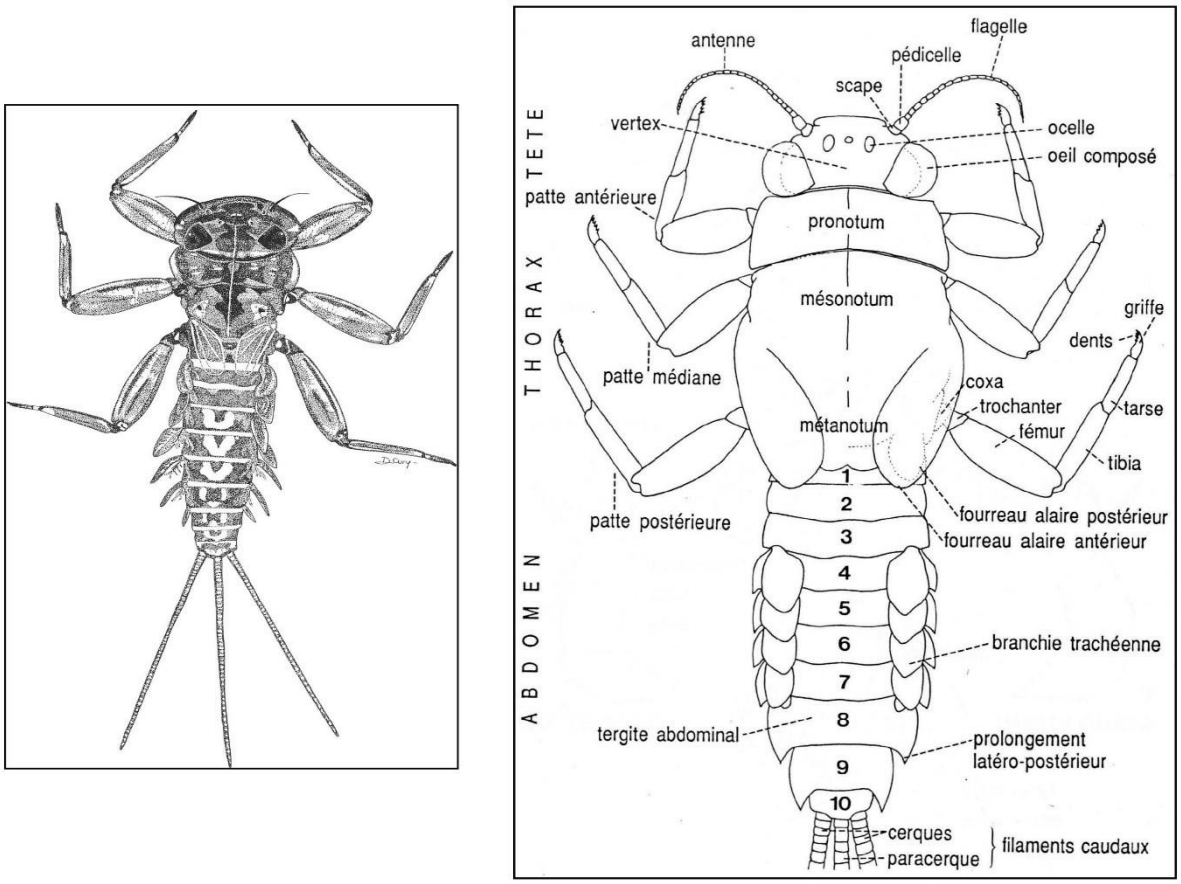


Figure.1:Vue d'ensemble d'une larve d'Éphémère (Studemann et al., 2010).

4- Présentation de quelques groupes des macroinvertébrés benthique

a) Les Coléoptères

Ils constituent l'un des groupes les plus riches en espèces de la classe des insectes. Ils sont holométaboles, ce qui signifie qu'ils subissent une métamorphose complète comprenant au moins quatre stades distincts : œuf, larve, nymphe et imago (Fig. 2) (Auber, 1999).

Les Coléoptères sont des Insectes possédant deux paires d'ailes, dont la paire antérieure est transformée en élytres, des étuis rigides qui recouvrent et protègent les ailes postérieures. Leur appareil buccal est de type broyeur (Blot, 1993 & Mathieu, 1995).Ils occupent des habitats aussi

bien superficiels que souterrains, que ce soit dans des zones riches en nutriments ou dans des milieux plus pauvres, en eau douce comme en eau légèrement saumâtre (Tachet *et al.*, 2000).

b) Les Diptères

Ils comptent parmi les groupes les plus diversifiés, représentant jusqu'à 90 % ou plus de la communauté des Insectes volants dans de nombreux habitats, qu'ils soient d'origine naturelle ou influencés par l'activité humaine. Grâce à leur grande diversité spécifique et individuelle, ainsi qu'à leur capacité d'adaptation à une large gamme de milieux larvaires, ils occupent une place prépondérante dans de vastes régions (Leclercq, 1971).

Les Diptères possèdent une seule paire d'ailes fonctionnelles, accompagnée d'une paire de balanciers (ou haltères) qui assurent leur stabilité en vol. Leur appareil buccal est de type suceur ou piqueur-suceur, selon les espèces. Comme les Coléoptères, ils subissent une métamorphose complète (Fig. 3)(Mathieu, 1995).

Il n'est pas encore possible d'établir une classification phylogénétique rigoureuse des Diptères, car de nombreux problèmes restent non résolus, y compris au niveau des familles. À ce jour, environ 95 familles sont reconnues. On estime le nombre d'espèces à plus de 30000, bien que certains auteurs avancent un chiffre pouvant atteindre 80000 (Ayral, 1966 & Leclercq, 1971 & Mathieu, 1995).



Figure 2 : Exemple d'un Coléoptère, vue dorsale (photo originale).



Figure 3: Exemple d'un Diptère, vue dorsale (photo originale).

c) Les Éphéméroptères

Les Éphémères sont des Insectes dont le développement larvaire se déroule entièrement en milieu aquatique. Les Ephémères se distinguent par la présence de deux (rarement) ou trois prolongements caudaux, dont deux cerques bien visibles. Leurs pattes sont munies d'une seule griffe, ce qui permet de les différencier des Plécoptères, qui en possèdent deux. Tous les individus de ce groupe présentent des branchies abdominales, généralement situées sur les segments 4 à 7, et parfois également sur les segments 1 à 3, selon les genres (Fig. 4). La configuration et l'emplacement de ces branchies jouent un rôle crucial dans leur identification spécifique. En générale, les Éphémères présentent une forte sensibilité à la pollution et une durée de vie adulte extrêmement brève (Moisan, 2006). Ils se nourrissent d'un large éventail de végétaux aquatiques et de matière organique animale (Mc Gavin, 2000).

Les formes juvéniles des Éphéméroptères se rencontrent en grand nombre et colonisent divers types de milieux aquatiques, tels que les torrents, les ruisseaux et les rivières. Plusieurs études ont démontré que ce groupe constitue un indicateur pertinent dans les investigations écologiques, notamment pour l'évaluation de la qualité biologique des eaux (Bebba *et al.*, 2015).



Figure.2: Exemple des Éphémères, vue dorsale, (a) : branchie (photo originale).

d) Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des Insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques (Fig. 5). Cet ensemble comprend 43 familles et environ 8000 espèces d'Insectes que l'on

trouve presque partout près de l'eau douce. Les adultes, au corps élancé et à l'aspect terne, ressemblent aux phalènes, mais s'en distinguent par la présence de poils sur les ailes au lieu d'écailles. Leurs longues antennes filiformes sont composées de nombreux segments. Les pièces buccales, peu développées, permettent parfois d'aspirer des liquides, bien que les adultes de certaines espèces ne se nourrissent pas du tout (Tachet *et al.*, 2000).

Les Trichoptères possèdent des yeux composés, parfois accompagnés d'ocelles. En vol, leurs ailes sont maintenues ensemble grâce à des soies courbées. La reproduction a lieu à l'automne. Les adultes sont rarement observés en vol durant cette période, préférant se poser sur des surfaces solides. Lors de l'accouplement, les partenaires se tiennent face à face, le dos tourné l'un vers l'autre. En général, les adultes ont une espérance de vie d'environ une semaine (Tachet *et al.*, 2000 & Engelhardt, 1998).

La femelle dépose ses œufs sous forme de grappes ou de filaments. Les larves, de vie aquatique, se métamorphosent généralement en nymphes à l'intérieur des abris qu'elles construisent à partir de grains de sable, de petits débris végétaux ou de brindilles (Mc Gavin, 2000).

e) Les Plécoptères

Les Plécoptères forment un ordre d'Insectes dont les larves vivent exclusivement en milieu aquatique, principalement dans des eaux fraîches et bien oxygénées. Ils se caractérisent notamment par la présence de deux cerques à l'extrémité de l'abdomen. Leurs antennes, composées de nombreux segments, sont nettement plus longues que la tête (Fig. 6) (Moisan 2010).



Figure.3: Exemple d'un Trichoptère (photo originale).



Figure.4: Exemple d'un Plécoptère, vue dorsale (photo originale).

5 -La biologie et le cycle de vie des macroinvertébrés benthiques

Environ 70 % des espèces macro-benthiques présentent un cycle de vie bentho-pélagique. Celui-ci comprend une phase larvaire planctonique, suivie d'une phase de recrutement au cours de laquelle les larves se fixent au substrat et subissent une métamorphose, puis d'une phase adulte benthique, dont la durée varie de quelques mois à plusieurs années. C'est au cours de cette dernière phase que la croissance et la maturation des organismes assurent leur survie à long terme (Fig. 7).

La phase larvaire permet de réduire la concurrence avec les adultes pour l'espace et les ressources, tout en offrant aux espèces macrobenthiques une capacité de dispersion et de colonisation de nouveaux habitats. Toutefois, cette phase est également marquée par une mortalité larvaire élevée.

Chez les espèces à cycle holo-benthique, la phase larvaire est absente. Les organismes accomplissent l'ensemble de leur cycle de vie dans ou sur le sédiment. Ce développement direct limite les pertes liées à la mortalité larvaire, mais restreint les échanges génétiques entre populations (Bachelet, 1987).

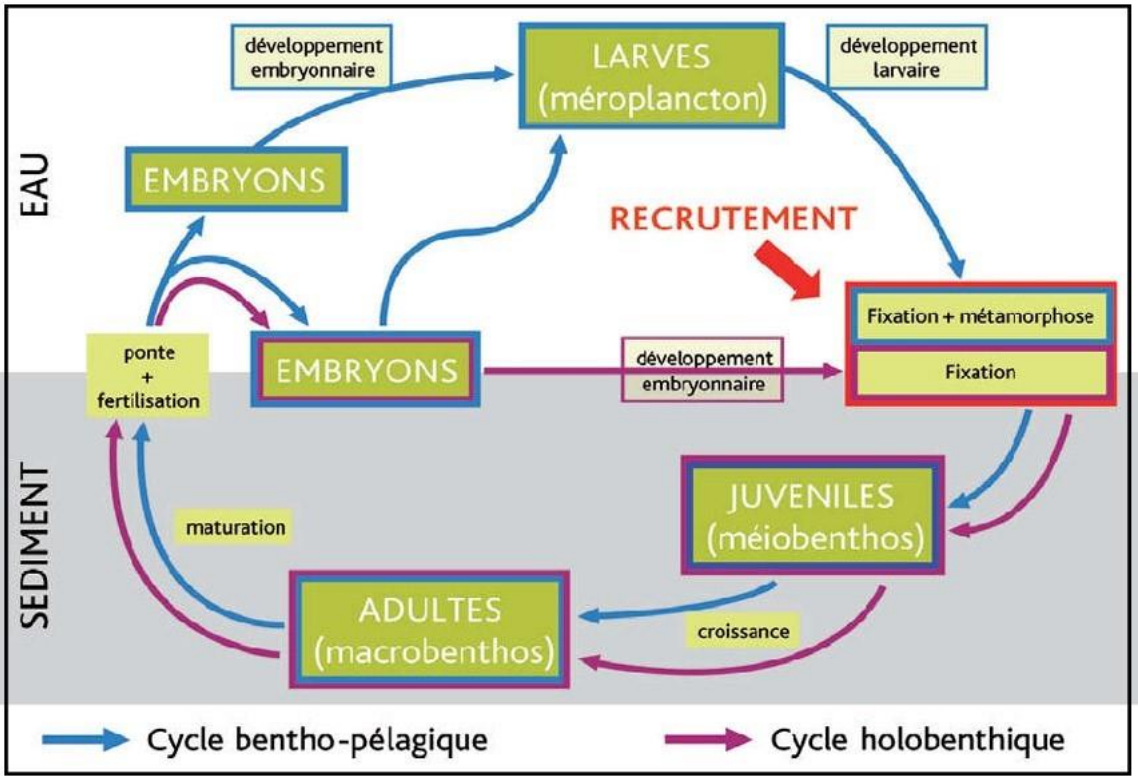


Figure.5: Cycle bentho-pélagique et holobenthique des espèces macrobenthiques (Bachelet, 1987).

6- Diversité des habitats occupés par les macroinvertébrés benthiques

Un écosystème aquatique en bon état se caractérise par une grande diversité d'organismes animaux, dont la répartition dépend du type de milieu : eaux courantes (ruisseaux, rivières, fleuves) ou eaux stagnantes (mares, étangs, lacs). Chaque type d'habitat offre des conditions physiques et chimiques particulières, influençant la présence et l'abondance des espèces.

La distribution des macroinvertébrés est influencée par de nombreux facteurs physico-chimiques tels que la profondeur, le débit, la topographie, le type de substrat, la teneur en matière organique ou encore la concentration en oxygène dissous. Parmi ces paramètres, la topographie joue un rôle important dans la microdistribution des espèces : on distingue généralement la zone littorale, peu profonde, la zone sublittorale, située à une profondeur intermédiaire, et la zone profonde, correspondant au fond du lac (Mouthon, 1993).

La zone côtière est la plus riche en biodiversité, abritant de nombreux macroinvertébrés épibenthiques tels que les gastéropodes, les larves d'éphémères ou de trichoptères. La région sublittorale, quant à elle, est soumise à des variations constantes de température, de teneur en oxygène et de distribution des algues, ce qui entraîne généralement une baisse de la densité des macroinvertébrés. La zone profonde se caractérise par une faible diversité biologique et abrite principalement des larves de Chironomes ainsi que de petits Oligochètes. Certains organismes effectuent des déplacements entre la zone profonde et la zone côtière : la première est utilisée comme refuge pour l'hibernation, tandis que la seconde constitue un site privilégié pour la reproduction.

Il a été observé que la répartition verticale des organismes fouisseurs dans le sédiment est influencée par leur comportement. En effet, pendant la période d'hivernage, les larves de chironomes et les oligochètes peuvent atteindre des profondeurs allant jusqu'à 50 cm, tandis qu'elles se limitent généralement à 10 cm de profondeur lorsqu'elles se nourrissent.

La distribution des macroinvertébrés dans une rivière est principalement influencée par la vitesse du courant, la taille du substrat, l'intensité de la lumière incidente, la clarté de l'eau et l'apport en nutriments. Par conséquent, la diversité des habitats joue un rôle crucial dans la présence des macroinvertébrés dans une rivière et peu (Dallas, 2007 ; Moisan & Pelletier, 2008).

Les divers environnements aquatiques englobent les composantes d'habitat suivantes : végétation macrophytique, pierres, gravier, sable et boue (Fig. 8) :

a) **Les biotopes offerts par la végétation :** incluant la végétation marginale, aquatique ainsi que toute autre forme de couvert végétal pouvant servir d'habitat aux macroinvertébrés, jouent un rôle essentiel dans la structuration des communautés benthiques. Ce type de milieu héberge une grande diversité de

macroinvertébrés, parmi lesquels on retrouve notamment des familles telles que les Nepidae, les Belostomatidae, les Coenagrionidae, les Dytiscidae, les Lymnaeidae et les Planorbidae (Thirion, 2007).

b) **Les biotopes offerts par les pierres :**incluent toutes les surfaces dures, situées à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du courant. Ces habitats offrent des zones de fixation, de refuge et d'alimentation pour de nombreux macroinvertébrés. Parmi les taxons associés à ce type de milieu, ainsi qu'à d'autres substrats similaires, figurent les Simuliidae, les Aeshnidae, les Chlorocyphidae, les Elmidae, les Potamonautidae et les Hirudinea (Thirion, 2007). D'après Vanden Bossche *et al.*, (2009), les invertébrés aquatiques occupent différents habitats au sein du lit de la rivière, en fonction de leurs modes de vie et de leurs stratégies d'alimentation. Ainsi, la composition spécifique des communautés varie selon qu'il s'agisse de microhabitats situés sous ou sur les pierres, dans les graviers ou encore dans les zones vaseuses.

c) **Le biotope constitué de gravier, de sable et de boue :** correspond à un mélange de particules de tailles variées, incluant des fragments de gravier, des grains de sable et de l'argile (Thirion, 2007). Ce type de substrat hétérogène abrite une diversité de macroinvertébrés, notamment les Oligochaeta, les Tipulidae et les Chironomidae (Thirion, 2007).

En ce qui concerne spécifiquement la boue, Tachet *et al.,* (2000) distinguent :

a- Les macroinvertébrés épibenthiques: occupent la zone de transition entre la colonne d'eau et le sédiment. On y retrouve notamment des larves d'Insectes, des Isopodes et divers Mollusques, qui exploitent cet habitat pour s'alimenter, se déplacer ou se protéger.

b- Les macroinvertébrés suprabenthiques : vivent généralement à proximité immédiate du fond, dans les premiers centimètres des sédiments, mais possèdent la capacité de se déplacer dans la colonne d'eau. Ce comportement leur permet d'exploiter à la fois les ressources benthiques et pélagiques. Parmi ces organismes figurent, par exemple, certaines larves de Diptères ainsi que des Crustacés tels que les Amphipodes.

c- Les macroinvertébrés endobenthiques : vivent enfouis dans les sédiments et jouent un rôle essentiel dans le brassage et la transformation de la matière organique. Ils incluent notamment des organismes fouisseurs tels que les Oligochètes, les Nématodes et les larves de Chironomes.

7- Le rôle et l'utilisation des macroinvertébrés benthiques

Les macroinvertébrés benthiques constituent une source de nourriture importante pour de nombreux poissons, amphibiens et oiseaux. Ce groupe est extrêmement diversifié, et les espèces qui le composent présentent des niveaux de sensibilité variés face à différents stress, tels que la pollution ou les modifications de leur habitat. En raison de ces caractéristiques, les macroinvertébrés sont les organismes les plus couramment utilisés pour évaluer la santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan, 2010).

a) Les macroinvertébrés comme bioindicateurs

Les macroinvertébrés benthiques constituent d'excellents indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques. En raison de leur mode de vie sédentaire, ils ne peuvent pas échapper aux polluants présents dans leur environnement, ce qui les rend particulièrement pertinents pour détecter les effets locaux et persistants de la contamination. Leur grande diversité, ainsi que les différences marquées de tolérance entre les espèces face à divers types de pollution, permettent d'évaluer à la fois les i

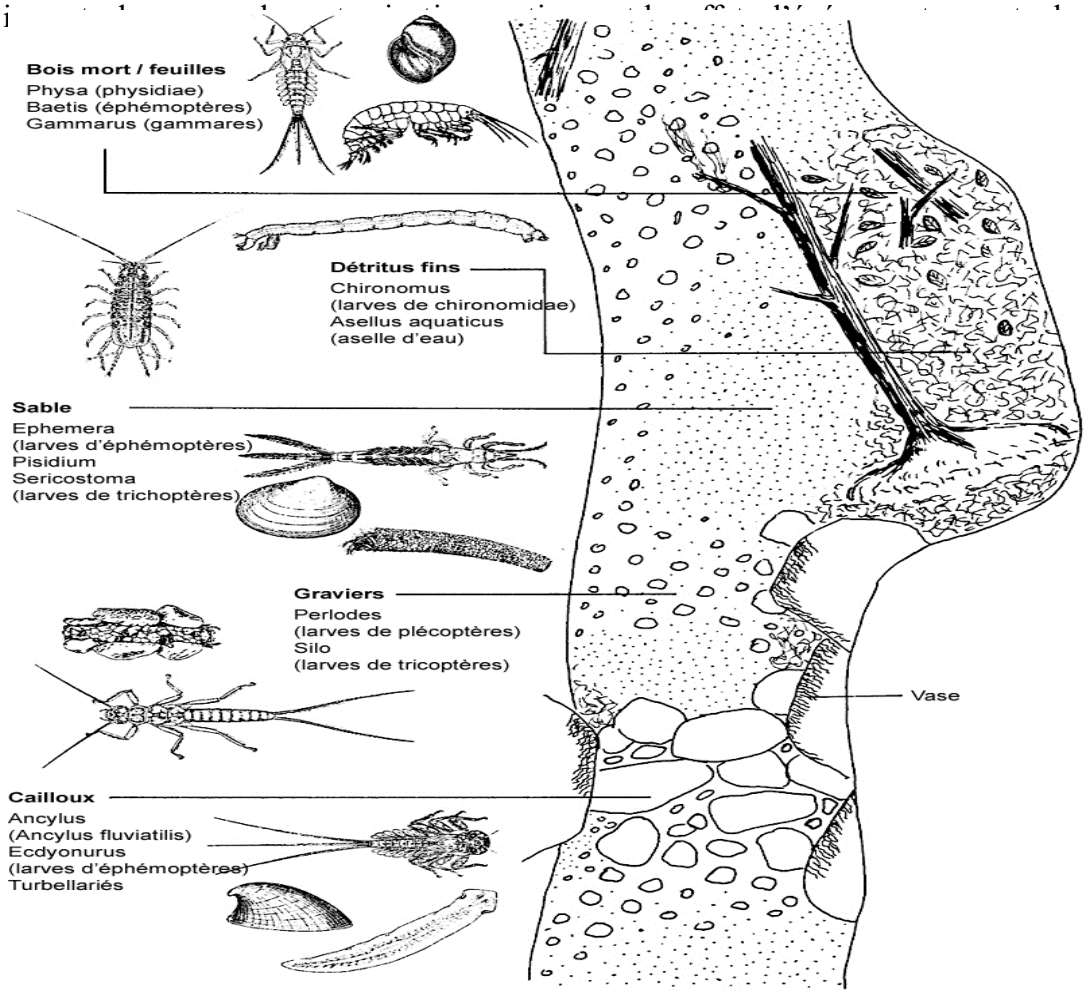


Figure.6:Le fond du ruisseau en tant que biotope, mosaïque des microbiotopes et de leurs habitants (Bostelmann, 2003).

L'analyse des communautés de macroinvertébrés complète efficacement les mesures physico-chimiques de l'eau, en fournissant une vision intégrée de la qualité écologique sur le moyen à long terme. Pour faciliter cette évaluation, des échelles de tolérance ont été établies, attribuant à chaque taxon une sensibilité relative à la pollution, ce qui permet de calculer des indices biotiques utilisés dans les programmes de biosurveillance, comme ceux mis en œuvre dans le cadre de la Directive-cadre sur l'eau.

Par conséquent, la présence exclusive de macroinvertébrés tolérants dans un lac ou une rivière peut indiquer une dégradation de la qualité de l'eau. Parmi les organismes les plus résistants à la pollution, on retrouve notamment les Oligochètes, certains Diptères comme les Chironomidés, les Mollusques bivalves et les Amphipodes. Ces espèces sont capables de survivre dans des environnements contaminés, notamment en bioaccumulant les polluants sans en subir immédiatement les effets létaux.

À l'inverse, les groupes les plus sensibles comprennent généralement les Plécoptères, ainsi que plusieurs représentants des Éphéméroptères et des Trichoptères, qui disparaissent rapidement en cas de détérioration de l'habitat ou de pollution. Toutefois, il existe une variabilité importante au sein de chaque grand groupe taxonomique : certaines familles ou genres peuvent être tolérants tandis que d'autres sont très sensibles. C'est pourquoi une identification au moins à l'échelle de la famille est nécessaire pour obtenir une évaluation fiable de la qualité écologique.

Les seuils de tolérance des macroinvertébrés benthiques ont été établis en fonction de leur sensibilité à la pollution de l'eau. Ainsi, la présence exclusive d'espèces tolérantes dans un lac ou une rivière peut indiquer une dégradation de la qualité de l'eau (Moisan, 2010).

Les Oligochètes, les Diptères (notamment les Chironomes), les Mollusques bivalves et les Amphipodes comptent généralement parmi les macroinvertébrés les plus tolérants à la pollution. Ils sont capables de bioaccumuler des contaminants tout en maintenant leur survie. À l'inverse, les Plécoptères, les Éphémères et les Trichoptères sont typiquement plus sensibles aux altérations de la qualité de l'eau. Toutefois, chaque grand groupe taxonomique comprend à la fois des espèces tolérantes et intolérantes, ce qui rend nécessaire une identification au moins au niveau familial pour une évaluation plus précise.

Les macroinvertébrés benthiques intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (sur quelques années) des perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques affectant les rivières. Leur large distribution dans la majorité des cours d'eau, leur facilité

de collecte et le faible impact de celle-ci sur le biote résiduel en font d'excellents indicateurs de la qualité de l'environnement aquatique (Barbour *et al.*, 1999).

.

Tableau 23: Echelle de tolérance des grands groupes taxonomique (Moisan 2010).

Groupes taxonomiques	**Échelles de tolerance**
Éphéméroptères	Sensible
Trichoptères	Sensible
Plécoptères	Sensible
Crustacés (amphipodes, isopodes)	Moyen
Mollusques (gastéropodes, bivalves)	Moyen
Odonates (anisoptères, zygoptères)	Moyen
Coléoptères	Moyen
Hémiptères	Moyen
Mégaloptères	Moyen
Lépidoptères	Moyen
Hydracariens	Moyen
Mégaloptères	Moyen
Diptères (sauf chironomides)	Moyen
Crustacés (lsopodes, Amphipodes, Ostracodes, Cladocères, Copépodes)	Tolérant
Mollusques (Gastéropodes sans opercule)	Tolérant
Diptères (chironomides)	Tolérant
Annélides (oligochètes, sangsues)	Tolérant

b) Les macroinvertébrés et la transformation de la matière organique

Dans les écosystèmes aquatiques, les végétaux, notamment les arbres riverains, jouent le rôle de producteurs primaires. Une quantité importante de feuilles se détache naturellement ou est transportée par le vent vers les cours d'eau ou les zones d'eaux calmes, constituant ainsi une source essentielle de matière organique allochtone. Dans ce contexte, pour comprendre le rôle des macroinvertébrés benthiques dans les mécanismes écosystémiques, notamment dans la transformation de la matière organique au sein des rivières, il est essentiel de les regrouper en catégories fonctionnelles trophiques (Cummins, 1973, Cummins &Klug, 1979).

Les macroinvertébrés décomposeurs, tels que certains Crustacés, Insectes ou vers aquatiques, jouent un rôle clé dans le recyclage de cette matière. Ils fragmentent la matière organique particulaire grossière en particules plus fines, rendant ainsi cette ressource accessible à d'autres groupes fonctionnels, comme les collecteurs-filtreurs et les collecteurs-glaneurs. Ce processus

favorise également l'activité des micro-organismes et contribue au transfert d'énergie au sein du réseau trophique (Anderson & Sedell, 1979 ; Webster & Benfield, 1986 ;Garça*et al.*, 2015).

Les macroinvertébrés occupent, alors, une position centrale dans la transformation de la matière organique et la circulation du carbone au sein du réseau trophique. Par leur activité, ils participent activement au maintien du fonctionnement biogéochimique des écosystèmes aquatiques (Webster & Benfield, 1986 ; Suberkropp, 1998 ; Gessner *et al.*, 1999).

CHAPITRE II :

Région d’étude

1-Présentation du parc national de Chréa

a) La Création du parc

C'est en 1912, à l'initiative de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, que l'idée de créer le Parc National de Chréa a vu le jour. Cette ambition s'est concrétisée le 3 septembre 1925, par un décret gouvernemental, en application de l'arrêté général du 17 février 1921 qui définissait le statut type des parcs nationaux en Algérie. Le parc englobait alors l'ensemble de la forêt de cèdres, couvrant une superficie d'environ 1 351 hectares.

Plus tard, conformément au décret n° 83-458 du 23 juillet 1983, établissant un nouveau cadre juridique pour les parcs nationaux en Algérie, le Parc National de Chréa a été officiellement réinstauré par le décret n° 83-461, promulgué le même jour. Selon une étude réalisée par le Bureau National des Études Forestières, sa superficie actuelle s'étend sur 26 507 hectares (PNC, 2013).

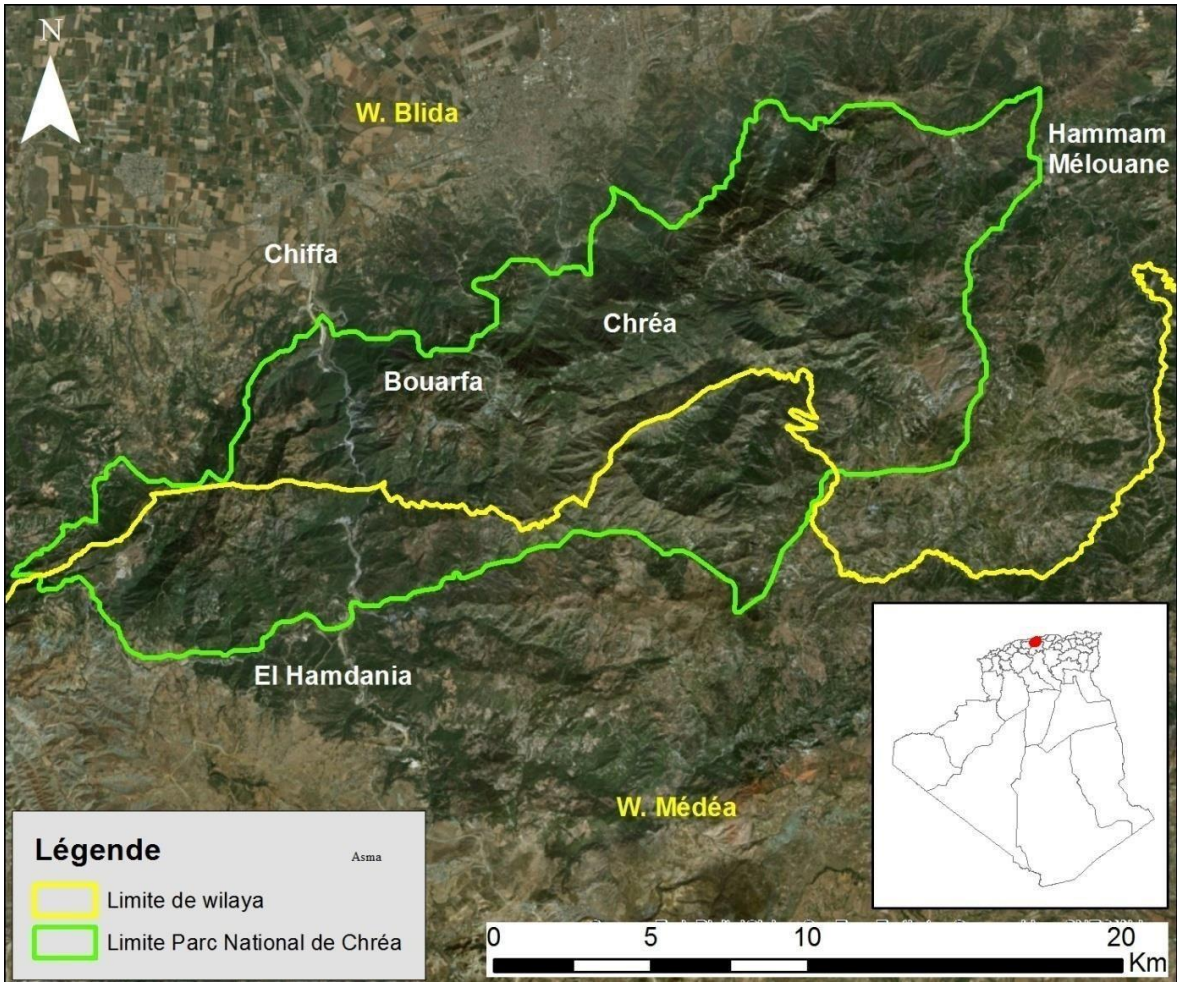
b) Localisation du parc

Situé à 50 km au sud-ouest d'Alger, le Parc National de Chréa s'étend en forme d'écharpe sur une superficie de 26585 hectares. Il occupe les zones centrales de la chaîne de l'Atlas tellien, entre les latitudes nord 36°19' et 36°30', et les longitudes est 2°38' et 3°02' (PGPNC ,2000). La superficie du parc national de Chréa englobe les forêts sectionnelles de Sidi El Kebir et de Ghellaie, toutes deux situées dans la commune de Blida, ainsi que la forêt sectionnelle de Terga, rattachée à la commune de Berrouaghia (Fig. 9) (DGF, 2006).

2- Particularités abiotiques et biotiques de la région d'étude

a) La flore

Le Parc National de Chréa abrite une couverture végétale qui s'étend sur 22673 hectares, soit environ 85 % de sa superficie totale. Le reste du territoire est constitué de zones dénudées, exploitées par l'homme pour l'agriculture ou dégradées de manière irréversible par l'érosion. La végétation se compose principalement de deux strates : la strate arborescente et la strate arbustive (Dahel, 2015).



Figure*Error! No text of specified style in document.**.7:*Localisation du parc national de Chréa (PGPNC, 2010).

a-1- La strate arborescente

Cela concerne l'ensemble des zones où la végétation présente une stratification arborée, avec une couverture dense ou partiellement dense. Ces zones abritent des formations végétales à potentiel forestier et économique. Elles couvrent une superficie de 5400 hectares, soit 20,3% de la superficie totale du parc (Fig. 10) (Dahel, 2015). Cette strate comprend notamment :

- 12,58% de formations dominées par le *Pinus halepensis*, généralement réparties sur les hauteurs nord du parc national.
- 4,86% de formation de *Cedrus atlantica* présente sur les sommets centraux des montagnes du Chréa.

a-2- La strate arbustive

Cette couche englobe une superficie de 17274 hectares, ce qui représente 65% de la totalité du parc (Fig. 11). Elle est principalement constituée de *Pistacia lentiscus*, *Quercus ilex*, *Erica arborea*, *Calycotome spinosa* et *Crataegus monogyna*. La strate arbustive s'applique principalement aux zones où la végétation est dominée par des buissons et se manifeste principalement sous la forme de maquis. Cette dernière héberge un sous-bois parfois touffu, principalement composé de *Cytisus triflorus*, *Ampelodesma mauritanica*, *Daphne gnidium* et *Phyllerea media*.

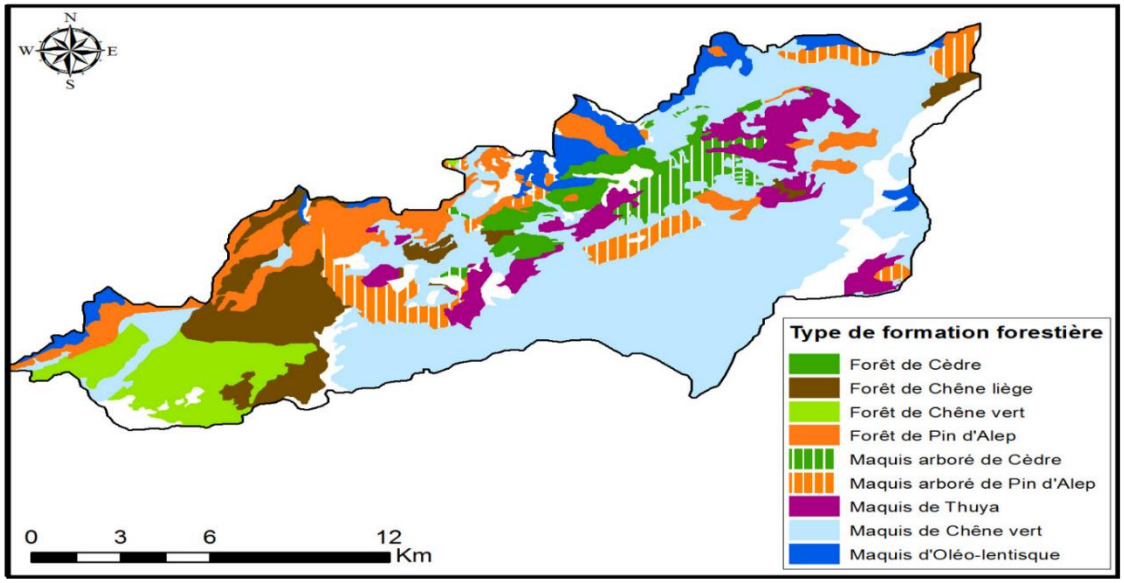


Figure 8: Formations forestières du parc national de Chréa (PGPNC, 2010).

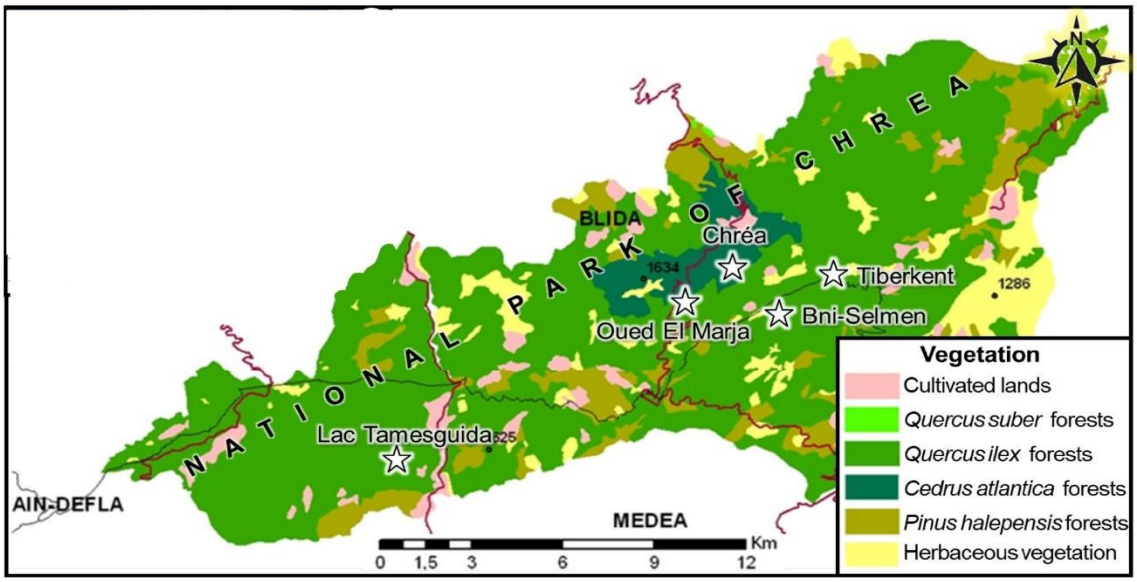


Figure9: Carte de la végétation du parc national de Chréa (Bendjoudi et al., 2023).

Les inventaires effectués jusqu'à présent ont mis en évidence l'existence d'une richesse floristique estimée à 950 taxons au niveau des espèces et sous-espèces. Cela correspond à 34,52% de la flore nationale (Dahel, 2015).

L'étude de la flore du parc a mis en évidence une grande diversité végétale à travers ses strates bioclimatiques, allant de l'humide au Nord jusqu'à l'état subhumide au Sud. Effectivement, cette flore demeure aujourd'hui variée et diversifiée (Tab.2).

Sur les 1153 espèces recensées, 200 présentent des propriétés médicinales, 72 sont des champignons et 29 des lichens. Selon les inventaires nationaux et la flore de Quézel et Santa, on dénombre 62 espèces endémiques, 136 espèces rares, 25 menacées et 37 protégées (PNC, 2022). L'étude de la flore du parc a révélé une grande diversité végétale, répartie selon les différentes strates bioclimatiques, allant des zones humides au nord jusqu'aux zones subhumides au sud. Cette flore reste aujourd'hui riche et diversifiée.

Tableau 24:la richesse floristique du PNC (BNEF, 1984).

Nature	Surface	Altitude	Principales espéces présentes
Unités de Cèdre	1200	1300- 1600	Cedrus atlantica, Taxus baccata, Ilex aquifolium Sorbus area Sorbus, Bupleurum spinosum, pteridium aquiminum, Genistra tricuspidate
Unité de Chêne zen	----	300- 450	Quercus canariensis, Acer monspessulanum, Viburnus tinus
Unité de Chêne vert	1400	700- 1200	Quercus ilex, Olea oreuropea, Pteridium aquilinum, Cytisus triflorus, Celtis australis, Juniperus oxycedrus.
Unité de Chêne liège	900	400- 700	Quercus suber, Cytisus triflorus, Erica arborea, Caluctome spinosa, Arbutus unedo, Pistacia, lentiscus Cistus monspeliemsis.
Unités de Pin d'Alep	3345	1600	Pinus halepensis, Pistacia lentiscus, Ampelodesma mauritanica, Cistus salvifilius, Globularia alypum.
Unités des ripisylves, lacs et des rivières	26,10	----	Populus alba, Salix alba, Salix purpurea, Ulmus campestris, Fraxinus angustifolia, Neruim oleander, Rubus ulmifolius, Prunus avium, Celtus australis, Acanthus mollis.

b) La faune :

Le parc national de Chréa abrite plus de 600 espèces animales identifiées à ce jour (Tab. 3), représentant environ 23% du patrimoine faunique national. Il est notamment symbolisé par le singe magot (Fig. 12), une espèce endémique d'Afrique du Nord (Dahel, 2015).

Tableau 25:Répartition de la faune du PNC par groupe taxonomique (PNC, 2020).

Classes	Nombres d'espèce
Oiseau	30 espèces protégées et 62 migratrices
Mammifères	22
Amphibiens	07
Reptiles	09
Poissons	05
Insectet arachnides	835
Mollusques	508
Crustcées	02
Myriapodes	14

c) La géologie

Le parc national de Chréa fait partie du massif de Blida, qui constitue la zone externe de la chaîne alpine en Algérie. Il est situé au sud des anciennes chaînes Kabyles, ainsi que des chaînes du Chenoua et de Bouzareah, dont il est séparé par le synclinal plio-quaternaire de la Mitidja. Ce massif a subi de violents mouvements orogéniques au cours de l'ère tertiaire, ce qui explique le relief très accidenté de sa partie centrale. Sur ses versants nord, il est constitué principalement de schistes (PNC, 2013).

d) La pédologie

Le type de végétation et la nature de la roche mère sont étroitement liés à la composition et à l'épaisseur des horizons du sol. D'après Killian (1957), les sols du massif de Chréa présentent systématiquement une décalcification, malgré la présence de substrats calcaires. Ces sols possèdent une texture majoritairement siliceuse, avec une faible teneur en carbonates due au lessivage. De plus, la minéralisation de la matière organique y est lente, en raison des basses températures. Les pentes érodées ainsi que les sommets

sontdominéspar des sols minéraux primaires ou peu évolués, formés à partir de schistes stratifiés qui se désagrègent pour donner une fine couche d'argile (Hamimeche, 2007).





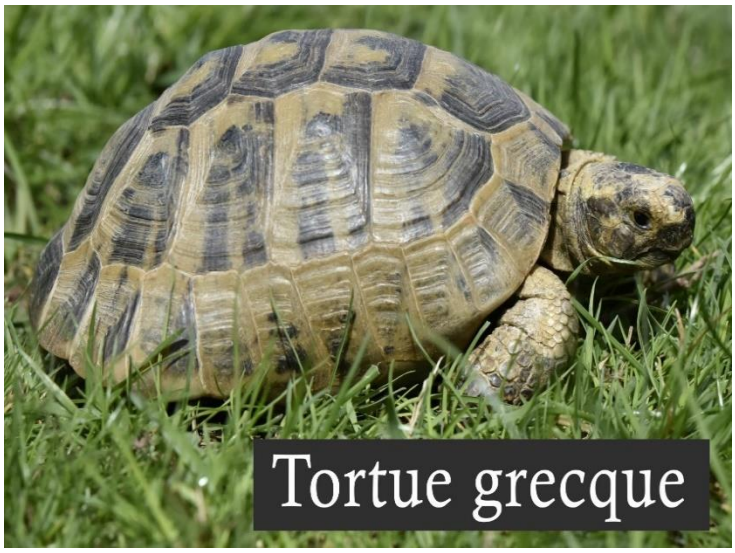








Figure 10: la faune du parc national de Chréa (PNC2019).

e) L'hydrologie

En raison de sa localisation géographique, le parc national de Chréa bénéficie d'un fort potentiel hydrique. Il s'agit d'une région abondamment arrosée : les sommets et les zones d'altitude du versant nord reçoivent près de 1000 mm de précipitations annuelles, tandis que la plupart des stations météorologiques enregistrent en moyenne environ 900 mm.

Le territoire du parc présente une division hydrographique en deux grandes unités, correspondant aux bassins versants des oueds El Harrach et Mazafran (PNC, 2013) :

- À l'Est le bassin versant de l'Oued El Harrach s'étendant sur 12.450 ha,
- À l'Ouest le bassin versant de l'Oued Mazafran s'étendant sur 14.137 ha.

f) Climat

Le climat est souvent cité parmi les principaux facteurs influençant la variabilité de l'environnement. Il se définit comme le résultat de l'interaction entre plusieurs éléments tels que la température, les précipitations, le vent, etc. Ces facteurs exercent une influence significative tant sur la répartition des espèces forestières que sur leur productivité (Azzaoui, 2017).

Selon Seltzer (1946) et Thinthoin (1984), le climat algérien est de type méditerranéen, marqué par deux saisons bien distinctes : une saison estivale très sèche et une saison hivernale relativement humide. Ce climat tend vers une aridité croissante, perceptible non seulement à travers le régime des précipitations, mais également par les températures estivales élevées, qui entraînent une évaporation intense. D'après Kadik (1983), ces paramètres climatiques varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes montagneuses et de leur exposition.

Au niveau du parc national de Chréa, trois étages bioclimatiques y sont relevés :

- Thermo-méditerranéen à bioclimats humides doux (200 et 600 m).
- Méso-méditerranéen à bioclimats humides tempérés et humides frais couvrant toutes Les zones entre 600 et 1000 m d'altitude.

- Supra-méditerranéen à bioclimats per humides frais couvrant les zones supérieures à 1000 m d'altitude (Dahel, 2015).

f-1-Les précipitations

Selon le Plan de Gestion National (PGN) du Parc National de Chréa (PNC) de 2014, le parc se situe entre les isohyètes de 600 et 1400 mm/an, ce qui correspond aux précipitations moyennes annuelles dans cette région.

Sur une période d'observation de 30 années, soit un total de 10958 jours, la station météorologique de Chréa a enregistré 2820 jours de pluie.

Tableau 26: Moyennes mensuelles des précipitations (mm) de Blida (1991-2021).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	J	J	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Sommes
Précipitation (mm)	85	71	73	72	60	12	3	11	35	58	83	78	641

(Source : Data climat Blida,2023)

Le tableau ci-dessus, montre que le mois le plus pluvieux est Janvier avec 85 mm, tandis que le mois le moins pluvieux est juillet avec 3 mm. Le total des précipitations annuelles est de 641 mm.

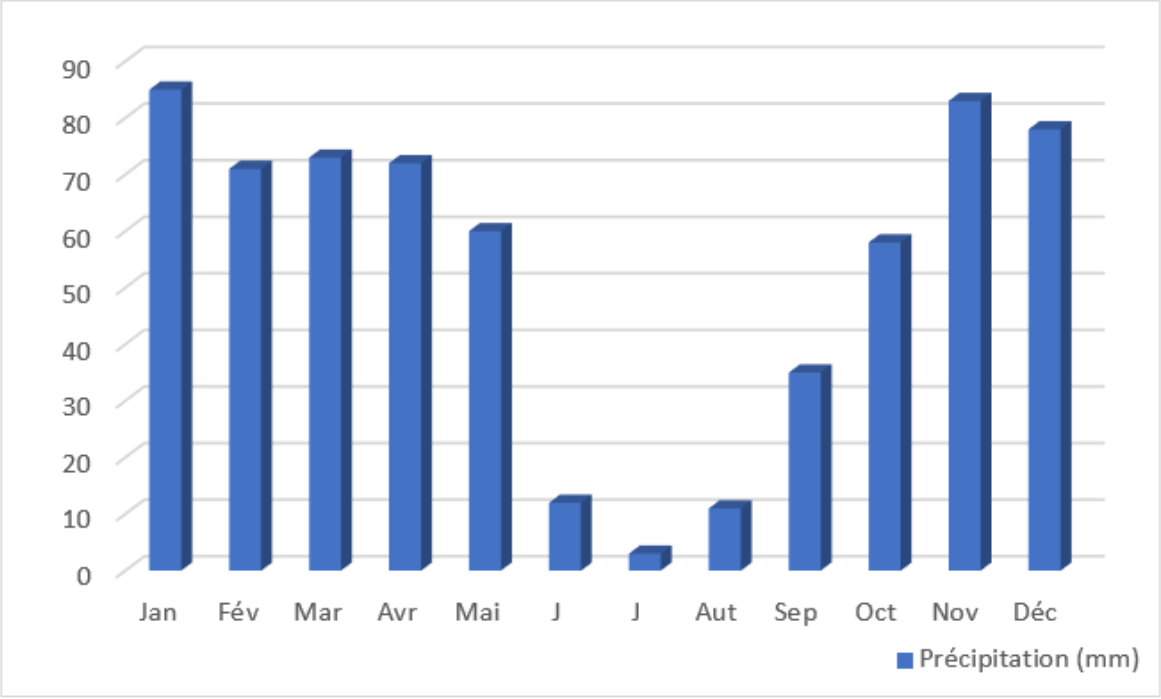


Figure 11: Moyenne mensuelle des précipitations dans la région de Blida (1991-2021).

D'après la figure 13, la répartition annuelle de la pluviométrie indique que les saisons d'hiver, de printemps et d'automne sont généralement pluvieuses, tandis que la saison estivale se distingue par une faible pluviométrie. Ce déficit hydrique en été est caractéristique du climat méditerranéen.

- ✓ **Quottions pluviométrique d'Emberger**

Selon Bagnouls et Gaussen (1953), une période de sécheresse est définie par l'intersection des courbes de température et de précipitations. Cette relation permet d'élaborer un diagramme ombrothermique, dans lequel les températures sont représentées sur une échelle double par rapport à celle des précipitations. Les mois de l'année figurent sur l'axe des abscisses, tandis que les précipitations sont portées sur l'axe des ordonnées principales ; les températures, quant à elles, sont représentées sur un second axe vertical.
La saison sèche est définie par le croisement des courbes de précipitations et de températures sur un diagramme climatique (Benboudriou, 2018).

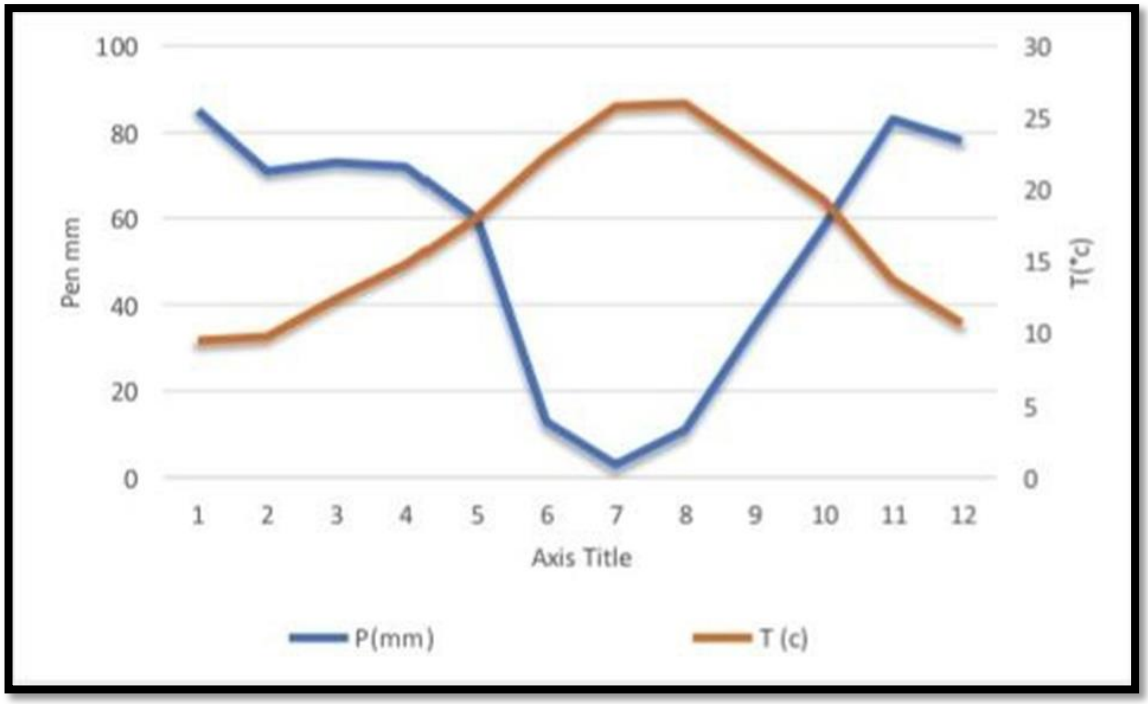


Figure 12: Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de Blida (1991-2021).

Le diagramme ombrothermique met en évidence deux saisons distinctes : une saison humide, d'une durée d'environ six mois, s'étendant de mai à la mi-octobre, et une saison sèche, d'environ six mois également, allant de la mi-octobre à la mi-avril.

✓ **Climagramme du quotient pluviométrique de Stewart (1969)**

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la végétation dans la zone d'étude, on utilise le quotient pluviothermique deStewart (Q2) :

P : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en mm.

M : Température maximale du mois le plus chaud en °C.

m : température minimale du mois le plus froid en °C.

$$Q_2 = \frac{3{,}43\ p}{M - m}$$

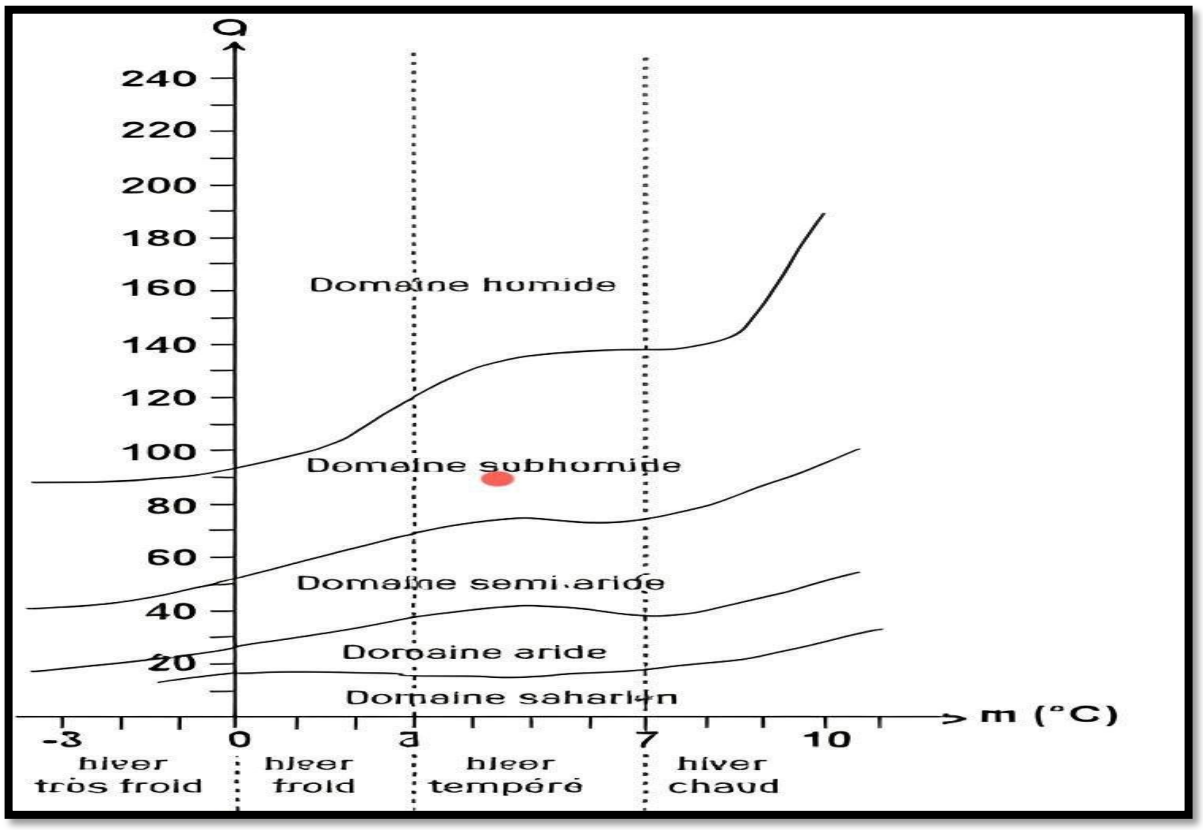


Figure 13: Climagramme du quotient pluviométrique de Stewart de région de Blida (1991-2021).

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls, ainsi que le climagramme pluviométrique de Stewart, offrent une description climatique précise d'une région donnée. Ces outils ont permis de montrer que notre zone d'étude se situe dans l'étage climatique subhumide. Par ailleurs, le parc national de Chréa se caractérise par des hivers doux.

f-2-Les températures:

La température, paramètre écologique fondamental pour la végétation, a été définie par Peguy (1970) non comme une simple grandeur physique mesurable, mais comme une propriété de l'atmosphère influençant les processus biologiques.

Tableau 27: Moyennes mensuelles des températures en °C (1991-2021).

	Jan	Fév	Mar	Avl	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
m (°C)	5.9	5.9	8.1	10.1	13	16.8	20	20.7	18	14.9	10.2	7.4
M (°C)	13.8	14.2	17	19.6	22.9	27.7	31.4	31.7	28	24.4	17.9	14.8
(m+M/2)	9.5	9.8	12.4	14.8	18.1	22.4	25.8	26	22.7	19.3	13.7	10.7

Source: data climat Blida, 2023

m : Moyenne mensuelle des températures maxima en °C.
M : Moyenne mensuelle des températures minima en °C.
(m+M/2) : Moyenne mensuelle des températures en °C.

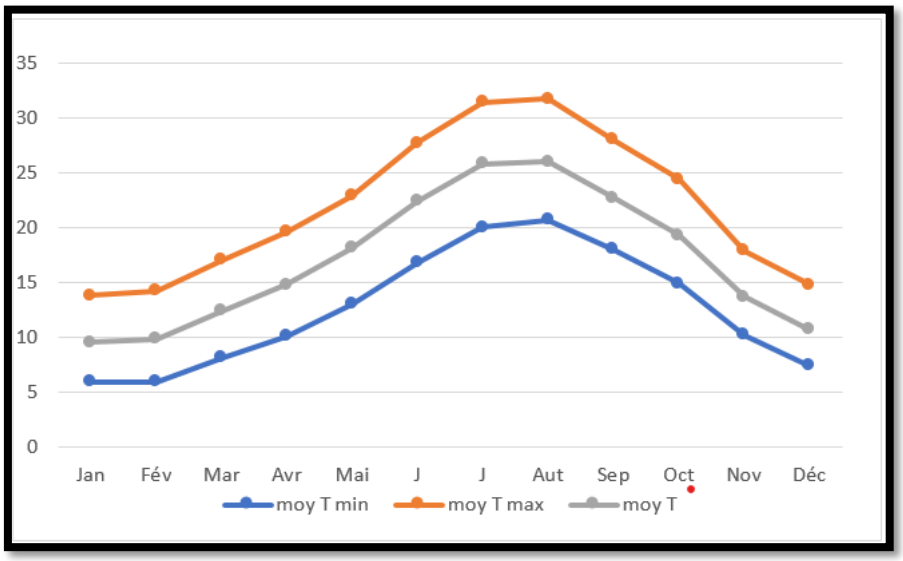


Figure.14: Moyennes des températures dans la région de Blida (Data-climat Blida, 2023).

L'analyse des données montre que le mois le plus chaud est août, avec une température moyenne de 31,7 °C, tandis que le mois le plus froid est janvier, avec une moyenne de 5,9 °C. Ces résultats indiquent que l'hiver dans la zone d'étude est relativement rigoureux, marqué par une baisse notable des températures. En revanche, l'été

y est chaud, avec des températures pouvant atteindre 31,7 °C en milieu de journée. Ce contraste thermique saisonnier constitue l'une des caractéristiques typiques du climat méditerranéen.

f-3-La neige

L'épaisseur moyenne de la couche de neige dans le Parc national de Chréa varie généralement entre 15 et 20 cm, mais peut ponctuellement atteindre jusqu'à 50 cm. En ce qui concerne l'enneigement, les moyennes annuelles indiquent une fréquence d'environ 26 jours par an à Chréa, et de 20,2 jours au niveau du lac de Mouzaïa (PGN du PNC,2014).

f-4- Le vent (sirocco)

Dans le Parc national de Chréa, les vents dominants proviennent du nord-ouest. Quant au sirocco, vent chaud et sec en provenance du sud, il ne se manifeste qu'un à trois jours par an (PGN du PNC,2014).

f-5- Le brouillard

Le brouillard est relativement fréquent dans les zones élevées du Parc national de Chréa, souvent enveloppées par les nuages. Au col de Chréa, les observations réalisées sur une seule année ont enregistré en moyenne 104 jours de brouillard par an (PGN du PNC, 2014).

3- Rôle des parcs nationaux dans la conservation de la biodiversité

Les parcs nationaux jouent un rôle essentiel dans le développement des connaissances sur les patrimoines naturels, culturels et paysagers, ainsi que dans leur suivi scientifique. Ils interviennent activement dans la conservation, la gestion et, si nécessaire, la restauration de ces patrimoines.

En favorisant les usages compatibles avec la préservation de l'environnement, ils contribuent également au développement durable. Les parcs nationaux mènent des actions de sensibilisation, d'animation et d'éducation autour des enjeux liés à la protection de ces territoires.

Par ailleurs, ils offrent au public un accueil de qualité, en cohérence avec les objectifs de conservation. Enfin, ils participent à la mise en œuvre des politiques de développement durable et de protection des patrimoines aux échelles régionale, nationale et internationale. (Heritier, 2007

CHAPITRE III

Matériels & Méthode

1- Descriptions d'ensemble du réseau hydrographique et emplacement des stations

Ce chapitre présente les cours d'eau étudiés, fournit un aperçu du contexte environnemental et décrit les méthodes de collecte employées.

L'objectif est d'établir une liste des espèces de macroinvertébrés benthiques et d'analyser les relations entre les caractéristiques environnementales et la faune associée. Pour cela, un protocole d'échantillonnage des milieux aquatiques a été élaboré sur la base d'une revue approfondie de la littérature scientifique.

2- Réseau hydrographique de l'oued Chiffa

Il prend naissance dans les monts de Médéa, à environ 500 mètres d'altitude, au confluent des oueds Mouzaïa et El Djir (douar Sidi Ali). Son cours traverse ensuite les gorges spectaculaires de la Chiffa. Ces dernières sont taillées dans l'Atlas Blidéen, entre le massif de blida et le massif de Mouzaïa. L'oued Mouzaïa s'étend sur environ 40 km, du sud vers le nord, depuis une altitude de 500 mètres jusqu'à 50 mètres, avant de se jeter dans l'oued Chiffa. Il présente une pente moyenne d'environ 1 %, et sa largeur peut atteindre jusqu'à 20 mètres par endroits.

3- Description des stations d'étude

Cinq stations ont été retenues sur ce parcours : les stations S1 et S2 sont situées, respectivement, sur le cours d'eau principal d'oued El Djir, et d'oued Chiffa, tandis que les stations Mz, Zn et Mj se trouvent respectivement au niveau des affluents Mouzaïa, Zondai et Merdja (Fig. 17) (Fig. 18).



Figure 15: Emplacement des stations d'étude dans le bassin versant d'oued Chiffa.



Figure.16: Photos numériques pour les stations d'étude.

Le tableau ci-dessous présente la localisation et les principales caractéristiques des sites d'échantillonnage.

Tableau 28: Principales caractéristiques des stations échantillonnées.

Code	Oued	Coordonnées GPS	Altitude (m)	Largeur lit (m)	Substrat
S1	El Djir	36°18'54" N 2°46'22" E	420	1.5	Limons, argiles, cailloux, pierres
Mz	Mouzaïa (affluent)	36°19'60" N 2°45'32" E	398	2	Argiles, Sables, cailloux, pierres
Zn	Zondai (affluent)	36°20'25" N 2°46'17" E	400	2.5	Graviers, cailloux, pierres, rochers
Mj	Merdja (affluent)	36°22'38" N 2°46'28" E	330	3	Cailloux, pierres,
S2	Chiffa	36°22'35" N 2°46'25" E	321	4.5	Graviers, cailloux, pierres,

4- Caractéristiques physico-chimiques

La distribution des organismes le long d'un continuum fluvial est déterminée par une combinaison de facteurs écologiques, tels que la température, l'alcalinité, la conductivité, le pH, la pente, la vitesse du courant et la granulométrie du substrat. Ces variables présentent des variations progressives (à la hausse ou à la baisse) tout au long du profil longitudinal de la rivière, influençant ainsi la composition biologique des communautés benthiques (Vannote *et al.*, 1980).

a) La température de l'eau

La température de l'eau constitue un facteur clé de l'écosystème aquatique, car elle influence directement la majorité des réactions physico-chimiques, ainsi que les processus biologiques des organismes benthiques. En modulant des paramètres tels que la solubilité de l'oxygène, le métabolisme, la reproduction et le développement des espèces, elle joue

un rôle déterminant dans la structuration des communautés aquatiques (Chapman & Kimstach, 1996).

La température de l'eau est mesurée au moment de l'échantillonnage, en prenant en compte plusieurs relevés effectués à la fois dans le chenal principal et le long des rives. Une valeur moyenne est ensuite calculée afin de représenter de manière fiable les conditions thermiques du site.

b) Le débit

Le débit désigne le volume d'eau en mouvement dans un cours d'eau, accompagné d'une charge de matières transportées ; qu'elles soient organiques ou minérales, vivantes ou inertes, d'origine interne (endogène) ou externe (exogène). Ce paramètre hydrologique est conditionné par plusieurs facteurs, notamment les précipitations, la présence de neige en amont, l'altitude, la distance à la source principale, ainsi que la nature géologique et pédologique des terrains traversés.

Les cours d'eau du bassin versant de la Chiffa, y compris ceux faisant l'objet de cette étude, présentent généralement un débit faible à modéré. Celui-ci augmente de manière significative lors des épisodes de précipitations, mais tend à diminuer rapidement pour retrouver son régime hydrologique habituel dès la fin des apports pluviométriques.

Le prélèvement des échantillons est réalisé au moins une semaine après la décrue, une fois que le débit fluvial est revenu à son régime hydrologique normal.

c) La vitesse du courant

La vitesse de l'écoulement fluvial dépend principalement du débit et de la pente du cours d'eau. À une échelle plus fine, elle est également modulée par les caractéristiques morphologiques locales du lit de la rivière, telles que la topographie du fond, la largeur et la profondeur du chenal (Allan & Castillo, 2007).

Dans le cadre de cette étude, la vitesse d'écoulement n'a pas été mesurée de manière systématique à chaque station d'échantillonnage, en raison de son hétérogénéité spatiale au sein de la station. Pour pallier cette variabilité, des prélèvements ont été effectués dans des micro-habitats présentant des vitesses d'écoulement contrastées, de manière à refléter au mieux la diversité des conditions hydrodynamiques locales.

d) Le substrat

Les caractéristiques granulométriques du lit des rivières jouent un rôle déterminant dans la structuration des habitats benthiques et sont fortement influencées par la géologie du bassin versant ainsi que par l'histoire climato-géologique récente. Ces propriétés résultent à la fois de l'altération du substrat géologique et des usages du sol, qui modulent la quantité et la nature des sédiments transportés et déposés. Cette dynamique sédimentaire conditionne la disponibilité et la qualité des microhabitats pour les communautés de macroinvertébrés benthiques (Jones *et al.*, 2012).

On note pour chaque station le substrat dominant en suivant le code donné dans le tableau suivant :

Tableau 29: Echelle granulométrique de Wentworth modifiée.

Classe	Appellation	Diamètre (mm)
1	Limons et Argiles	[0 - 0.0625[
2	Sables (fins et grossiers)	[0.0625 - 2[
3	Graviers (fins et grossiers)	[2 - 16[
4	Cailloux (fins et grossiers)	[16 - 64[
5	Pierres (fins et grossiers)	[64 - 256[
6	Blocs	[256 – 1024[
7	Dalles	> 1024

e) Paramètres mesurés au laboratoire

L'eau est prélevée à l'aide de bouteilles en polyéthylène d'une capacité de 1,5 L, soigneusement rincées à l'eau provenant de la station d'échantillonnage afin d'éliminer toute contamination résiduelle. Après l'ajout de quelques gouttes de formol à 5 % pour inhiber l'activité bactérienne, les bouteilles sont remplies complètement et scellées hermétiquement, en veillant à éviter toute inclusion de bulles d'air. Chaque bouteille est ensuite étiquetée avec le numéro de la station et la date de prélèvement.

Les échantillons d'eau sont conservés in-situ dans une glacière portative et à l'abri du soleil. Au laboratoire nous avons mesurer la conductivité électrique, le pH et la salinité des eaux prélevées. Ainsi que les échantillons ont été filtrés à l'aide d'un papier filtre graphique en doubles annaux (qualitatif 102), avant de faire le dosage des nitrates, des nitrites, d'ammonium, du phosphate, du sulfate et des chlorures.

5- Méthode d'échantillonnage de la faune benthique

La qualité de l'habitat physique, qui sert de fondement au développement des communautés biologiques, détermine leur potentiel écologique (Southwood, 1977). Le choix d'emplacements des stations d'échantillonnage est guidé par les objectifs de l'étude. Chaque station est située sur un segment de cours d'eau dont sa longueur correspond à environ dix fois la largeur du lit mouillé.

Afin d'assurer une représentation fidèle de la diversité des macroinvertébrés benthiques au sein de la zone d'étude, les campagnes d'échantillonnage ont été réalisées à trois reprises : la premièrea la fin du mois de novembre (29/11/2024), la seconde le 8mars 2025, et la dernière, le 26avril 2025, lapériode qui semble être la plus propice au développement de la faune benthique.

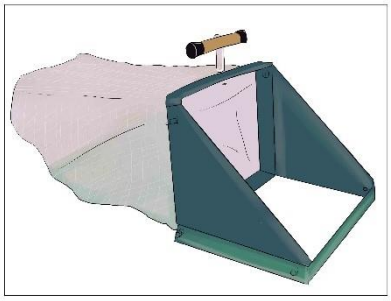
Le prélèvement du macrofaune benthique est effectué à l'aide d'un filet Surber de 30 cm de diamètre et d'une maille de 300 µm (Fig. 19). Sur chaque station, 12 prélèvements faunistiques sont réalisés aléatoirement pour former un échantillon de type composite d'une surface totale d'environ 1.08 m^2.Les micro-habitats échantillonnés devraient être choisis en fonction de la vitesse d'écoulement, de type du substrat, de la présence ou l'absence d'ombrage, et en plus de la présence ou l'absence de la végétation qu'elle soit aquatique, semi-aquatique ou algale.

Le filet Surber est positionné au fond du cours d'eau, légèrement ancré entre les substrats grossiers (pierres et galets) afin d'empêcher toute fuite des macroinvertébrés par la base du filet. Son ouverture est orientée dans le sens du courant, ce qui facilite le transport passif des organismes vers le filet.

Dans certains cas, un flux artificiel est généré manuellement pour favoriser le déplacement des individus vers les mailles du filet,une méthode systématique qui minimise le traumatisme pour la faune benthique. (Moulton *et al.,* 2002). Le retrait du dispositif se fait avec précaution, en remontant le courant, afin de minimiser le risque de perte d'échantillons sous l'effet du flux. Les éléments grossiers du substrat (galets, pierres) présents dans la zone d'échantillonnage sont retournés et frottés manuellement pour détacher les organismes sessiles ou adhérents, garantissant ainsi une collecte exhaustive des macroinvertébrés benthiques**.**

Un prétraitement sur terrain est recommandé afin de concentrer les prélèvements et d'éliminer les éléments minéraux et organiques grossiers qui pourraient endommager les

organismes lors du transport (Fig. 20). L'échantillon composite est transféré dans un bocalen plastique porte ladatedeprélèvement, le nom et le code de la station.Ensuite,il aété conservé dans l'alcool éthylique à 70 % de volume pour leur identification ultérieure au laboratoire.



Filet Surber



Bac en plastique



Seau



Tamis



Bocal en plastique



Alcool éthylique 70%



Pince à épiler



Spatule



Les gants

Figure 17: Matériels utilisés dans le prélèvement des macroinvertébrés benthiques.



Figure 20 : Prétraitement sur terrain des macroinvertébrés benthiques.

6- Tri et détermination des macroinvertébrés benthiques

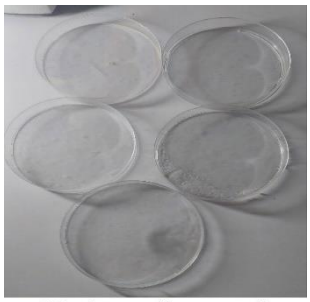
Au laboratoire, les bocaux contenant les échantillons ont été préalablement rincées afin d'éliminer la vase et les débris végétaux. Le contenu retenu a ensuite été transféré dans un bac à fond blanc pour faciliter l'observation. Afin d'extraire un maximum d'organismes, la végétation a été soigneusement séparée du reste de l'échantillon puis abondamment lavée à plusieurs reprises.

Les organismes extraits ont ensuite été examinés à l'aide d'une loupe binoculaire, triés et regroupés selon leur unité taxonomique ou leur morphotype. Ils ont été ensuite conservés dans des flacons hermétiquement fermés, contenant un mélange d'eau et d'alcool à 70 % (Fig. 21).

Leur détermination a ensuite été réalisée principalement jusqu'aux familles et genre au moyen d'une loupe binoculaire, un microscope et des clés d'identification (Fig. 22) : Micha & Noiset, (1982) ; Richoux, (1982) ; Belfiore, (1983) ; Rivosecchi, (1984) ; Faessel (1985) ; Tachet *et al*. (1987) ; Vitte & Thomas, (1988) ; Himmi *et al*. (1995) ; Tachet *et al*. (2010) ; Forcellini *et al.* (2012)


Loupe binoculaire


Bac en plastique


Boites de petri


Coupelles en plastique


Flacons en verre



Guide d'identification

Figure.18: Matériels utilisés au laboratoire.



Figure 19: Tri et identification du macrofaune benthique au laboratoire.

7. Analyse de la composition et de la structure des macroinvertébrés benthiques

Une fois les macroinvertébrés identifiés sur un site donné, une liste faunistique est établie. Celle-ci recense l'ensemble des taxons observés, regroupés par grandes catégories

fauniques, et permet d'analyser la composition ainsi que la structure du macrofaune benthique.

a) La richesse spécifique (S)

La richesse spécifique d'un milieu constitue l'indicateur le plus simple de la diversité, puisqu'elle se base uniquement sur le nombre de taxon présentes dans le biotope.

b) L`abondance relative (A)

L'abondance relative est un paramètre clé pour caractériser une communauté. Elle reflète le rapport entre le nombre d'individus d'un taxon donné (i) par unité de surface ou de volume, et l'effectif total d'individus dans la communauté (Ramade, 2003). Cet indice peut varier à la fois spatialement et temporellement. L'abondance relative d'une espèce est influencée par la répartition des ressources naturelles dans son habitat, et ses valeurs sont calculées selon la formule suivante :

$$A = \frac{n_i}{N} \times 100$$

ni : Nombre d'individus de l'espèce i.

N : Nombre total d'individus.

c) Occurrence des espèces (F)

Également connue sous le nom d'indice de constance selon Dajoz (1985), la fréquence d'apparition est calculée comme le pourcentage d'observations (Pi) où l'espèce i est présente, rapporté au nombre total d'observations (P) effectuées sur un même site. Ce calcul est effectué selon la formule suivante :

$$F = \frac{Pi}{P} \times 100$$

Pi : nombre de prélèvements ou l'espèce i est présente.

P : nombre total de prélèvements ou nombre de stations.

Selon la valeur de F (%), nous classifions les espèces de la façon suivante :

F = 100 % ; Espèce omniprésente.

F :] 100 – 75] ; Espèce constante.

F :] 75 – 50] ; Espèce fréquente.

F :] 25 – 5] ; Espèce accessoire.

F < 5 % ; Espèce rare

d) Indice de Schannon et Weaver

L'indice de Shannon présente un intérêt écologique majeur, car il fournit une indication globale de la diversité d'une communauté en tenant compte à la fois de la richesse taxonomique et de l'abondance relative des différents taxons. Il est indépendant de la taille de l'échantillon, ce qui en fait un outil robuste pour comparer des peuplements. Sa formule est la suivante :

$$H' = -\sum_{i=0}^{s} Pi \, log_2 \, Pi$$

$Pi = n_i / N$: abondance ou pourcentage d'importance de l'espèce.

n_i= nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon

N = nombre total d'individus.

e) Indice d'équitabilité de pielou (E)

Un peuplement est considéré comme équilibré, c'est-à-dire stable et proche de l'état climax, lorsqu'aucun taxon ne domine de manière excessive. À l'inverse, une pullulation d'espèces traduit généralement un déséquilibre, souvent lié à des perturbations d'origine naturelle ou anthropique.

Dans ce contexte, l'indice d'équité a été développé pour mesurer la répartition relative des individus entre les différents taxons. Dérivé de l'indice de Shannon-Weaver, il permet d'évaluer le degré d'équirépartition des individus au sein de la communauté. L'équité est calculée à partir de la diversité maximale théorique (H'_{max}), correspondant à une situation idéale où chaque espèce serait représentée par un effectif identique. Dans ce cas :

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

En complément de l'indice de Shannon-Weaver, l'équitabilité est utilisée pour comparer les densités entre deux assemblages présentant des richesses spécifiques différentes (Ramade, 2003). Elle est définie comme le rapport suivant :

$$E = \frac{H'}{H'max}$$

H' = Indice de Schannon-Weaver

S = Richesse spécifique

8- Evaluation de la qualité biologique des eaux dans la zone d'étude

Plusieurs approches scientifiques permettent d'évaluer la qualité des écosystèmes aquatiques en s'appuyant sur l'analyse de leurs composantes biologiques. Parmi elles, l'indice biologique convertit des données quantitatives sur les taxons en indicateurs qualitatifs, en se fondant notamment sur la présence ou l'absence de macroinvertébrés sensibles à la pollution. (Pelletier, 2002).

Toute perturbation, qu'elle soit d'origine anthropique ou naturelle, entraîne une altération biologique des milieux aquatiques, se manifestant par des modifications structurelles et fonctionnelles au sein des communautés biotiques initiales. (Verneaux, 1980 ; Goaziou, 2004).

La structure et l'organisation des macroinvertébrés benthiques au sein d'un écosystème reflètent fidèlement les caractéristiques, notamment la qualité, de l'habitat aquatique. C'est sur ce principe que repose le diagnostic écologique, qui s'appuie sur des techniques indicielles pour évaluer l'état du milieu.

Les quatre principaux indices fondés sur l'analyse des macroinvertébrés, classés selon leur ordre chronologique de développement et d'application en France, sont les suivants :

IB : Indice Biotique de Tuffery et Verneaux (1967).

IQBG : Indice de Qualité Biologique Global (VERNEAUX *et al.,* 1976).

IBG : Indice Biologique Global (Verneaux & Cool, 1982).

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé (A.F.N.O.R. 1992).

8.1. Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN)

L'IBGN est le protocole standard français pour l'évaluation de la qualité biologique des rivières(AFNOR, 1992).Il repose sur l'examen de la macrofaune benthique du site étudié, en suivant une procédure d'échantillonnage standardisée, et se concentre sur les organismes de plus de 500µm. (Quenea, 2015). L'indice permet d'attribuer une note liée à

la qualité biologique de l'environnement, qui prend en compte à la fois l'impact de la qualité physico-chimique de l'eau et l'impact des caractéristiques morphologiques et hydrauliques des cours d'eau.

Selon la norme NFT-90-350, qui a été publiée en décembre 1992, l'implémentation de l'IBGN s'effectue en quatre étapes :

- L'échantillonnage de la macrofaune benthique (utilisant un filet à vide avec une maille de 500 microns) se fait par site, conformément à une procédure qui tient compte des divers typesd'habitats, déterminés par la nature du substrat et le débit des eaux.
- L'identification des catégories taxonomiques repose sur un ensemble de 52 taxons potentiellement présents. Chaque taxon collecté est comptabilisé, même s'il n'est représenté que par un seul individu, ce qui permet de déterminer le nombre total de taxons observés.
- Sur les cent trente-huit (138) taxons identifiés, trente-huit (38) sont considérés comme des taxons indicateurs. Ces derniers permettent de définir neuf Groupes Faunistiques Indicateurs (GFI), classés selon une polluo-sensibilité décroissante (du groupe 9 au groupe 1). L'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) est calculé à partir d'un tableau d'analyse à double entrée (Annexe 1), où les neuf GFI figurent en ordonnée et les quatorze classes de variété, déterminées en fonction du nombre total de taxons indicateurs, en abscisse.
- On commence par déterminer la variété taxonomique de l'échantillon (ST), correspondant au nombre total de taxons récoltés, y compris ceux représentés par un seul individu. Cette valeur est ensuite confrontée aux classes figurant en abscisse dans le tableau d'analyse (Annexe 6).Le Groupe Faunistique Indicateur (GFI) est établi en ne tenant compte que des taxons indicateurs présents dans l'échantillon avec un effectif minimal de trois ou dix individus, selon le taxon concerné. La recherche du GFI s'effectue en parcourant la colonne des GFI du tableau de haut en bas (du GFI 9 au GFI 1), en s'arrêtant à la première occurrence significative (3 ou 10 individus) d'un taxon figurant dans la colonne des GFI.La note IBGN est ensuite déterminée en croisant le GFI obtenu (ordonnée) avec la classe de variété taxonomique (abscisse) dans le tableau.

Pour une représentation cartographique des résultats, les valeurs de l'IBGN sont regroupées en cinq classes, chacune déterminant une cote de qualité de la santé des écosystèmes. Cette classification est définie dans le tableau.

Tableau 30: Expression de la qualité biologique des cours d'eau (Genin et al., 2003).

Valeur de l'IBGN	≥ 17	13-16	9-12	5-8	≤4
Classe de qualité	1A	1B	2	3	HC
Couleur correspondante	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité d'eau	Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

Chapitre IV :
Résultats et discussion

1-Etude des paramètres physicochimiques

a) Température de l'eau

La température représente un paramètre clé aux effets multiples dans le milieu aquatique. Elle influence à la fois les propriétés physico-chimiques de l'eau, notamment la solubilité des gaz et le taux de saturation en oxygène dissous, et les processus biochimiques chez les organismes vivants, affectant leur croissance, leur maturité sexuelle ainsi que leur survie (Dument, 2008). Par ailleurs, elle joue un rôle essentiel dans la répartition spatiale et longitudinale des communautés faunistiques aquatiques, en particulier les zoocénoses (Vinçon,1987).

Au cours de cette étude, les températures moyennes de l'eau ont varié entre 7 °C et 16 °C. La température maximale 16 °C, a été enregistrée en avril dans la station S1, tandis que la température minimale, estimée à 7 °C, relevée en mars à la station Zonday (Tab. 9 ; Fig. 23).

Tableau 31: Evolution spatio-temporelle de Température de l'eau dans les stations étudiées.

Stations	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
T (°C)	10	16	8	13	7	12	7	12	8	11

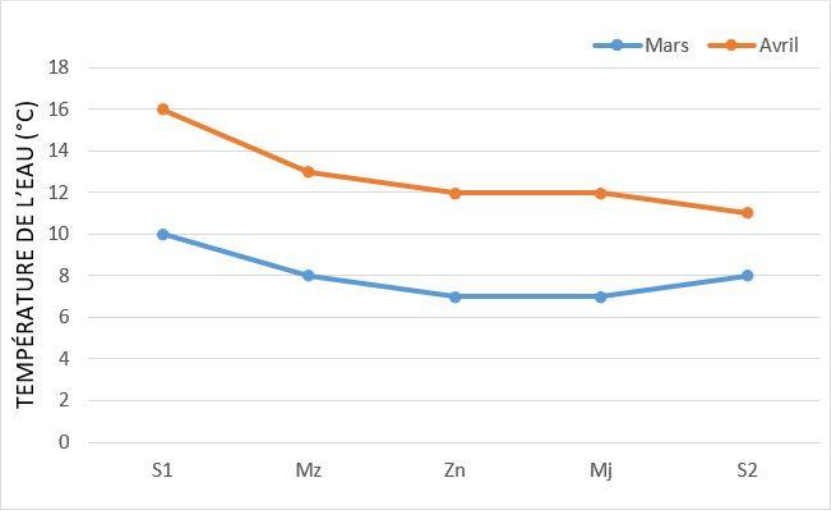


Figure.20: Evolution spatio-temporelle de Température de l'eau dans les stations étudiées

b) Potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau reflète la concentration en ions hydrogène (H^+) et constitue un indicateur fondamental de son équilibre chimique. Il dépend en grande partie de la nature géologique des sols composant le bassin versant traversé par l'eau (Parinet *et al.*, 2000).

Le potentiel hydrogène est considéré comme l'un des paramètres physico-chimiques les plus déterminants dans les systèmes aquatiques, car il régule de nombreux processus chimiques essentiels, tels que les réactions acido-basiques, les équilibres de solubilité, les réactions d'oxydoréduction ainsi que les phénomènes de complexation (Weiner, 2008). Ainsi, le pH joue un rôle crucial dans la détermination des caractéristiques chimiques et biologiques de l'eau.

Les valeurs moyennes de pH mesurées dans les cinq stations d'échantillonnage indiquent une eau allant de légèrement neutre à modérément alcaline, avec des moyennes comprises entre 7,16 à la station Zonday et 8,26 à la station Mouzaïa (Tab. 10 ; Fig. 24).

Tableau 32: Evolution spatio-temporelle de Potentiel hydrogène dans les stations étudiées.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
(pH)	7,35	7,30	8,26	7,33	7,94	7,16	8,15	7,31	7,98	7,23

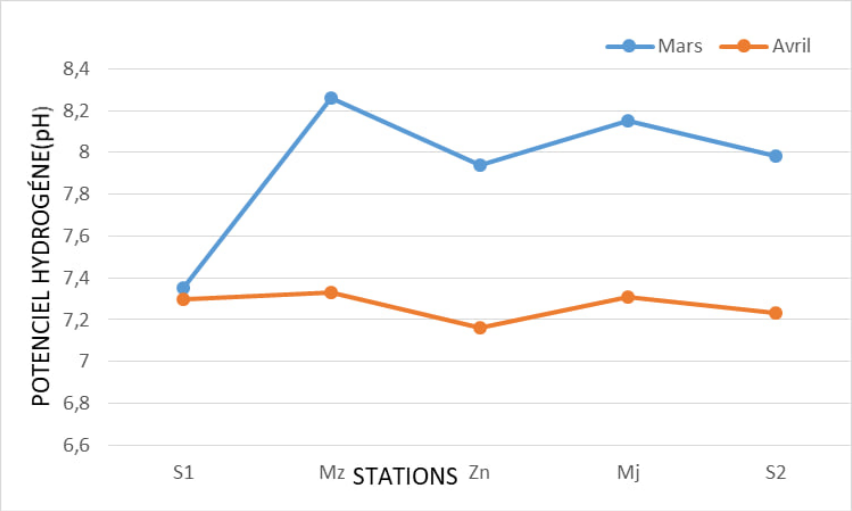


Figure.21: Evolution spatio-temporelle de Potentiel hydrogène dans les stations étudiées.

c) Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique, généralement exprimée en µS/cm, reflète le degré d'ionisation de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à conduire le courant électrique. Elle dépend

principalement de la nature et de la concentration des ions dissous, notamment le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^{+}) et le potassium (K^{+}) (Çadraku *et al.*, 2016).

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique (CE) présentent des variations notables entre les cinq stations. La valeur la plus élevée, atteignant 2040 µS/cm, a été enregistrée à la station 1, tandis que la plus faible, de 487 µS/cm, relevée en avril à la station Merdja (Tab. 11 ; Fig. 25).

Tableau 33: Evolution spatio-temporelle de La conductivité électrique dans les stations étudiées.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
(CE) µS/cm	2740	2040	676	706	1198	1040	533	487	646	718

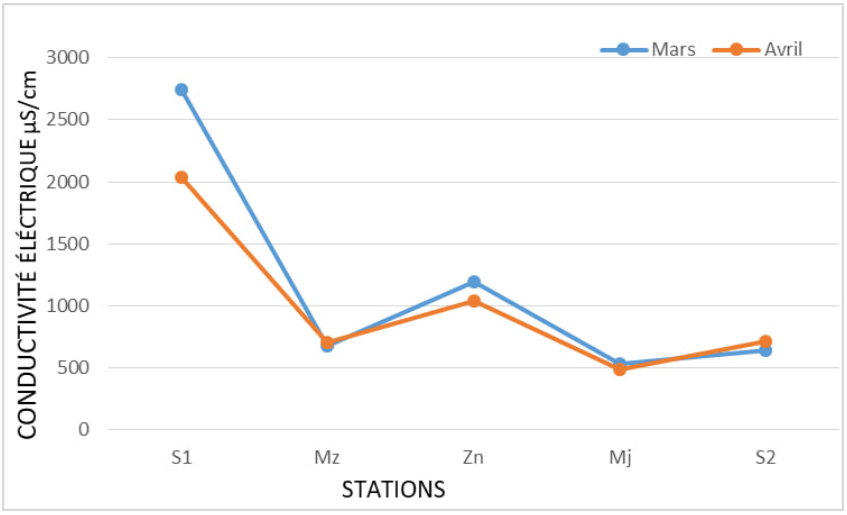


Figure22: Evolution spatio-temporelle de La conductivité électrique dans les stations étudiées.

d) Salinité

La salinité désigne la concentration de sels dissous dans l'eau, généralement exprimée en grammes par litre (g/L) ou en parties par mille (‰). Elle constitue un paramètre essentiel pour distinguer les différents types d'eau douce, saumâtre ou marine et influence fortement la densité de l'eau ainsi que la répartition des espèces aquatiques.

D'après les résultats présentés dans le tableau, la salinité maximale, de 1,5 g/L, a été enregistrée à la station S1. En revanche, la valeur minimale, égale à 0 g/L, a été observée en mai à la station Merdja (Tab. 12 ; Fig. 26).

Tableau 34: La salinité mesurées dans les stations d'études.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
Salinité (g/L)	1,5	1,2	0,1	0,1	0,5	0,4	0,1	0	0,1	0,2

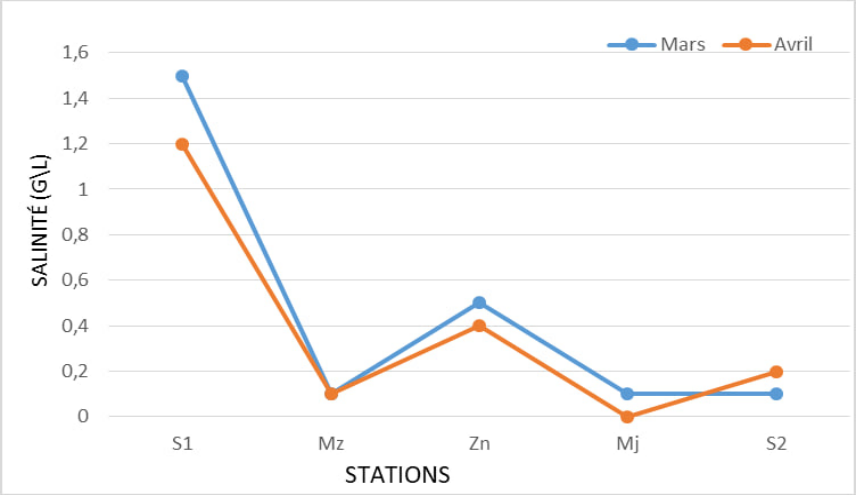


Figure 23: Evolution spatio-temporelle de Salinité dans les stations étudiées.

e) Chlorure (Cl)

Les chloruressont des anions inorganiques naturellement présents dans les eaux, principalement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Leur concentration peut augmenter sous l'effet de diverses sources anthropiques telles que les rejets agricoles ou liés à l'irrigation, le ruissellement urbain, les eaux usées domestiques ainsi que les effluents industriels. La teneur en chlorures dépend également de la nature géologique des terrains traversés (Brandt *et al.*,2017; Verma & Ratan, 2022). Par exemple, les eaux issues de régions granitiques sont généralement pauvres en chlorures, tandis que celles traversant des lentilles argileuses ou des formations sédimentaires en contiennent des concentrations plus élevées (Gaujous, 1995).

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous. La concentration la plus élevée, atteignant 427,98 mg/L, a été enregistrée à la première station S1 au mois de mars.

En revanche, la concentration la plus faible, de 31,24 mg/L, observée en avril à la station Merdja(Tab. 13 ; Fig. 27).

Tableau 35: Evolution spatio-temporelle de Chlorure dans les stations étudiées.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
Chlorure (mg\l)	427,98	295,36	79,52	44,02	79,52	44,02	56,8	31,24	85,2	48,28

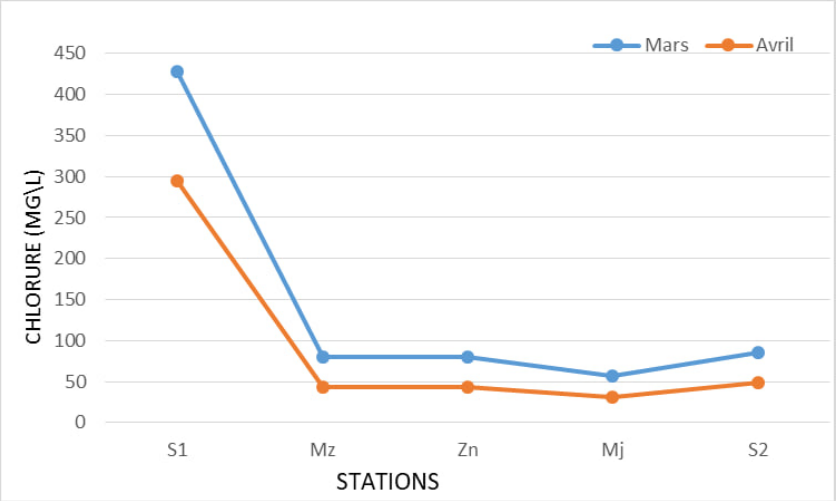


Figure.24: Evolution spatio-temporelle de Chlorure dans les stations étudiées.

f) Phosphate (PO_4^{3-})

Le phosphate peut se trouver dans l'eau sous diverses formes, principalement sous forme d'ions orthophosphates libres ou liés à des composés organiques. Les orthophosphates, en particulier, sont les formes les plus fréquemment rencontrées dans les eaux de surface lorsque le pH se situe entre 5 et 8. La présence de phosphates dans les milieux aquatiques résulte de plusieurs sources, notamment la composition géochimique des sols, la décomposition de la matière organique, ainsi que les apports anthropiques liés à l'utilisation d'engrais phosphatés d'origine agricole ou industrielle, transportés par le ruissellement ou l'infiltration. Nutriment essentiel à la croissance des algues, le phosphate, lorsqu'il est présent en excès, favorise leur prolifération rapide, contribuant ainsi au phénomène d'eutrophisation des écosystèmes aquatiques.

Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous. La valeur la plus élevée, 0,40 mg\l a été enregistrée en avril à la première station. En revanche, la valeur la plus faible 0 mg\l observée aux stations Merdja, Zonday, et S2 (Tab. 14 ; Fig. 28).

Tableau 36: Evolution spatio-temporelle de Phosphate dans les stations étudiées.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
Phosphate(mg\l)	0,39	0,40	0,12	0,12	0	0	0	0	0	0

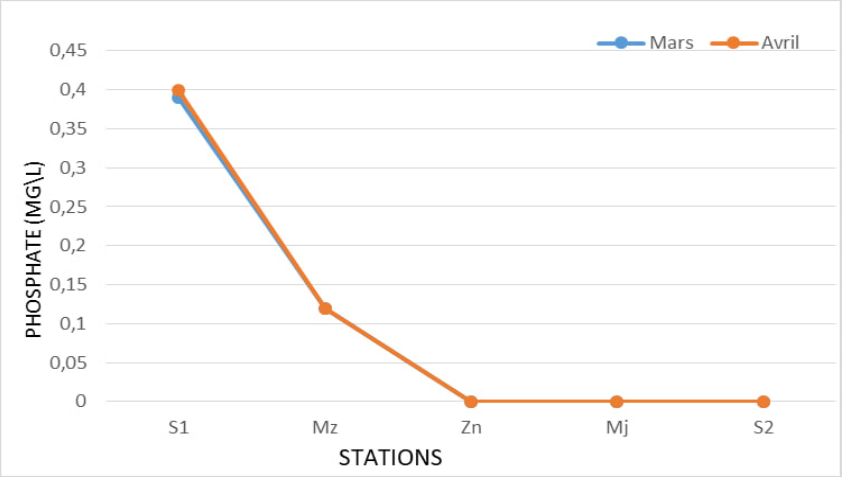


Figure 25: Evolution spatio-temporelle de Phosphate dans les stations étudiées.

g) Nitrates (NO_3^-)

Le nitrate représente la forme finale de l'oxydation de l'ammoniac et de la minéralisation de l'azote issu de la matière organique. La nitrification de l'azote organique ne peut se produire que dans des conditions bien oxygénées (Khalaf, 2009).

Dans les cours d'eau, la présence de nitrates résulte principalement de deux sources : le lessivage des sols agricoles, et les réactions d'oxydation de l'azote ammoniacal et des nitrites, notamment dans les stations d'épuration.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous. La concentration la plus élevée, soit 36,5 mg/L, a été enregistrée en avril à la station S1. En revanche, la valeur la plus faible, 1,5 mg/L, a été observée dans la région de Zonday (Tab. 15 ; Fig. 29).

Tableau 37: Evolution spatio-temporelle de Nitrate dans les stations d'études.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		MZ	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
Nitrate(mg\l)	11,08	36.50	5,01	8,58	1,5	1.16	1,24	1.53	2,43	3.61

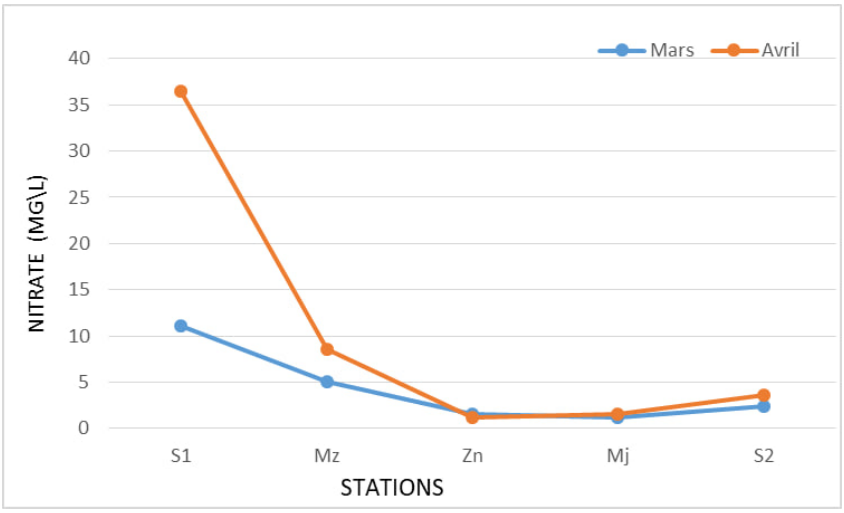


Figure26: Evolution spatio-temporelle de Nitrate dans les stations étudiées

h) Nitrites (NO_2^-)

Le nitrite constitue une forme intermédiaire dans le cycle de l'azote, située entre l'ammonium et le nitrate. Il peut se former soit par l'oxydation de l'ammonium en présence d'oxygène, soit par la réduction des nitrates en conditions appauvries en oxygène (Rodier *et al.*, 1996 ; Brandt *et al.*, 2017).

Les résultats présentés dans le tableau montrent que la valeur la plus élevée, hors gamme, a été enregistrée en avril à la station S1. À l'inverse, la valeur la plus basse, égale à 0, a été relevée à la station de Zonday durant les mois de mars et avril(Tab. 16 ; Fig. 30) .

Tableau 38: Evolution spatio-temporelle de Nitrites dans les stations d'études.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		MZ	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
Nitrite(mg\l)	1.68	***Hors Gamme***	0.05	0.05	0	0	0	0.05	0	0.14

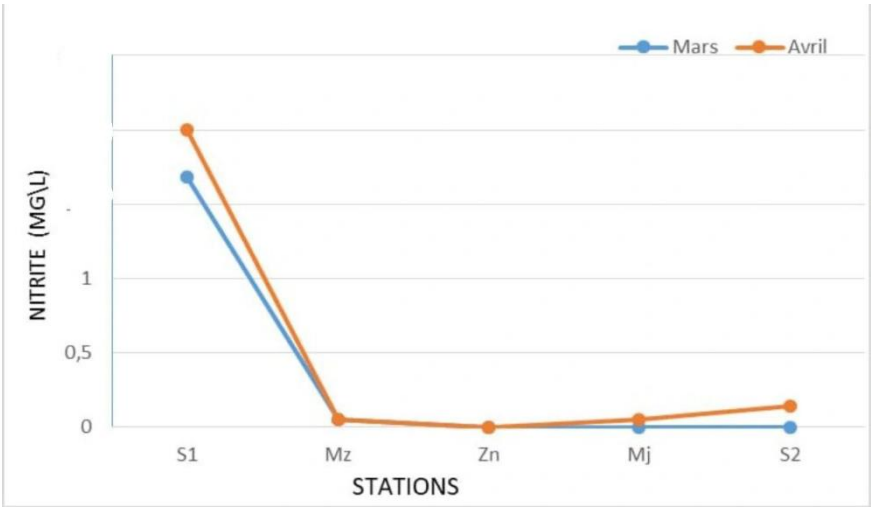


Figure.27: Evolution spatio-temporelle de Nitrites dans les stations étudiées.

i) L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal se retrouve en solution sous deux formes : l'ammoniac (NH_3), non ionisé, et l'ammonium (NH_4^+), ionisé. Le rapport entre ces deux formes dépend étroitement du pH et de la température (Aminot & Chaussepied, 1983). Les principales sources d'azote ammoniacal sont les eaux usées urbaines, les rejets des stations d'épuration, les industries utilisant du charbon ou produisant des engrais, ainsi que le ruissellement des sols agricoles enrichis en fertilisants et en fumier (Schuurkes & Mosello, 1988).

Les résultats présentés dans le tableau indiquent que la valeur la plus élevée, hors gamme, a été enregistrée dans la première région. En revanche, la valeur la plus faible, égale à 0, a été observée dans les stations de Merdja, Zonday et (Tab. 17 ; Fig. 31).

Tableau 39: Evolution spatio-temporelle de L'ammonium dans les stations d'études.

Station	S1		Mz		Zn		Mj		MZ	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
L'ammonium	***Hors gamme***	***Hors gamme***	0	0,023	0	0	0	0	0	0,075

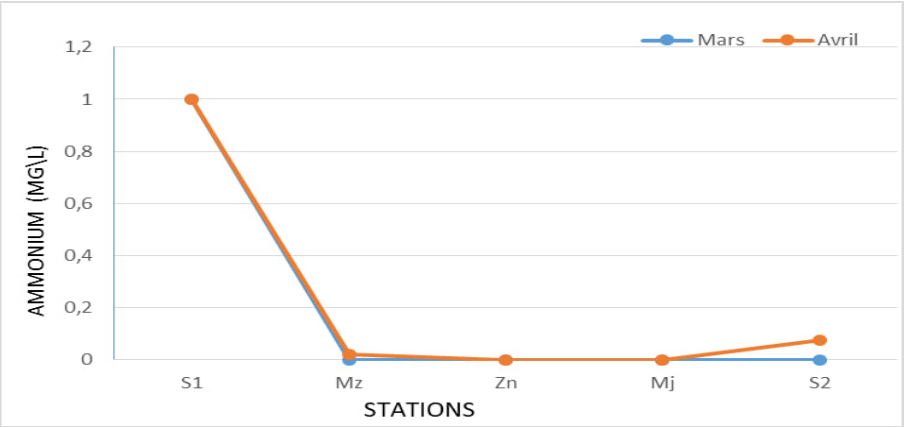


Figure 31 : Evolution spatio-temporelle de L'ammonium dans les stations étudiées.

g)Sulfate (SO_4^{2-})

Le sulfate (SO_4^{2-}) est un ion polyatomique formé d'un atome de soufre central lié à quatre atomes d'oxygène, portant une charge électrique globale de -2. Il résulte de la dissociation de l'acide sulfurique (H_2SO_4) par perte de deux protons (H^+). On le retrouve dans divers composés, tels que le sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou le sulfate de cuivre ($CuSO_4$).

Les résultats, présentés dans le tableau, montrent que la concentration la plus élevée, atteignant 1003,4 mg/L, a été enregistrée en mars à la première station S1. En revanche, la valeur la plus faible, de 123 mg/L, a été relevée en avril à la station de Merdja (Tab. 18 ; Fig. 32).

.

Tableau 40:sulfate mesurées dans les stations d'études.

Station	S1		Mz		Zd		Mj		MZ	
Mois	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
Sulfate Mg\L	1003,4	876	150	173	306	376	127	123	179	201

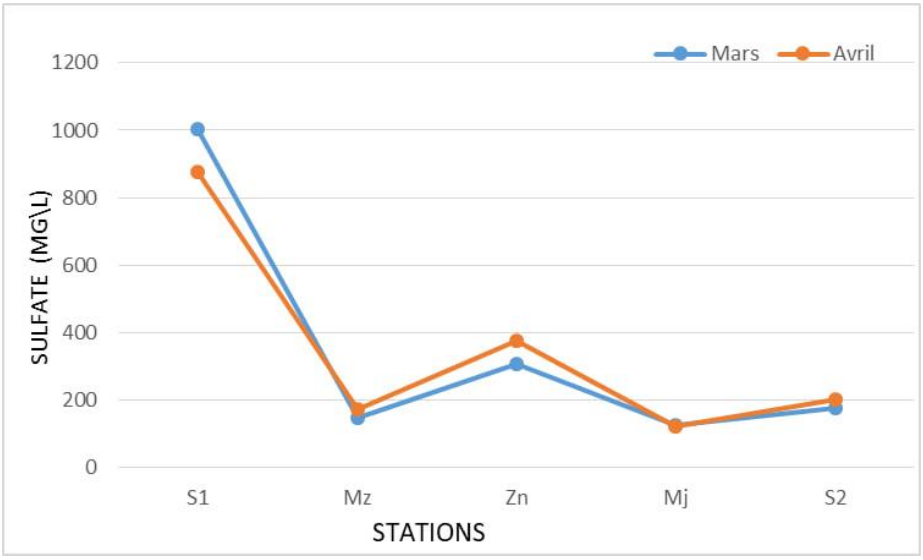


Figure 29: Evolution spatio-temporelle de sulfate dans les stations étudiées.

2- Analyse globale de la faune benthique

Pour analyser à la fois la structure, le fonctionnement des communautés et leur tolérance à la pollution, plusieurs métriques écologiques peuvent être mobilisées. Parmi les plus utilisées figurent la diversité, la richesse spécifique, l'abondance des espèces dominantes, la répartition des groupes taxonomiques et trophiques, ainsi qu'un indice biotique mesurant leur sensibilité à la pollution (Camargo *et al.*, 2004).

2-1- Analyse faunistique globale

Les prélèvements réalisés entre novembre 2024 et mai 2025 dans cinq stations situées sur différents oueds, ouedChiffa (S1 et S2), ouedZonday (Zn), oued Mouzaïa (Mz) et oued El Merdja (Mj) ont permis de recenser un total de 4763individus. Ces macro-invertébrés sont répartis en 6 classes, 28 familles et 35 genres.

Les groupes les plus abondants sont les Ephéméroptères, représentés par 5 familles et 8 genres, suivis par Les Diptères avec 9 familles et 9 genres et les Trichoptères et les odonates comptent chacun 3 familles et 4 genreset les coléoptères 2 familles et 3 genres, les plécoptères représentés avec 1 familles et2genres tandis que les autres groupes sont représentés par unefamilles et par une ou deux genres seulement (Tab.19).

Il apparaît clairement d'après le tableau 19 que les insectes sont numériquement les plus inventoriés et représentent l'effectif le plus élevé avec 4664 individus (97,89%), suivi

par la classe des turbellaria avec 60 individus (1,25%), puis les hirudinea avec 24 individus (0,50%). Les autres classes (crustacées, oligochètes, Gastéropodes) sont très faiblement représentées avec moins de 2,05% (Fig. 33 ; Fig. 34).

Tableau 41: Richesse et abondance numérique des différents taxons récoltés au niveau d'oued Chiffa.

Classes	*Ordres*	*N^bre Familles*	*N^bre Genres*	*N^bre Individus*	**Fréq (%)**
Turbellaria	Tricladida	1	1	**60**	**1,25**
Oligochaeta	Crassiclitellata	1	0	**7**	**0,14**
Hirudinea	Gnathobdellida	1	2	**24**	**0,50**
Gasteropoda	Basommatophora	1	1	**1**	**0,02**
Crustacea	Decapoda	1	1	**7**	**0,14**
Insecta	Diptera	9	9	**1517**	**31,84**
	Plecoptera	1	2	**132**	**2,77**
	Ephemeroptera	5	8	**2572**	**53,99**
	Coleoptera	2	3	**42**	**0,88**
	Trichoptera	3	4	**356**	**7,47**
	Odonata	3	4	**45**	**0,94**
Total	**11**	**28**	**35**	**4763**	**100**

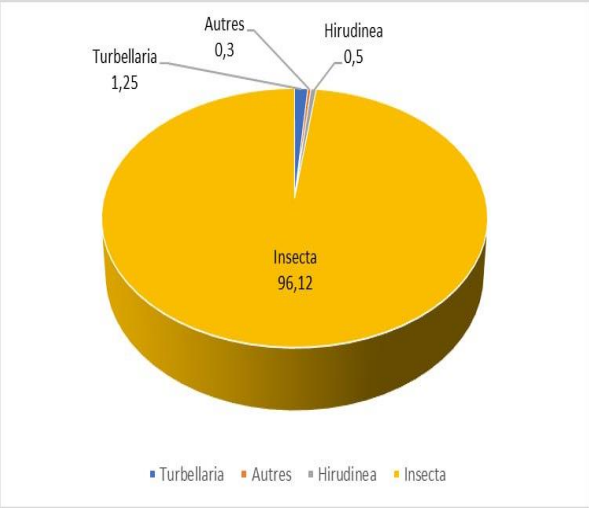


Figure30:Pourcentages de différentes classes d'invertébrés récoltés dans l'Oued Chiffa.

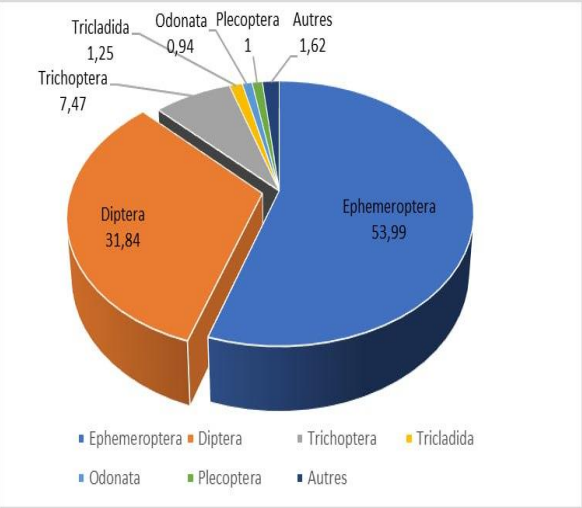


Figure.31: Pourcentages de différents ordres d'Insectes récoltés dans l'Oued Chiffa.

Parmi les insectes, les Éphéméroptères et les Diptères dominent nettement, représentant respectivement 53,99 % et 31,84 % de l'ensemble. Leur suivent les Trichoptères avec 7,47 % et les Plécoptères avec 2,77 %. Les autres ordres d'insectes constituent moins de 3,87 % de la population totale (Fig. 34).

D'après le tableau 19, la communauté de macro-invertébrés de l'ouedChiffa est principalement dominée par les Éphéméroptères Baetidae, avec 1815 individus recensés, suivis des Diptères Simuliidae, totalisant 1366 individus, puis des Trichoptères Hydropsychidae avec 353 individus.

Les Turbellaria Tricladida comptent 60 individus, tandis que les autres familles sont représentées par des effectifs nettement plus faibles.

2-2-Variations mensuelles

Au cours de cette étude, l'effectif le plus élevé a été enregistré lors de la campagne d'avril, avec un total de 2062 individus. Les autres campagnes ont révélé des effectifs plus modérés : 1463 individus en mars et 1238 en novembre.

Lors de l'échantillonnage d'avril, la famille la plus abondante est celle des Simuliidae, avec 825 individus, suivie des Baetidae (500 individus), des Caenidae (424 individus) et des Hydropsychidae (99 individus). Les autres taxons sont faiblement représentés.

En mars, la communauté est dominée par les Baetidae, avec 1015 individus, tandis que les Simuliidae, les Hydropsychidae et les Caenidae comptent respectivement 160, 78 et 68 individus (Annexe 2, 3 et 4).

Lors de l'échantillonnage de novembre, la famille la plus abondante était celle des Simuliidae, avec 411 individus. Les Baetidae, Hydropsychidae et Caenidae étaient également présents, comptant respectivement 300, 167 et 161 individus, tandis que les autres taxons étaient peu représentés. (Fig. 35).

En fait, le nombre total d'effectifsrecensés lors des trois campagnes peut être considéré comme comparable. L'effectif plus élevé enregistré en avril s'explique principalement par la forte abondance des Simuliidae, qui s'installent souvent sous forme d'agrégats comptant plusieurs dizaines d'individus dans des espaces restreints. Ce taxon contribue ainsi de manière prépondérante à la dominance numérique au sein de la communauté des macroinvertébrés aquatiques.

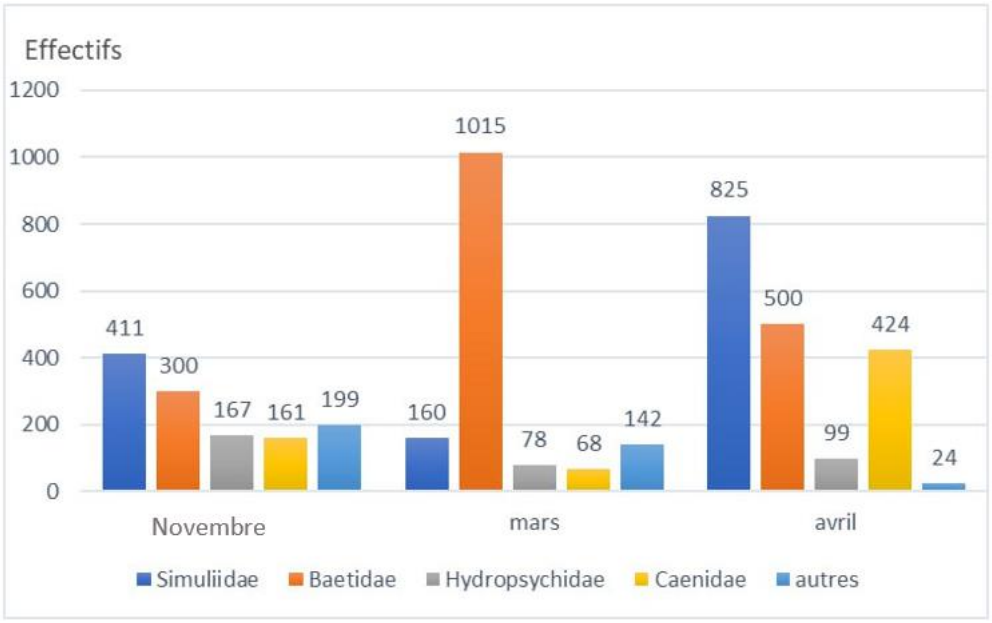


Figure 32: Principales variations mensuelles d'abondance des familles récoltée.

2-3-Variations stationnelles

Au cours de notre étude, les abondances taxonomiques relevées dans chaque station sont synthétisées dans le tableau 21. Le nombre d'individus recensé est le plus élevé à la station Mzavec 1633individus, soit 23,19 % du nombre total, suivi par la station S1 avec 1105 individus. Les stations S2, Zn et Mjprésentent des abondances relativement proches, comptent respectivement 918, 601 et 506 individus (Fig. 36).

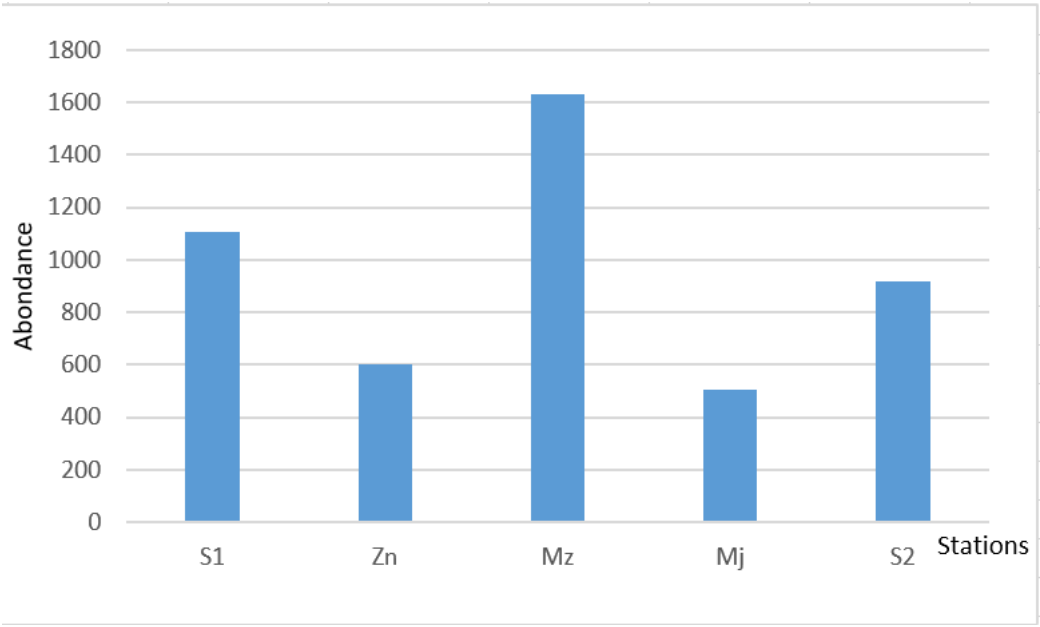


Figure 33: Abondance de la faune globale au niveau des stations étudiées

D'après le tableau 20 ci-dessous, la classe des Insectes est la mieux représentée dans l'ensemble des stations, avec un effectif maximal observé aux stations Mz et S1, comptabilisant respectivement 1560 et 1086 individus. Parmi ces insectes, les ordres des Ephéméroptères et des Diptères dominent nettement : la station Mz enregistre 1000 Ephéméroptères et 467 Diptères, tandis que la station S1 compte 632 Ephéméroptères et 402 Diptères.

Dans la station S2, les Diptères et les Ephéméroptères sont les groupes les plus abondants, avec respectivement 490 et 366 individus. De plus, dans les stations Zn et Mj, une dominance des Ephéméroptères et des Trichoptères est observée, atteignant leur effectif maximal à la station Zn avec 323 et 155 individus respectivement.

La composition faunistique des invertébrés révèle une forte dominance des Éphéméroptères dans les stations S3 et S1, représentant respectivement 61,23 % (soit 1 000 individus) et 57,19 % (soit 632 individus) des effectifs totaux. À la station S2, ce sont les Diptères qui prédominent avec 53,37 % (490 individus), suivis par les Éphéméroptères à hauteur de 39,86 % (366 individus).

En ce qui concerne la station Mj, les Éphéméroptères restent majoritaires avec 251 individus, suivis des Diptères (95 individus) et des Plécoptères (94 individus).

Dans certaines stations, destaxons apparaissaient rarement, avec un seul individu, notammentles Oligochaeta, les Gasteropoda et les Odonata dans la station Mouzaïa, les Crustacea et lesColeoptera dans la station S1.

Tableau 42: Abondance des classes de macro-invertébrés benthiques au niveau des stations.

Taxons	**S1**	**Zn**	**Mz**	**Mj**	**S2**
Turbellaria			60		
Oligochaeta		6	1		
Hirudinea	18		2		4
Gasteropoda			1		
Crustacea	1	2	4		
Insecta	1086	599	1560	505	914
Total	**1105**	**607**	**1628**	**505**	**918**
Diptera	402	63	467	95	490
Plecoptera	5	20	3	94	10
Ephemeroptera	632	323	1000	251	366
Coleoptera	1	10	17	6	6
Trichoptera	37	155	72	55	37

Odonata	9	28	1	4	3

Au niveau de famille, le tableau 21 met en évidence une abondance notable des Baetidae dans toutes les stations, particulièrement marquée aux stations Mz, S1 et Mj, avec respectivement 810, 405 et 208 individus. Les Simuliidae, les Caenidae et les Hydropsychidae sont également présentes dans toutes les stations, affichant des effectifs relativement élevés. En revanche, les Capniidae, lesHeptageniidae, les Tipulidae et les Dugesiidae étaient représentés en effectifsrelativement faible (Fig. 37).

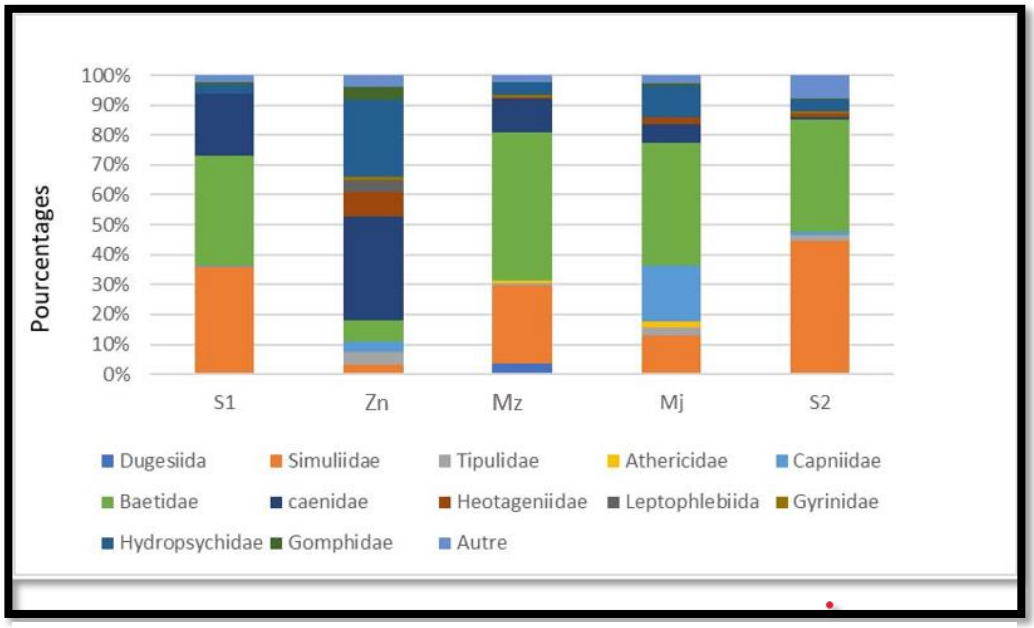


Figure 34: Représentation stationnelles des principaux groupes d'invertébrés récoltés dans les stations étudiées.

En effet, les variations spatiales en abondance observées peuvent être attribuées à divers facteurs liés aux caractéristiques environnementales et aux types d'habitats présents. Dans les cours d'eau étudiées, la répartition et l'abondance des macro-invertébrés benthiques au niveau des différentes stations sont principalement influencées par la température de l'eau, le débit, la vitesse d'écoulement, ainsi que la nature du substrat. De plus, l'absence ou la présence d'un faible niveau de pollution organique pourrait également jouer un rôle non négligeable.

Tableau 43: Abondance taxonomique de macroinvertébrés benthiques au niveau des stations étudiées.

Classes	Ordres	Familles	Genres	S1	Zn	Mz	Mj	S2	Total
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia*			60			**60**
Oligochaeta	Crassiclitellata	Lumbricidae				6	1		**7**
Hirudinea	Gnathobdellida	Erpobdillidae	*Dina*	17		1		4	**22**
			Erpobdella	1		1			**2**
Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	*Physa*			1			**1**
Crustacea	Decapoda	Atyidae	*Atyaephyra*	1	2	4			**7**
Insecta	Diptera	Chironomidae			15	5		3	**23**
		Anthomyidae	*Limnophora*			3			**3**
		Simuliidae	*Simulium*	397	19	424	65	461	**1366**
		Tabanidae	*Tabanus*	5	1	3			**9**
		Tipulidae	*Tipula*		26	16	14	17	**73**
		Limoniidae	*Hexatoma*			5			**5**
			Dicranota				5	7	**12**
		Syrphidae				1			**1**
		Athericidae	*Atherix*		1	5	6	2	**14**
			Atrichops			3	5		**8**
		Stratiomyidae	*Stratiomys*		1				**1**
	Plecoptera	Capniidae	*Capnioneura*	4	2	3	9		**18**
			Capnia	1	18		85	10	**114**
	Ephemeroptera	Baetidae	*Acentrella*			150	82	10	**242**
			Baetis	405	37	660	126	340	**1568**
			Procloeon		5				**5**
		Caenidae	*Caenis*	227	209	180	31	8	**655**
		Heptageniidae	*Ecdyonurus*		50	7	12	8	**77**
		Leptophlebiidae	*Choroterpes*		22				**22**
			Habrophlebia			3			**3**
		Potamanthidae	*potamanthus*			2			**2**
	Coleoptera	Gyrinidae	*Aulonogyrus*	1	5	10		7	**23**
			Gyrinus		3			1	**4**
		Scirtidae	*Cyphon*		2	5	6		**13**
	Trichoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche*	37	149	67	54	37	**344**
			Cheumatopsyche		5	4			**9**
		Rhyacophilidae	*Rhyacophila*			1			**1**
			Hyperhyacophila			1			**1**
		Polycentropodidae					1		**1**
	Odonata	Gomphidae	*Gomphus*	3	2				**5**
			Onychogomphus	6	24	1	1	3	**35**
			Ophiogomphus				2		**2**
		Platycnemididae	*Platycnemis*		3				**3**

		Calotpterygidae					1		**1**
Total				**1105**	**601**	**1632**	**506**	**918**	**4763**

2-4-Richesse taxonomique

Au cours de cette étude, un total de 40 taxons a été recensés. Leur identification a été menée jusqu'au niveau générique, à l'exception desChironomidae, desSyrphidae et des Polycentropodidae,en fonction des contraintes rencontrées lors du processus de détermination. Le nombre de taxons récoltés s'avère globalement similaire au cours des trois campagnes, avec 22, 27 et 24 taxons, respectivement au mois de novembre, mars et avril (Annexe 2, 3 et 4).

Par ailleurs, le nombre de taxons varie légèrement d'une station à l'autre. La richesse spécifique la plus élevée a été enregistrée au niveau des trois affluents avec 29 taxons à la station Mz, 22 taxons dans la station Zn, et 18 taxons au niveau de la station Mj. Les stations S2 et S1 sur le cours d'eau principale présentent de faible richesse, avec respectivement 15 et 13 taxons (Fig. 38). Ces faibles variations entre les stations peuvent être attribuées à une relative homogénéité des habitats.

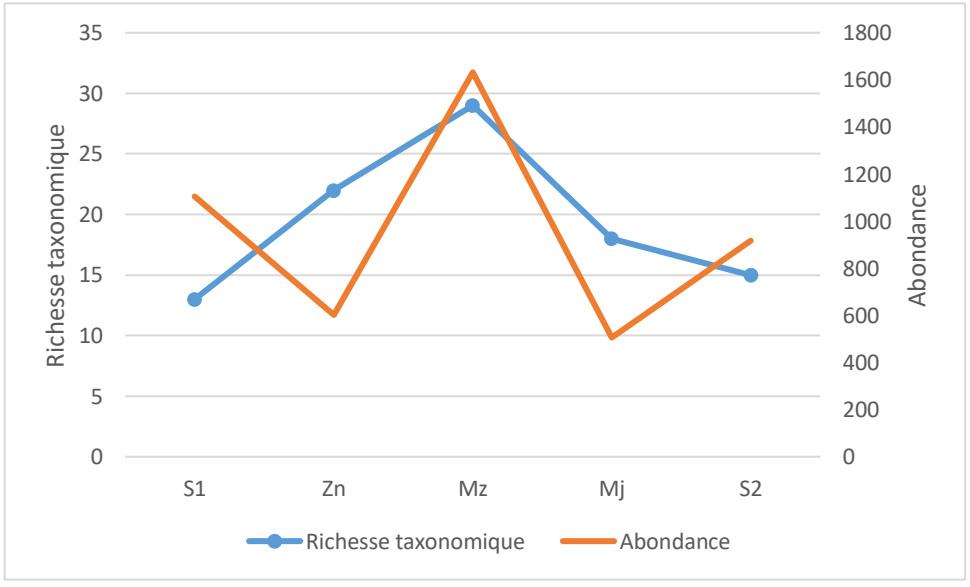


Figure35: Abondance et richesse taxonomique dans les stations étudiées.

La faible richesse taxonomique observée au niveau du cours d'eau principal s'explique par la nature du substrat, constitué essentiellement de sable et de gravier, notamment au niveau de la station S2. Elle résulte également, en grande partie, de la présence à proximité immédiate de la station S1 d'un dépôt de bouse de vache, source de

pollution organique susceptible d'engendrer une eutrophisation locale et de modifier les conditions physico-chimiques du milieu.

À l'inverse, dans les stations affluents (Zn, Mz, et Mj), où la richesse taxonomique est relativement plus élevée, les conditions environnementales sont globalement plus favorables à une plus grande diversité biologique. Le substrat y est plus hétérogène, dominé par des galets et enrichi en débris végétaux, créant un habitat propice au développement d'un peuplement diversifié.

La station Mouzaïa (Mz) se caractérise par la présence de matières en décomposition (feuilles mortes, bois morts, racines, etc.), des températures d'eau modérées et favorables, variant entre 8 et 13 °C, ainsi que par des vitesses de courant modérées. Par ailleurs, les perturbations d'origine anthropique y sont quasiment inexistantes, notamment pour les stations Zn et Mj.

2-5-Fréquence d'occurrence des taxons

Le tableau 22, montre les classifications des taxons définies sur la base de leur fréquence d'occurrence dans les 15 relevés réalisés durant cette étude.À partir des résultats obtenus, le pourcentage d'occurrence de chaque taxon a été analysé afin de les classer selon trois grands groupes définis par Gibert (1986) : les taxons omniprésents, constants, accessoires et accidentels.

Les taxons omniprésents, constants et réguliers sont représentés seulement par sept genres (Annexe 5). Elles sont abondantes et à large valence écologique, très occurrents, eurythermes et eurytopes et peuvent coloniser différents types de milieux, quels que soient le substrat et la vitesse du courant.

Tableau 44: Classification des taxons de macroinvertébrés récoltés selon leurs fréquences d'occurrences.

Classification	Taxons
Taxon omniprésent	*Baetis*
Taxon constant	*Simulium, Hydropsyche*
Taxon régulier	*Onychogomphus, Ecdyonurus, Tipula, Caenis*
Taxon accessoire	Chironomidae, *Atherix, Acentrella, Aulonogyrus, Cheumatopsyche, Tabanus, Dina, Hexatoma, Capnioneura, Capnia*
Taxon accidentel	*Dugesia, Physa, Limnophora*, Syrphidae, *Stratiomys, Habrophlebia, Potamanthus, Rhyacophila, Hyperhyacophila, Ophiogomphus, Platycnemis,* Calotpterygidae, Lumbricidae, *Erpobdella, Dicranota,*

	Procloeon, Choroterpes, Gyrinus, Gomphus, Atyaephyra, Atrichops

Les taxons accessoires sont assez abondants et peu fréquents. Ainsi, Les taxons accidentels représentent une abondance de 3.2 % du total recensé.Ils sont à la fois très peu abondants et très peu fréquents. Ils sont en général de biotopes bien spécialisés et très localisés. Nous citons principalement des Ephéméroptères (*Habrophlebia, Choroterpes,Procloeon*et), des Trichoptères (*Rhyacophila, Hyperhyacophila*) et des Odonates (*Ophiogomphus,Gomphus*).

3-Composition de la faune benthique

Dans cette partie,nous mettons en lumière la faune benthique récoltée au cours de cette étude, en prenant en considération certains de ses traits biologiques, physiologiques et écologiques.

a- Les Ephéméroptères

Les Éphéméroptères, insectes hémimétaboles dont les larves sont strictement aquatiques, représentent l'un des ordres les plus primitifs parmi les insectes ailés connus.(Merritt *et al.,* 2008).

Ils constituent un groupe très diversifié à la fois sur le plan distribution (eaux douces rhithriques et lentiques), relation avec le substrat (fouisseurs, rampants, et nageurs) et alimentation (broyeurs détritivores, racleurs de substrat, filtreurs, prédateurs). Leur durée de vie larvaire varie de quelques semaines à plus de deux ans, mais généralement est de trois mois à six mois, tandis que les adultes vivent de deux à trois jours, mais certaines espèces ne vivent que quelques dizaines de minutes à quelques heures (Tachet *et al.,* 2010).

Les Éphéméroptères constituent le groupe le plus abondant des macroinvertébrés récoltés. Les prospections effectuées lors de notre étude ont permis de recenser un total de 2572 individus d'éphémère, répartis en cinq familles, représentant 54 % de l'ensemble de la faune inventoriée.

Les familles les plus abondantes sont les Baetidae et les Caenidae, avec respectivement 1815 individus (soit 70,5 %) et 655 individus (soit 25,4 %) du total des captures, avec une dominance remarquable du genre *Béatis*. Les autres familles, Heptageniidae et Leptophlebiidae, présentent une abondance nettement plus faible dans nos prélèvements, comptabilisant respectivement 77 individus (2,9 %) et 25 individus

(0,9%) du macrofaune total recensée. La famille des Potamanthidae est représentée par seulement 2 individus du genre *Potamanthus*(Fig. 39 ; Fig. 40).

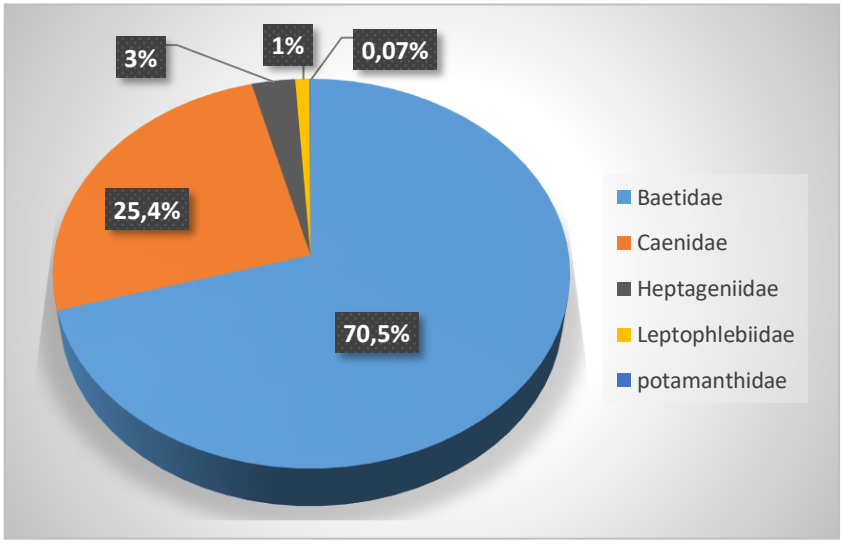


Figure 36: Pourcentages des familles des Ephéméroptères récoltés.

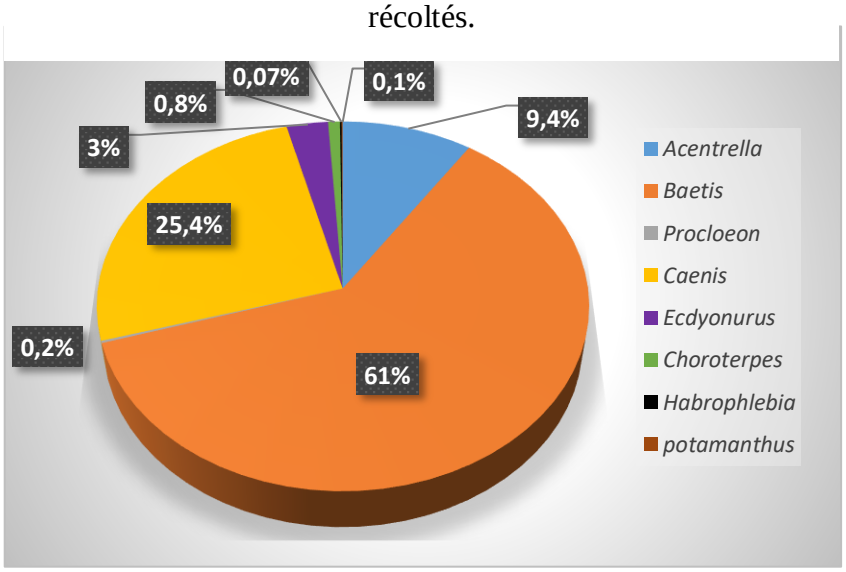


Figure 37: Pourcentages des genres des Ephéméroptères récoltés.

b- Les Diptères

Les Diptères sont répartis depuis l'équateur jusqu'aux régions polaires et possèdent une remarquable capacité à coloniser une grande diversité de biotopes, tels que les sources, rivières, lacs, marais, zones littorales et milieux marins, etc. (Haouchine, 2011).

Après les Éphéméroptères, les Diptères représentent l'ordre d'insectes le plus important en termes de diversité et de richesse spécifique. Au total, nous avons collecté 1517 individus, soit31,8 % de la faune totale recensée,répartis en neuf familles.

La Simulidae représente la quasi-totalité des Diptère avec 1366 individus (soit 90 %) du nombre total (Fig. 41). Les autres familles :Tipulidae, Athercidae, Chrinomidae, Limonidae ,Tabanidae , Anthomyidae , Syrphidae et Stratiomyidae ont dans nos récoltes, une faible abondance numérique. Elles comptent respectivement : 73 individus(4,8 %), 24 individus (1,58%),23 individus (1,51%), 19 individus (1,25%), 9 individus (0,59), 3 individus (0,19), 1 individu (0,06) et 1 individu (0,06).

Les station S1, Mz et S2 sont les plus abondantes en Diptères avec respectivement 400, 470 et 490 individus (Fig. 42).

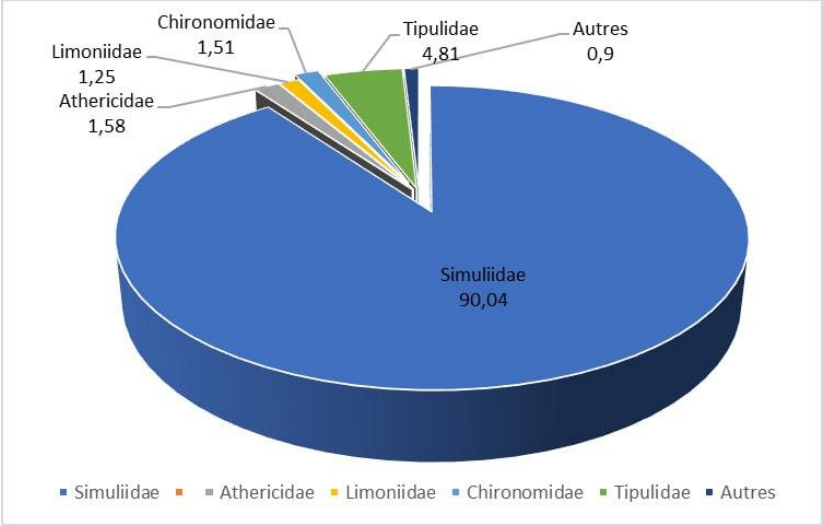


Figure.38: Pourcentages des familles des Diptères récoltées.

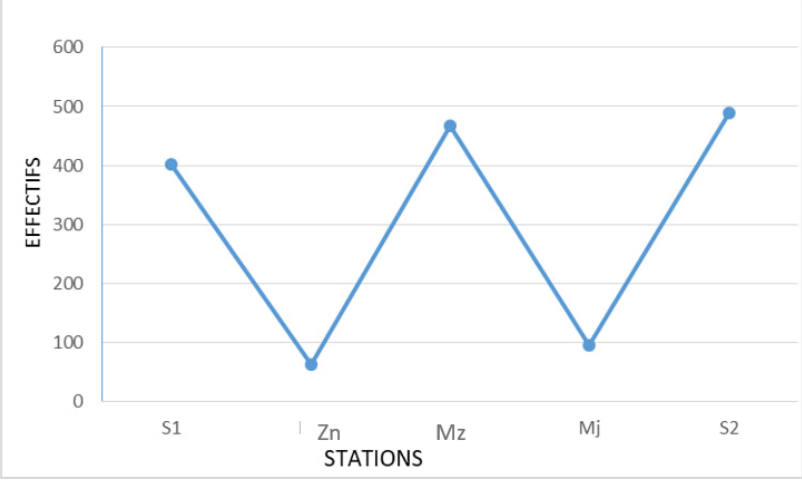


Figure.39: Distribution des Diptères dans les stations étudiées.

c- Les Trichoptères

D'après Gretia (2009), les Trichoptères sont largement reconnus comme d'excellents bioindicateurs de la qualité des cours d'eau.

Contrairement aux Éphéméroptères et aux Diptères, principalement inféodés aux eaux courantes, de nombreuses espèces de Trichoptères colonisent également les eaux stagnantes. Présents à différents niveaux de la chaîne trophique, ils occupent ainsi une grande diversité de niches écologiques et jouent un rôle essentiel dans la dynamique des écosystèmes aquatiques.(Faessel *et al*,. 1985). De nombreux travaux (Giudicelli *et al.*, 1986 ; Echaubard & Neveu, 1975 ; Verneaux, 1973) ont été démontré que, de manière générale, la diminution des densités de Trichoptères liée aux perturbations anthropiques peut se prolonger sur une période relativement longue pour la majorité des familles, à l'exception notable des Hydropsychidae. En effet, les représentants de cette famille, plus résistants à la pollution, possèdent une grande capacité à recoloniser rapidement les substrats partiellement dépeuplés par les espèces plus sensibles.

Les Trichoptères dans les cours d'eau étudiés sont relativement rares et peu abondants comparativement aux Éphéméroptères et aux Diptères.

Nous avons récolté un total de 356 individus, soit 7,47% de la faune totale, repartis en 3 familles représenté par les *Hydropsyche*, les *Cheumatopsyche*, les *Rhyacophila*, les *Hyperhyacophila*et les Polycentropoloidae.Les *Hydropsyche* représentent la quasi-totalité avec 99 % des Trichoptères récoltés (Fig. 43).

Les effectifs les plus élevés sont enregistrés au niveau des stations Mz et Zn avec respectivement 155 et 72 individus (Fig. 44).

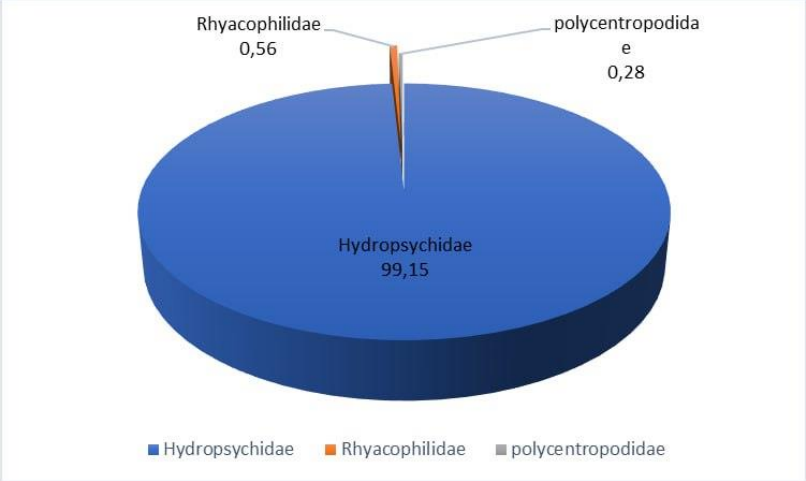


Figure 40: Pourcentages des familles des Trichoptères récoltées.

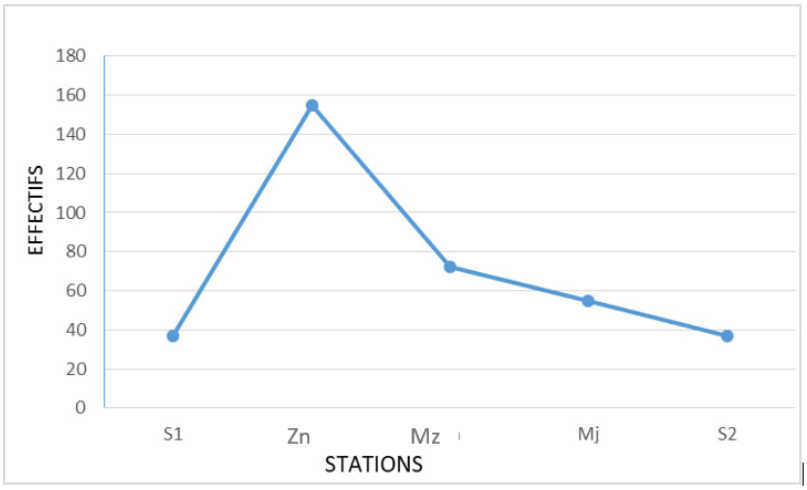


Figure.41: Distribution des Trichoptères dans les stations étudiées.

d- Les Plécoptères

Les Plécoptères, espèces sensibles à la pollution, ne se développent pas dans les milieux soumis à des perturbations environnementales. En raison de cette sensibilité, ils constituent d'excellents bioindicateurs de la qualité écologique des hydrosystèmes et sont largement utilisés dans les méthodes d'évaluation de la qualité des eaux courantes. (Tuffery & Verneaux, 1967 ; Verneaux *et al.*, 1976 ; Verneaux ; Armitage *et al.*, 1983 ; Alba-Tercedor & Sanchez-Ortega, 1988 ; Hawkes, 1997 ; Angelier, 2000 ; Genin *et al.*, 2003).

Ils colonisent préférentiellement les milieux d'altitude, caractérisés par un substrat principalement composé de galets, un courant rapide et une température de l'eau relativement fraîche. (Yasri, 2009).

Dans notre étude, nous avons recensé un total de 132 individus de Plécoptère, soit seulement 1 % de la faune totale récolté, représentés par deux genres d'une même famille. Ainsi que l'effectif le plus élevées estenregistré au niveau de la station Mj avec 94 individus (Fig. 45 ; Fig. 46).

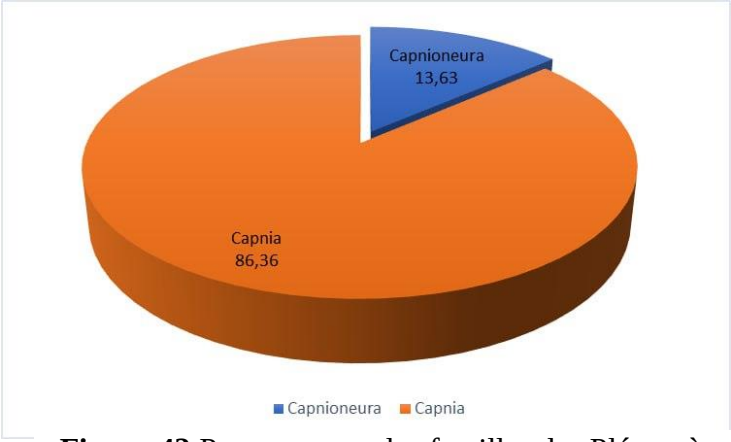


Figure.42:Pourcentages des familles des Plécoptères récoltées.

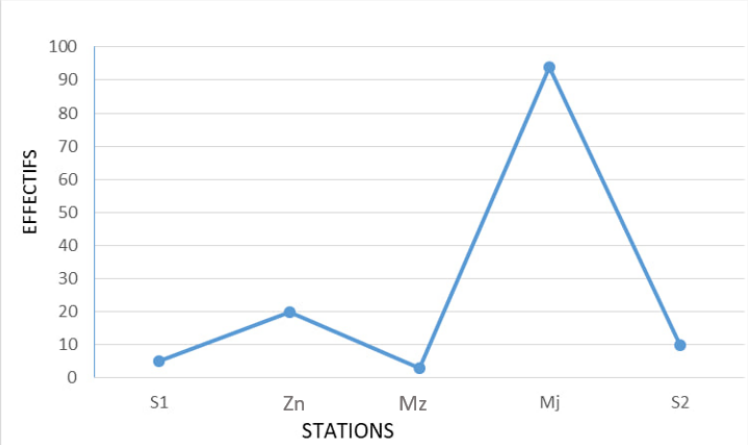


Figure 43: Distribution des Plécoptères dans les stations étudiées.

e- Les Odonates

Selon Aguesse (1968), Les Odonates ne sont pas seulement des indicateurs de la qualité d'un milieu aquatique, mais aussi des témoins de sa richesse en faune aquatique. Leur diversité dépend largement du régime thermique et du degré d'ombrage, qui agissent comme facteurs limitants. Ils fréquentent principalement des habitats caractérisés par des eaux à écoulement lent et des températures relativement fraîches (Moubayed ; 1986).

Il est établi que les densités et la diversité des Odonates sont influencées de manière conjointe par la couverture végétale, un courant modéré, ainsi que par la présence de macrophytes en bordure, un écoulement lent et un substrat meuble.

Les Planipennes sont faiblement recensés 45 individus seulement (soit 0,94% de la faune totale récolté). Repartis en 3 familles représentés par la Gomphidae, le platycnemididae et la Calotpterygidae, elles comptent respectivement 42 individus (soit 93,33%), 2 individus (soit 4,44%) et 1 individu (soit 2,22%) du total des captures (Fig. 47).

Ainsi que l'effectif le plus élevéest enregistrés dans la station Zn avec seulement 28 individus.

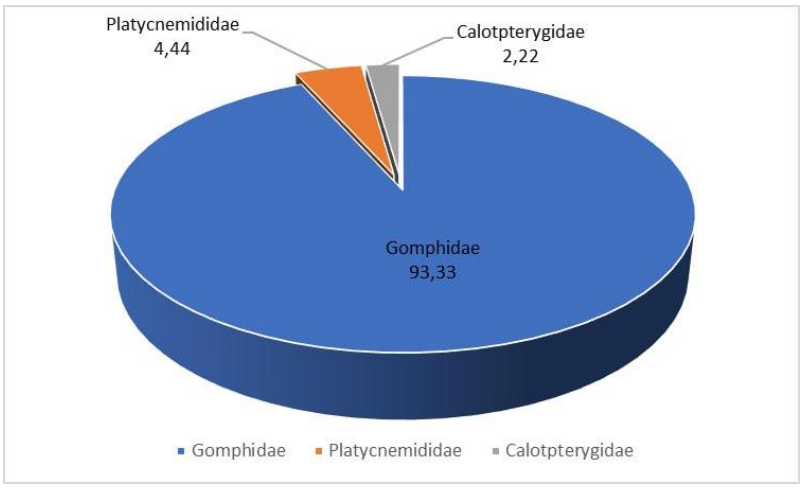


Figure 44: Pourcentages des familles des Odonates récoltées.

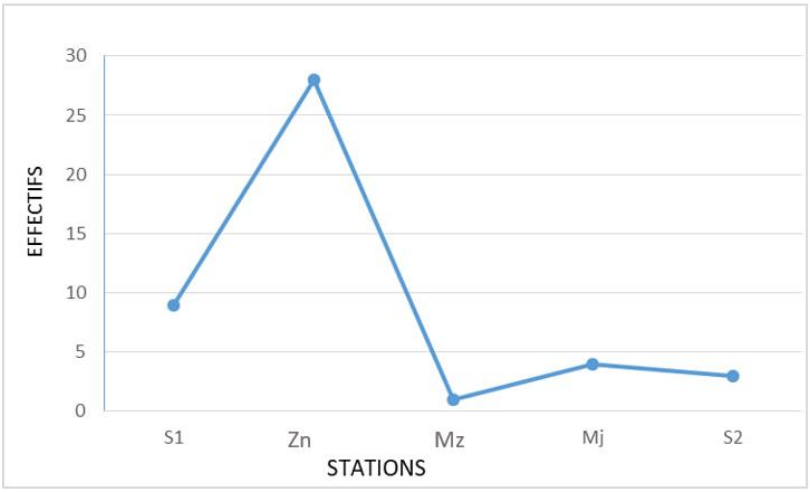


Figure 45: Distribution des Odonates dans les stations étudiées.

f- Les Coléoptères

Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à être présents dans les milieux aquatiques à la fois sous forme larvaire et imaginale. Ils colonisent une grande variété d'habitats, allant des sources et ruisseaux de montagne aux torrents, rivières à courant modéré, ainsi qu'aux eaux quasi-stagnantes riches en végétation. (TACHET *et al* .,1980).

Dans les cours d'eau étudiés, la présence numérique des Coléoptères est relativement faible comparée à celle des Éphéméroptères et des Diptères.

Dans le présent travail, l'importance numérique est relativement faible, seulement 40 individus, soit 0,88% de la faune totale,répartis en deux familles : la Gyrinidae avec 27 individus (soit 54,76%)et la Scirtidae avec 13 individus (soit 30,95%) (Fig. 49)

Dans les stations étudiées, ce groupe d'insectes colonise la station Mz avec 17 individus, caractérisée par un courant très faible, voire stagnantau bordures riches en végétation et un substrat dominé par des galets (Fig. 50).

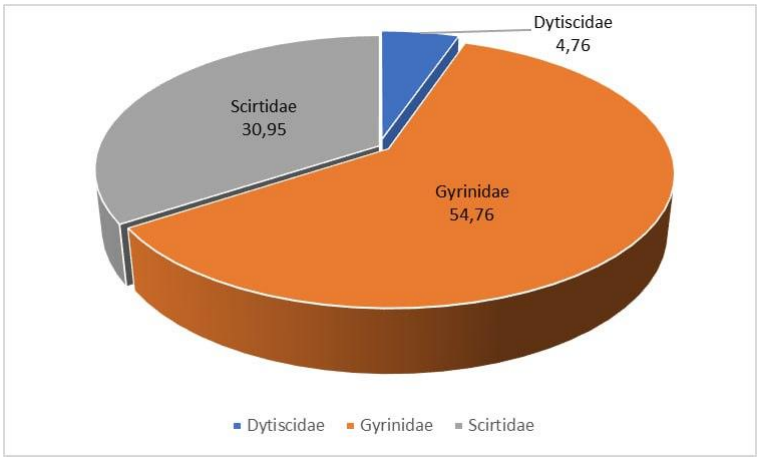


Figure.46: Abondance des Coléoptères dans Oued Chiffa.

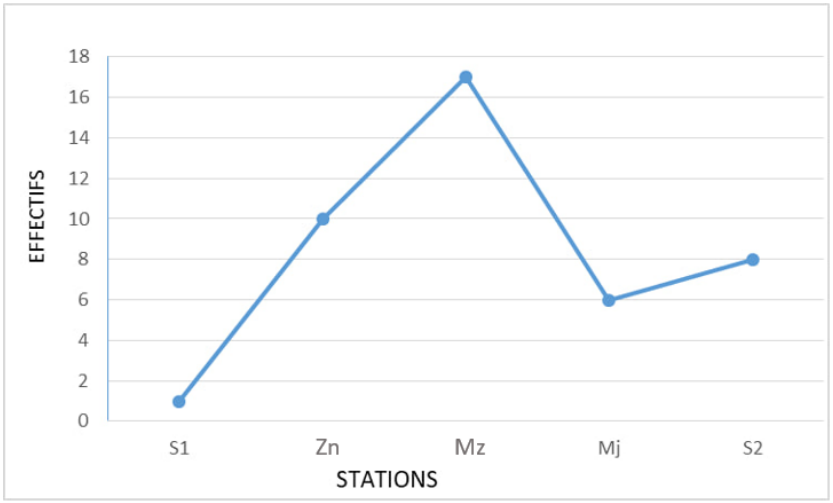


Figure 47: Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées.

g- Les autres taxons

Les groupes restants constituent 2,07 % (individus) de la faune totale récolté. Ce sont des Triclades (60individus), avec une seule famille Dugesiidae très faiblement représentée,

lesGnathobdellida (24 individus), les crassiclitellata (7 individus), les Decapoda (7 individus) et un seul individu des Basommatophora.

Les Gnathobdellida sont très faiblement représentés dans le matériel biologique récolté. Il est à noter la présence dans les stations S1, Mz, S2, ainsi que les Crassiclitellata sont enregistrés dans les stations Mz, Mj, Les décapode dans les stations S1, Zn ,Mz , et les Basommatophora seulement dans Mz. Leur faible présence dans notre matériel biologique récolté est probablement due à la nature des habitats choisis.

4-Structure trophique de la faune benthique

Vannote et ses collaborateurs (1980) ont montré que, de l'amont ver l'aval d'un bassin, les paramètres physiques -hydrologie, géomorphologie et physico-chimie- se modifient de manière progressive, générant ainsi un gradient continu de ressources trophiques. D'après le River Continuum Concept, la diversité et l'abondance des ressources alimentaires disponibles induisent chez les macro-invertébrés benthiques des stratégies d'adaptation distinctes selon leur position le long du cours d'eau.

Les macro-invertébrés benthiques récoltés au cours de notre étude, ont été répartie, selon leur mode d'alimentation, sur six groupes trophiques proposés par Cummins (1973).

Dans l'ensemble des stations,lesPrédateur dominent les communautés de macroinvertébrés avec 60 %, suivi par collecteurs avec 20 %, puis les Collecteurs-Récolteurs et les déchiqueteurs par 7 % chacun, à la dernière position les racleurs avec 6% (Fig. 51).

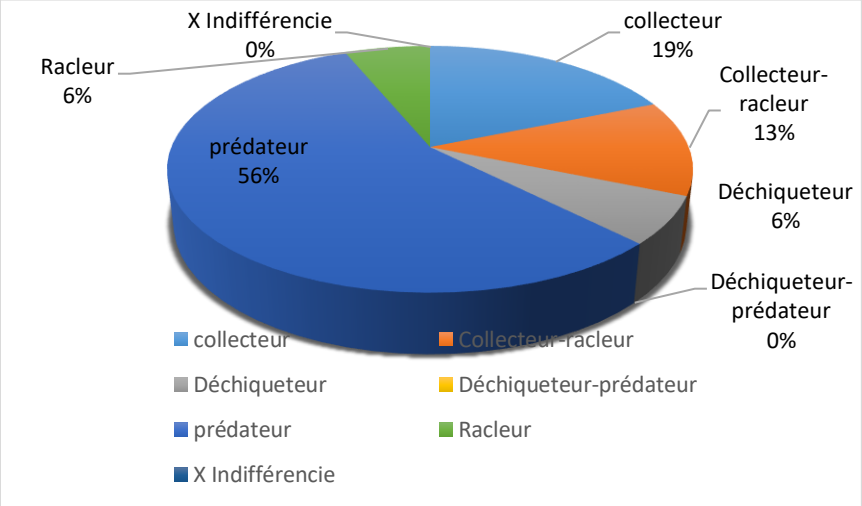


Figure.48: Proportions d'effectifs des groupes trophiques de Macro-invertébrés récoltés.

.

D'après la figure 52, le régime de prédateurs est prévalu dans toutes les stations notamment dans la station Mz, ainsi que les régimes des Déchiqueteur et déchiqueteur-prédateurs ont les plus faible dans toutes les stations.

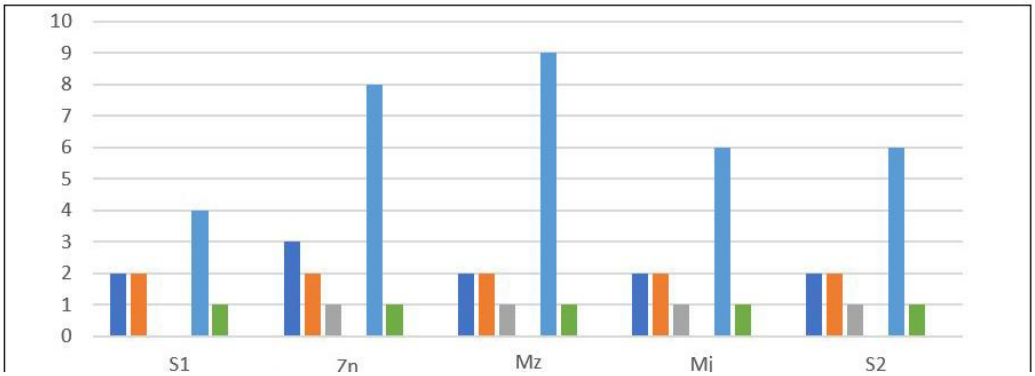


*Figure **Error! No text of specified style in document.**.49:Distribution proportionnelle des groupes trophiques de macro-invertébrés benthiques récoltés dans les stations étudiées*

Figure52: Distribution proportionnelle des groupes trophiques de macro-invertébrés benthiques récoltés dans les stations étudiées.

5-Les indices écologiques

L'indice de diversité de Shannon-Weaver présente un intérêt écologique majeur, car il offre une indication globale sur l'importance relative des différents taxons (Bournaud & Keck, 1980). Par ailleurs, l'indice de diversité (H), qui prend en compte à la fois la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons, a été calculé pour chaque station.

L'indice d'équitabilité de Pielou (E) évalue la répartition des individus entre les espèces, indépendamment de la richesse spécifique. En effet, une pullulation excessive d'un peuplement témoigne d'un déséquilibre d'origine naturelle ou anthropique. Plus les abondances des différents taxons d'un peuplement sont homogènes, plus ce dernier est considéré comme équilibré, stable et proche de son état de climax.

À partir des valeurs de l'indice de Shannon–Wiener obtenues pour chaque station, on peut en déduire les indices d'équitabilité, reflétant la distribution relative des espèces (Fig. 53).

Les valeurs les plus élevés des indices H et E ont été enregistrées dans les stations Mz et S2, ainsi que la station Mj présente un peuplement faiblement diversifié, représenté par un indice de Shannon égale à 1.25 et celui d'équitabilité égale à 0.46.

En effet, la figure 53 montre que dans les différents peuplements, les indices H et E varient dans le même sens, ainsi que leurs profils de variation présentent la même allure.

Les faibles variations de ces indices entre les stations, de l'aval vers l'amont, reflètent une faible différence de diversité entre ces dernières. Cette faible augmentation de diversité se traduit par une faible augmentation dans le nombre d'espèce et une faible régularité de leur distribution d'abondance.

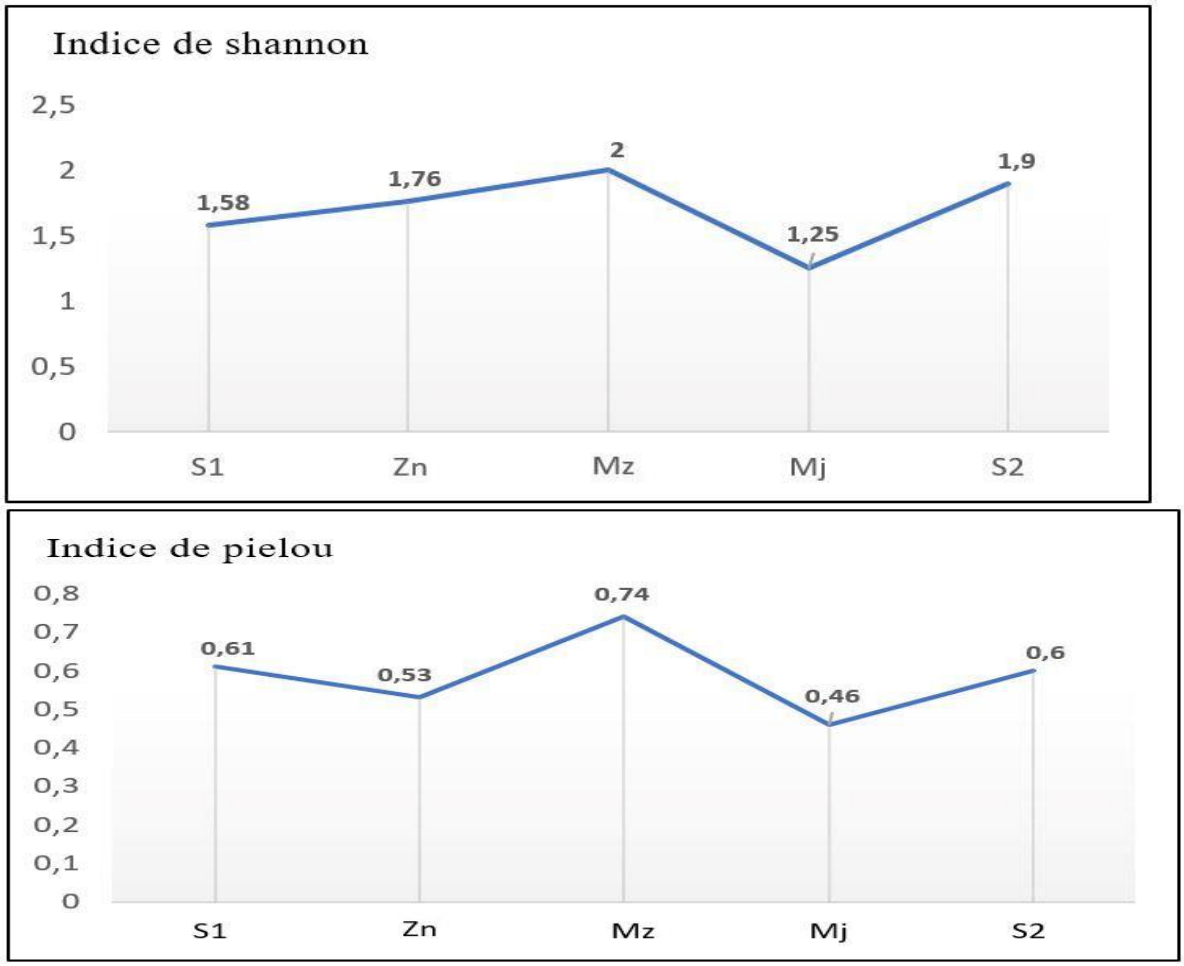


Figure 50: Indices écologiques pour les stations étudiées.

6- Indice biologique global normalisé (IBGN)

Lesrésultatsspatio-temporelles obtenus à partir du calcul de l'IBGN moyen sont mentionnés dans les cartes de l'état de la qualité de l'eau (Tab. 23 ; Fig. 54).

Lors des trois sorties, l'indice IBGN indique globalement, un état de qualité de l'eau «Moyenne» au niveau de toutes les stations à l'exception de la station S1 et S2 dont l'indice IBGN affiche un état écologique respectivement «Très mauvaise» et « Médiocre » duant les deux mois de mars et d'avril. En générale, l'état écologiquede ces dernières stations pourrait s'expliquer par la prolifération des organismes plus résistants, notamment les Baetidae et les Hydropsychidae, traduisant la présence d'une légère charge organique dans le milieu.

Tableau 45: Variation spatio-temporelle de l'indice IBGN des différentes stations.

Echantillonnage de novembre					
	S1	Zn	Mz	Mj	S2
Classe de qualité	**11**	**11**	**5**	**10**	**10**
Couleur correspondante					
Qualité d'eau	Moyenne	Moyenne	Médiocre	Moyenne	Moyenne
Echantillonnage de mars					
	S1	Zn	Mz	Mj	S2
Classe de qualité	**4**	**12**	**12**	**12**	**7**
Couleur correspondante					
Qualité d'eau	Très mauvaise	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Médiocre
Echantillonnage d'avril					
	S1	Zn	Mz	Mj	S2
Classe de qualité	**4**	**8**	**9**	**11**	**7**
Couleur correspondante					
Qualité d'eau	Très mauvaise	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Médiocre

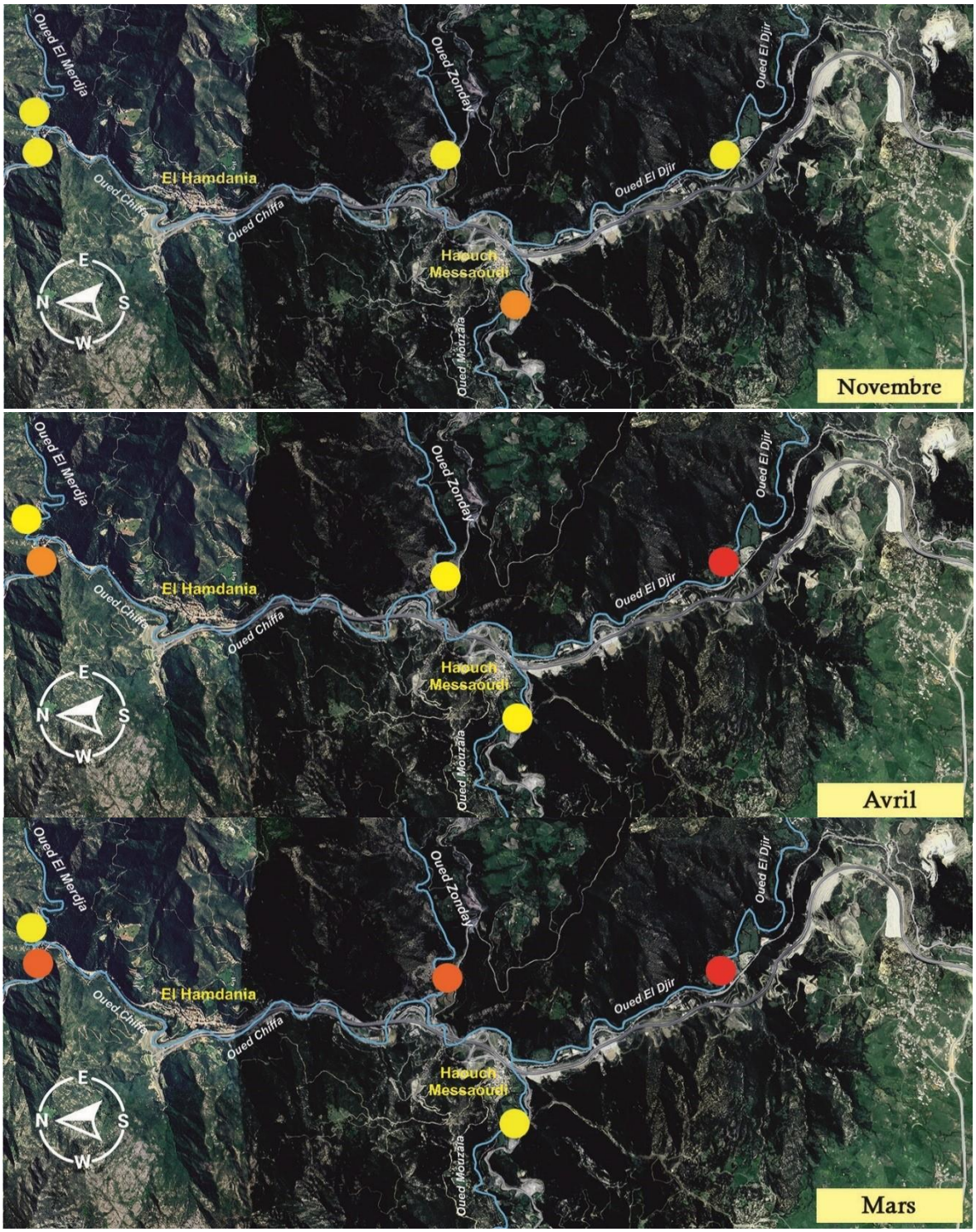


Figure.51: Cartographie de la qualité de l'eau des stations étudiées avec l'indice.

Conclusion

Conclusion

La présente étude a porté sur la composition taxonomique et les variations spatio-temporelles des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans le sous-bassin versant de l'oued Chiffa. À cet effet, des stations d'échantillonnage ont été sélectionnées au niveau de ses principaux affluents, à savoir l'oued Mouzaïa, l'oued Zonday et l'oued El Merdja. Par la suite, la qualité biologique des eaux a été évaluée à l'aide de l'indices IBGN à partir de la macrofaune benthique récoltée.

L'analyse des résultats relatifs aux paramètres physico-chimiques révèle que la majorité d'entre eux présentent des valeurs similaires entre les campagnes de mars et d'avril à l'exception de la température de l'eau et du pH. Cependant, une augmentation significative a été observée pour l'ensemble des paramètres mesurés à la station S1 (oued El Djir), certains d'entre eux dépassant les normes admises, notamment le nitrate et l'ammonium. Cette situation s'explique en grande partie par la présence, à proximité immédiate de cette station, d'un dépôt de bouse de vache susceptible de provoquer une pollution organique du milieu.

La composition spécifique des macroinvertébrés benthiques dans les stations étudiées révèle une diversité relativement faible. Elle fait état de la présence de 40 taxons Leur identification a été menée jusqu'au niveau générique, à l'exception des Chironomidae, des Syrphidae et des Polycentropodidae. Les Insectes ont constitué le groupe taxonomique le plus abondant avec 98% (avec 4664 individus), et le plus diversifié, avec 34 taxons. Au niveau stationnelles, Mouzaïa (Mz) est la mieux diversifié avec 29 taxons dont le peuplement benthique de cette dernière montre la présence de certains taxons polluorésistants, tandis que les taxons polluo-sensibles, notamment les Plécoptères Capniidae, étaient abondamment présents dans les deux affluents Zonday (Zn) et El Merdja (Mj). Les stations S2 et S1 sur le cours d'eau principale présentent de faible richesse taxonomique, avec respectivement 15 et 13 taxons. Cette faible diversité pourrait s'expliquer par le fait que les cours d'eau principauxagissent souvent comme des exutoires pour divers rejets,notamment les apports en eaux usées domestiques en provenance des agglomérations environnantes.

L'indice IBGN indique un état écologique de qualité moyenne pour l'ensemble des stations étudiées, tandis qu'un niveau de dégradation plus important est observé à la station S1, traduisant une altération accrue des conditions environnementales.

Dans ce travail, après une étude sur l'assemblage de la macrofaune benthique dans le Oued Chiffa, nous suggérons que la répartition des macro-invertébrés est fortement influencée par les facteurs environnementaux notamment les caractéristiques physico-chimique de l'eau, et par le type de substrat.

Bien que le sous-bassin versant de Chiffa présente une situation géographique relativement préservée et soit faiblement exposé aux sources directes de pollution, les résultats obtenus se sont révélés moins favorables qu'attendu, notamment en termes de diversité des macroinvertébrés et de qualité biologique des eaux. D'une part, la période d'échantillonnage ne coïncidait pas avec des conditions écologiques optimales pour le développement et la diversification des communautés benthiques. D'autre part, les conditions climatiques particulières ayant marqué la période d'étude, caractérisée par des épisodes de fortes précipitations, ont probablement compromis l'efficacité des campagnes d'échantillonnage et perturbé l'assemblage des communautés benthiques. En effet, les crues fréquentes, l'augmentation du débit et de la vitesse d'écoulement, accentuées par la topographie encaissée de la vallée, ont pu entraîner un lessivage important des substrats et une altération des habitats aquatiques.

L'évaluation précise de la diversité et de la répartition des invertébrés aquatiques à l'échelle d'une rivière constitue un défi méthodologique majeur. Elle requiert, en effet, un effort d'échantillonnage intensif, mené sur de courtes périodes et à intervalles rapprochés tout au long du cours d'eau, ainsi que le recours à des protocoles rigoureux capables d'intégrer la variabilité des microhabitats aquatiques colonisés par ces organismes.

Au regard de l'expérience acquise au cours de cette étude, il apparaît que l'obtention de résultats scientifiquement robustes, en matière d'évaluation de la diversité et de la distribution des macroinvertébrés aquatiques, nécessite une approche plus ciblée. En particulier, la concentration des efforts d'échantillonnage sur un seul cours d'eau, étudié de manière longitudinale, permettrait de mieux appréhender les variations spatio-temporelles des peuplements benthiques, en lien avec les gradients environnementaux et les perturbations locales. Cette stratégie offrirait également l'avantage de mieux contrôler les facteurs de variabilité, tant abiotiques que biotiques, et de renforcer la comparabilité des données entre stations et habitats.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

Afnor., 1992. « Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) », Cahier de l'eau, NF T90-350, déc. 1992.

Aguesse., 1968. Zygopteres inédits de Madagascar [Odon.]. Annales de la Société Entomologique de France, 4 : pp 649-670.

Alba-Tercedor J. & Sanchez-Ortega A., 1988. Un metedo papido y simple para évaluer la calidad biologica de las aguas Corrientes basado en el de Hellawel (1978). Limnetica, 4: pp 51-56.

Allan J.D. & Castillo M.M., 2007. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. 2nd Edition, Chapman and Hall, New York. 436 p.

Aminot A. & Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO.395 p.

Amoros C., Richardot-Coulet M.& Pautou G., 1982. Les 'en- sembles fonctionnels' des entitésécologiques qui traduisent l'evolution de I'hydrosystime en in&grant la géomorphologie et ~anthropisation. Exemple du Haut-Rhbne franqais. Rev. Geogr. Lyon ,57 : pp 49-62.

Angelier E., 2000. Ecologie des eaux courantes. Ed TEC & DOC, Paris. 199 p.

Anderson N. H., Sedell., James R., 1979. Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. Annual Review of Entomology, 24 : pp 351-377.

Armitage P.D., Moss D., Wright J.F. & Furse M.T., 1983. The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroin-Vertebrates over an Wide Range of Unpolluted Running-Water Sites. Water Research, 17 : pp 333-347.

Auber L., 1999. « Atlas des coléoptères de France ». Boubée, Paris.

Ayral H., 1966. « Collection d'enseignement Agricole. Zoologie Agricole ». Volume 2, Bailliere et fils. Paris.

Azzaoui M.E., 2017. Dynamique de végetation du couvert forestier dans la région de tiaret doctorat, université ibn khaldoun Tiaret Tiaret.129p.

Bachelet G., (1987). Processus de recrutement et rôle des stades juvéniles.

Bagnouls F., Gaussen H., 1954. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, (88): Pp 3-4 et pp193-239.

Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D., Stribling G.B.,1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. second edition. Environmental Protection Agency, Office of Water. Washington, D.C. EPA 841 - B – 99-002. U.S.

Bebba N. M., El Alami S., Arigue F. & Arab A., 2015. « Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algérie) [Mesological and biotypological study of Mayflies populating in Abdi wadi (Algeria)] ». 14p.

Belfiore C., 1983. Efemerotteri (Ephéméroptère). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 24. Istituto di Zoologia dell'Università, Roma. 113 p.

Bendjoudi D., Marniche F., Takdjout L., Epalanga M. & Chenchouni H., 2023. Copro-parasitological survey of striped hyena (Hyaena hyaena), Africangolden wolf (Canis lupaster), and red fox (Vulpes Vulpes). Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration in Algeria, 8: pp691–703.

Blot J., 1993. « Le monde animal ». L'édition de l'école. Paris.

Bostelmann R., (2003). Ruisseaux, rivières et bras morts. Projet non publié de la brochure "Biotopes du Bade-Wurtemberg", préparée pour l'Agence d'État pourla protection de l'environnement, Karlsruhe.

Bournaud M. & Keck G., (1980). Les prélèvements de macroinvertébrés benthiques en tant que révélateurs de la physionomie d'une rivière. Annls Limnologie, 16(1) : pp55-75.

Bnef., 1984 – Etude du milieu du parc national de Chréa. Bureau national des études forestières. Blida. 150 p.

Brandt M.J., Johnson K.M., Elphinston A.J. & Ratnayaka D.D., 2017. Chapter 7 - Chemistry, Microbiology and Biology of Water. In: Brandt M.J., Johnson K.M., Elphinston A.J. &Ratnayaka D.D., (eds.), Twort's Water Supply (Seventh Edition), Butterworth-Heinemann: pp235-321.

Çadraku H., Gashi F., Shala A. & Fetoshi O., 2016. Variations in the Physico-Chemical Parameters of under groundwater of Blinaja catchment, Kosovo. IFAC-PapersOnLine, 49(29) : pp 200-205.

Camargo J. A., Alonso A. & De La Puente M., 2004. Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. Environmental Monitoring and Publishers, 96: pp 233- 249.

Carmen T. A., Evan T. W., et Tyler M. S., 2015. Aquatic Macroinvencbrates: Biological Indicators of Strearn Health. Biosystèmes and Agricultural Engineering.5p.

Conseil national de recherches., 1992. Restauration des écosystèmes aquatiques : science, technologie et politiques publiques. Washington. 576 p.

Chapman D. & Kimstach V., 1996. Selection of water quality variables. Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. 2ème édition, E & FN Spon, London : pp 59-126.

Cummins K.W., 1973. Trophic Relations of Aquatic Insects. Annual Review of Entomology, 18: pp 183-206.

Cummins K. W. & Klug M. J., 1979. Feeding ecology of stream invertebrates.Annual Review in Ecologie and Systématiques, 10 : pp 147-172.

Dahel R., (2015) : Le parc national de Chréa une aire protégée à influence régional. Revue agrobiologia ; N°7 : pp 5-14.

Dajoz R., 1985. Répartition géographique et abondance des espèces du genre Triplax Herbst (Coléoptères, Erotylidae). L'Entomologiste, 41(3): pp 133-145.

Dallas H. F., 2007. The influence of biotope availability on macroinvertebrate assemblages in South African rivers: implications for aquatic bioassessment, 52: pp 370-380.

DGF., (2006). Atlas des parcs nationaux algériens : pp 38-47.

Dument B., 2008. Les changements dans les écosystèmes fluviaux. Colloque hydroécologique 2008- Clamart. Durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée),

Dynesius M. & Nilsson C., 1994. Fragmentation et régulation du débit des systèmes fluviaux dans le tiers nord du monde. Science, 266 5186 : pp753-762.

Echaubardm. & Neveau A., 1975. Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couze Pavin (Puy-de-Dôme), dues aux pollutionsagricoles et urbaines. Ann. Sta. Biol. Besse-en-Chandesse, 9 : pp1-24.

Elouard J. M., (1981). Insectes, Introduction et clé des ordres. In Durand J.R. et Lévêque C. (eds.), Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, Tome II. Editions de l'ORSTOM, Paris, France : pp391-402.

Engelhardt W.P., Jürging J., Pfadenhauer. & Rehfeld K., 1998. « De la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares : les plantes et les animaux des eaux de chez nous : introduction à la vie des eaux intérieures ». Vigot.

Faessel B., 1985. Les Trichoptères, Données biologiques, éthologiques et écologiques, Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France. Ministère de l'Agriculture- Laboratoire d'Hydroécologie du CEMAGREF– Bull. Fr. Pêche et Piscic, Lyon. 299 p.

Faurie C., Ferra C., Medori P., Devaux J. & Hemptinne J.L., 2003. Écologie : approche scientifique et pratique. 5éme édition, Lavoisier technique et documentation, Paris. 407 p.

Forcellini M., Mathieu C. & Mérigoux S., 2012. Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion. 129 p.

Gagnon & Pedneau., 2006 : Gagnon E et Pedneau J. 2006. Survol Benthos, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau.1eme éd : CVRB, Québec. Canada, 25 p.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques. 2èm édition, Technique & Documentation -Lavoisier, Paris. 220 p.

Genin B., Chauvin C. & Menard F., 2003. Cours d'eau et indices biologique. Pollution méthodes-IBGN.2éme édition educagri. 215 p.

Gessner MO., Chauvet E., Dobson M., 1999. A perspective on leaf litter breakdown in streams. Oikos, 85 : pp 377 – 384.

Gibert J., 1986. Ecologie d'un système karstique jurassien. Hydrogéologie, dérive animale, transits de matière, dynamique de la population de Niphargus (crustacé Amphipode). Thèse de Doctorat d'état ès Sciences, UCBL Lyon I, 327p.

Giudicelli J., Dakki M. & Dia A., 1985. Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22 : pp 2094-2101.

Goaziou Y., 2004. Méthodes d'évaluation de l'intégrité biologique des plantes aquatiques à partir des macroinvertébrés- Rapport d'étape, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, doc N°ENV/2004/0158, Collection N°QE/146 :37P.

Graça A. S., Ferreira W.R., Firmiano K., França J., Callisto M., 2015. Macroinvertebrate identity, not diversity, differed across patches differing in substrate particle size and leaf litter packs in low order, tropical Atlantic forest streams.Limnetica ,34 : pp29-40.

Gretia., 2009.- Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395 pp.

Hamimeche M., (2007) : Relation végétation- avifaune dans le secteur est (Hammem Melouane) du parc national de Chréa (wilaya de Blida). Mémoire de magister, Institut national agronomique El Harrach-Alger,116p.

Haouchine S., 2011, Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie, Mémoire de Magister, Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie, 157 p.

Heritters., 2007.-Parc nationaux entre conservation durable et développent local 3Ed. Géo carrefour V :82/4 : pp171-175.

Himmi O., Dakki M., Trari B. & Elagbani M.A., 1995. Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec des données biologiques et écologiques. Trav Inst Sci Sér Zool Rabat : pp 44-55.

Jones J.I., Murphy J.F., Collins A.L., Sear D.A., Naden P.S. & Armitage P.D., (2012). The impact of fine sediment on macro-invertebrates: A review and meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 49(4) : pp 963–973.

Kadik B., 1983. Contribution à l'étude du pin d'alep (pinus halepensis mill.) En Algérie écologie, dendrométrie, morphologie. Université paul, cézanne. Available from http://worldcat.org /z-wcorg/ data base.623p.

Khalaf G., 2009. Caractérisation et corrélation des paramètres biotiques et abiotiques des eaux du Nahr el Bared. Lebanese Science Journal, 10(1) : pp 3-21.

Killian CH. & Martin M., 1957. Érosion, humification, respiration des sols dans le massif de Chréa. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 48 (5-6) : pp385-402.

Leclercq M., 1971. « Les mouches nuisibles aux animaux domestiques ». Un problème mondial, Vander. Bruxelles.

Lévêque C.& Mounoulou J.C., 2001. Biodiversité, dynamique biologique et conservation. DUNOD. 248 p.

Lewis P.A., Klemm D.J. & Thoeny W.T., 2001. Perspectives on use of amultimetric lake bio assessment integrity index using benthic macroinvertebrates. Northeastern Naturalist, 8(2) : pp 233-246.

Mathieu R., 1995. Biologie campbell. PERSON Québec. Canada.

MC Gavin G., 2000. Insectes, Araignées et autres arthropodes terrestres. Larousse bordas. Paris. 120p.

Merritt R.W., Cummins K.W. & Berg M.B., (1996). An introduction to the Aquatic Insects of North America, 4ème édition Dubuque, Iowa, Kendall/HuntPublishing Company, 1158 p.

Merritt R.W., Cummins K.W. & Berg M., (eds.)., 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 5ème édition. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company. 1214 p.

Micha J.C. & Noiset., 1982. Évaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques. 5(01) : 143 p.

Moisan J. & Pelletier L., 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés brés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec. Canada. 86 p.

Moisan J., 2010. Guide d'identification des principaux macro invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 86 p.

Moisan J., Gagnon E., 2006. « Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec : surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds ». Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs.

Moubayed Z., 1986. Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trios réseaux hydrographiques du Liban : l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorat es Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 496 p

Moulton S. R. II., Kennen J. G., Goldstein R. M. & Hambrook J. A., 2002. Revised Protocols for Sampling Algal, Invertebrate, and Fish Communities as Part of National Water-Quality Assessment Program, Reston (Virginia), USGSOpen-file-report 02-150, 75 p.

Mouthon J., 1993. Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. Bulletin Français de la Pêche et de Pisciculture, 331 : pp397-406.

Neveu A., (2001). Les invertébrés aquatiques, bioindicateurs de perturbations.

Parinet B., Alhote B., Legueb M. & Gboungue., 2000. Etude analytique et statistique d'un système lacustre soumis à divers processus d'eutrophisation-revu des sciences de l'eau. Vol 13(3): pp 237-267.

Peguy C.H., 1970. Précis de Climatologie. Masson et Cie. Paris... Populations d'olives locales. Thèse Magister. Agronomie. INA, El harrach, Procédés D'élaboration des olives de table. Bulletin mensuel d'information,444p.

Pelletier L., 2002. Le bassin versant de la rivière Saït-Maurice : communautés bénéfiques et intégrité biologique du milieu, 1996, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, doc. ENV/2002/0291, rapport LA/2002-02,85p et 4 annexes.

Pgpnc. ,2000–Plan de gestion l. La période quinquennale 2000- 2005.Parc National de Chréa.160p.

Pgpnc., 2010 – Plan de gestion III. Période quinquennale 2010 2014. Parc national de Chréa. 60 ppcn.

PLANS DE GESTION DU PNC., 2019 et 2014 : PGP3 et PGB4.parc national de chréa blida.

PNC (Parc National de Chréa)., 2006. Plan de gestion du parc national de Chréa (Blida). 203 p.

PNC., 2013.Parc National de Chréa, évaluation des plans de gestion I-II-III- élaboration de aplan de gestion IV : DIRECTION GENERALE DES FORETS,81p.

PNC., 2014. Parc National de Chréa, rapport d'activité annuel. 15p.

PNC (Parc National de Chréa)., 2022. Plan de gestion du parc national de Chréa (Blida). 81 p.

Ramade F., (2003). Elément d'écologie (écologie fondamental) 4éme : Dunod, paris

Richoux P.H., 1982. Introduction pratiques à la systématique des organismes des eaux continentales français. Coléoptères aquatiques (genre ; adultes et larves). Bulletin de la société linnéenne de Lyon. 51e année, 4 : pp 104-301.

Rivosecchi L., 1984. Ditteri (Diptera). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, 28. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/206, Verona : pp 1-177.

Rodier J., Bazin C., Broutin J., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, l'eau de mer. Chimie, physico-chimie, bactériologie. 8 ème Edition DUNOD, paris. 1384 p.

Rosenberg D.M. & Resh V.H., 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg D.M. & Resh V.H. (eds.), Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York: pp 1-9.

Schuurkes J.A.A.R. & Mosello R., 1988. The role of external ammonium inputs in freshwater acidification. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, 50 : pp 71- 86.

Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et de phys. Du globe. Univ. Alger. P 219.

Southwood., 1977 Habitat, the templet for ecological stratigies. Journale of Animal écologie, 46: pp 337- 365.

Smith D. G., 2001. Pennak's Freshwater Invertebrates of the United States: Porifera to Crustacean, 4th Edition, New York, John Wiley & Sons, Inc., 648 p.

Stewart P., 1969. Un nouveau Climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. Le Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord, 65 : pp 1-2.

Studemann D., Landolt P., Sartori M., Hefti D., Tomka I., 2010: Ephemeroptera. Schweizerische Entomologische Gesellschaft SEG (Ed.). Insecta Helvetica Fauna 9: 173 p.

Suberkropp K, 1998., Effect of dissolved nutrients on two aquatic hyphomycetesgrowing on leaf litter. Mycological Research, 102(8) : pp 998-1002.

Tachet H., Bournaud M. & Richoux P., 1987. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). 3ème Edition. 155 p.

Tachet H., Bournaud M., Richoux P., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. 4 ème Ed Association française de limnologie. Paris. 151 p.

Tachet H., Richoux P., Bournard M. & Usseglio-Polatera P., 2010. Invertébrés d'Eau Douce : Systématique, Biologie, Ecologie. Edition CNRS, Paris. 588 p.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P., 2000. Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, écologie. CNRS EDITIONS, Paris, France. 588 p.

Tenkiano N., 2017. Macro invertébrés benthiques et hyphomycètes aquatiques : diversité et implication dans le fonctionnement écosystémique des cours d'eau de Guinée. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 249 p.

Thinthoin R., 1984. Les aspects physiques du tell oranais. Essai de morphologie de pays semi-aride : ouvrage publié avec les concours du C.N.R.S. Ed. L. Fouque, P 63k9.

Thirion C., 2007. Module E. Macroinvertebrate Response Assessment Index in River Eco Classification: Manual for Eco Status Determination (version2). Joint Water Research Commission and Department of Water Affairs and Forestry report. WRC Report No. TT332/08.Water Research Commission, Pretoria. 43p.

Tuffery G. &Verneaux J., 1967. Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codée par les inventeurs de la croûte terrestre. Tra. Div. Qual. Eaux P. Pics., C.T.G.R.E.F. 23p. Univ. Paul Sabatier, Toulouse.61P.

Usseglio-Polatera P., Bournaud M., Richoux P. & Tachet H., 2000. Biological and ecological traits of benthic freshwater Macroinvertebrates: relationships and defi nition of groups with similar traits. Freshw.Biol. 43: pp 175-205.

Vanden Bossche J.P., Everaerts-Poll M. & Lhoir L., (2009). Evaluation biologique de la qualité des eaux, Centre technique et pédagogique de l'Enseignement de la Communauté française et DEMNA, DGARNE, Service public de Wallonie, ISBN 978- 2-87344-631-4, 118 p. + 6 cartes,

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E., 1980. The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and AquaticSciences, 37(1): pp 130-137.

Verma P. & Ratan J.K., 2022. Chapter 5 - Assessment of the negative effects of various inorganic water pollutants on the biosphere—an overview. In: Devi P, Singh P. & Kansal S.K. (eds.), Inorganic Pollutants in Water. Elsevier : pp 73-96.

Verneaux J., 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Mdm. No 84 de la Fac. Sc. Besançon et A.O. 8923 au CNRS. 257 p.

Vernaux J., 1980. Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales : Les méthodes biologiques de base. Éd. Gauthier- Villars (Paris) . 345 P.

Verneaux J. & Faessel B., 1976. Larves du genre Hydropsyche (Trichoptères Hydropsychidae). Taxonomie, données biologiques et écologiques. International Journal of Limnology, 12 : pp 7-16.

Vernaux J., Faessel B. & Malesieu M., 1976. Note préliminaire sur la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. Trav. Laboratoire. Hydrobiol., Univ. Transmission et CTGRFF, transmission. 40 P.

Verneaux J. & Coll., 1982. Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualitédes eaux courantes. Un indice biologique de qualité générale (IBG). Ann. Sc. Univ.Franche-Comté Besançon, Biol. anim., 4(3) : pp 11-21.

Vinçon., 1987. Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance de cours d'eau de montagne. Thèse de Docteur Ingénieur. Univer. Paul Sabatier, Toulouse. 381 p.

Vitte B. & Thomas A.G.B., 1988. Compléments et corrections à la faune des Ephéméroptères d'Afrique du Nord. 3. Ecdyonurus ifranensis n. sp. Du Moyen Atlas marocain (Ephemeroptera). Annales de Limnologie - International Journal of Limnology, 24 (3) : pp 270-273.

Walley W.J. & Hawkes H.A., 1997. A computer-based reappraisal of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, site type and indicator value. Water Research 31 (2): pp 201-210.

Webster J. R. & Benfield E.F., 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. Annual review of ecology and systematics. pp (567-594).

Weiner E.R., 2008. Applications of environmental aquatic chemistry: a practical guide. 2nd Edition,CRC press. 456 p.

Yasri N., 2009. Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du MazafranMémoire de Magister, U.S.T.H.B. Alger. 96 p.

Sources internet

[Https://www.cheran.fr/suivi-du-cheran-et-desaffluents/qualite-des-eaux/les- invertébrés]

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Tableau des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée sur différents sites en Mars et Avril.

	S1		Mz		Zn		Mj		S2	
	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril	Mars	Avril
T (°C)	10	16	8	13	7	12	7	12	8	11
pH	7,35	7,30	8,26	7,33	7,94	7,16	8,15	7,31	7,98	7,23
CE (µS/cm)	2740	2040	676	706	1198	1040	533	487	646	718
Sal (g/l)	1,5	1,2	0,1	0,1	0,5	0,4	0,1	0	0,1	0,2
Cl^- (mg/l)	427,98	295,36	79,52	44,02	79,52	44,02	56,8	31,24	85,2	48,28
PO_4^{3-} (mg/l)	0,39	0,40	0,12	0,12	0	0	0	0	0	0
NO_3^- (mg/l)	11,08	36,50	5,01	8,58	1,5	1,16	1,24	1,53	2,43	3,61
NO_2^- (mg/l)	1,68	Hors gamme	0,05	0,05	0	0	0	0,005	0	0,14
NH_4^+ (mg/l)	Hors gamme	Hors gamme	0	0,023	0	0	0	0	0	0,075
SO_4 (mg/l)	1003,4	876	150	173	306	376	127	123	179	201

Annexe 2 : Variations mensuelles de l'abondance des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Chiffa : Résultats de Novembre 2024.

Rangs taxonomiques				**29 novembre 2024**				
Classes	**Ordres**	**Familles**	**Genres**	**S1**	**Mz**	**Zn**	**Mj**	**S2**
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia*		60			
Oligochaeta	Crassiclitellata	Lumbricidae						
Hirudinea	Gnathobdellida	Erpobdillidae	*Dina*		1			
			Erpobdella	1	1			
Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	*Physa*		1			
Crustacea	Decapoda	Atyidae	*Atyaephyra*	1		2		
Insecta	Diptera	Chironomidae						
		Anthomyidae	*Limnophora*					
		Simuliidae	*Simulium*	62	174	15	10	120
		Tabanidae	*Tabanus*	3	1			
		Tipulidae	*Tipula*		1	10	11	5
		Limoniidae	*Hexatoma*					
			Dicranota					
		Syrphidae			1			
		Athericidae	*Atherix*		5	1		2
			Atrichops				2	
		Stratiomyidae	*Stratiomys*					
	Plecoptera	Capniidae	*Capnioneura*	4			5	
			Capnia	1		18	60	10
	Ephemeroptera	Baetidae	*Acentrella*					
			Baetis	20	80	7	10	180
			Procloeon			3		
		Caenidae	*Caenis*	150		9		2
		Heptageniidae	*Ecdyonurus*			9		
		Leptophlebiidae	*Choroterpes*					
			Habrophlebia					
		potamanthidae	*potamanthus*					
	Coleoptera	Gyrinidae	*Aulonogyrus*	1				
			Gyrinus			3		1
		Scirtidae	*Cyphon*					
	Trichoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche*	31	1	80	45	10
			Cheumatopsyche					
		Rhyacophilidae	*Rhyacophila*					
			Hyperhyacophila					
		Polycentropodidae						
	Odonata	Gomphidae	*Gomphus*					
			Onychogomphus	4			1	1
			Ophiogomphus				2	
		Platycnemididae	*Platycnemis*					
		Calotpterygidae						

Annexe 3 : Variations mensuelles de l'abondance des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Chiffa : Résultats de mars 2025.

Rangs taxonomiques				**8 mars 2025**				
Classes	**Ordres**	**Familles**	**Genres**	**S1**	**Mz**	**Zn**	**Mj**	**S2**
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia*					
Oligochaeta	Crassiclitellata	Lumbricidae			6		1	
Hirudinea	Gnathobdellida	Erpobdillidae	*Dina*	12				2
			Erpobdella					
Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	*Physa*					
Crustacea	Decapoda	Atyidae	*Atyaephyra*		4			
Insecta	Diptera	Chironomidae				5		
		Anthomyidae	*Limnophora*					
		Simuliidae	*Simulium*	35	50	4	30	41
		Tabanidae	*Tabanus*		2	1		
		Tipulidae	*Tipula*			6		
		Limoniidae	*Hexatoma*		1			
			Dicranota				5	7
		Syrphidae						
		Athericidae	*Atherix*					
			Atrichops		3		5	
		Stratiomyidae	*Stratiomys*			1		
	Plecoptera	Capniidae	*Capnioneura*		3	2	4	
			Capnia				15	
	Ephemeroptera	Baetidae	*Acentrella*		150		17	10
			Baetis	305	320	25	66	120
			Procloeon			2		
		Caenidae	*Caenis*	17		50	1	
		Heptageniidae	*Ecdyonurus*			14	6	7
		Leptophlebiidae	*Choroterpes*			1		
			Habrophlebia					
		potamanthidae	*potamanthus*					
	Coleoptera	Gyrinidae	*Aulonogyrus*			5		7
			Gyrinus					
		Scirtidae	*Cyphon*				1	
	Trichoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche*	6	11	36	8	17
			Cheumatopsyche		3	3		
		Rhyacophilidae	*Rhyacophila*		1			
			Hyperhyacophila					
		polycentropodidae						
	Odonata	Gomphidae	*Gomphus*					
			Onychogomphus		**1**	3		2
			Ophiogomphus					
		Platycnemididae	*Platycnemis*			3		
		Calotpterygidae					1	

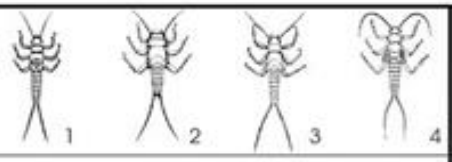
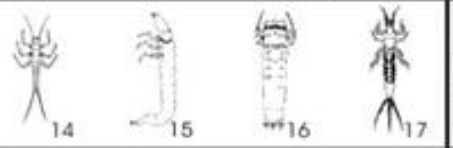
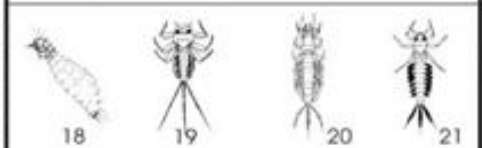
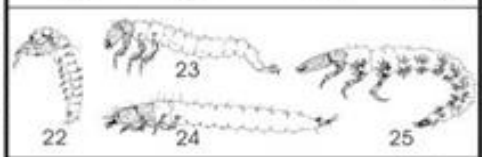
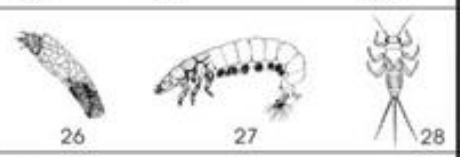
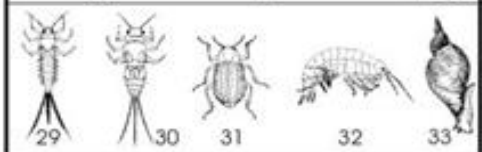
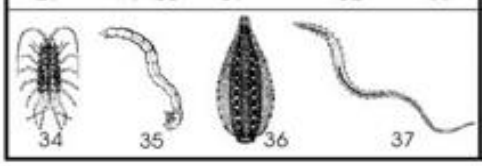
Annexe 4 : Variations mensuelles de l'abondance des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Chiffa : Résultats de Avril 2025.

Rangs taxonomiques				**24 avril 2025**				
Classes	**Ordres**	**Familles**	**Genres**	**S1**	**Mz**	**Zn**	**Mj**	**S2**
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia*					
Oligochaeta	Crassiclitellata	Lumbricidae						
Hirudinea	Gnathobdellida	Erpobdillidae	*Dina*	5				2
			Erpobdella					
Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	*Physa*					
Crustacea	Decapoda	Atyidae	*Atyaephyra*					
Insecta	Diptera	Chironomidae			5	10		3
		Anthomyidae	*Limnophora*		3			
		Simuliidae	*Simulium*	300	200		25	300
		Tabanidae	*Tabanus*	2				
		Tipulidae	*Tipula*		15	10	3	12
		Limoniidae	*Hexatoma*		4			
			Dicranota					
		Syrphidae						
		Athericidae	*Atherix*				6	
			Atrichops					
		Stratiomyidae	*Stratiomys*					
	Plecoptera	Capniidae	*Capnioneura*					
			Capnia				10	
	Ephemeroptera	Baetidae	*Acentrella*				65	
			Baetis	80	260	5	50	40
			Procloeon					
		Caenidae	*Caenis*	60	180	150	30	6
		Heptageniidae	*Ecdyonurus*		7	27	6	1
		Leptophlebiidae	*Choroterpes*			21		
			Habrophlebia		3			
		potamanthidae	*potamanthus*		2			
	Coleoptera	Gyrinidae	*Aulonogyrus*		10			
			Gyrinus					
		Scirtidae	*Cyphon*		5	2	5	
	Trichoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche*		55	33	1	10
			Cheumatopsyche		1	2		
		Rhyacophilidae	*Rhyacophila*					
			Hyperhyacophila		1			
		polycentropodidae					1	
	Odonata	Gomphidae	*Gomphus*	3		2		
			Onychogomphus	2		21		
			Ophiogomphus					
		Platycnemididae	*Platycnemis*					
		Calotpterygidae						

Annexe 5 : Occurrence des taxons récoltés dans l'oued Chiffa.

CLASSE	ORDRES	FAMILLES	Genres	Occurrence (%)
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia*	6.66 %
Oligochaeta	Crassiclitellata	Lumbricidae		13.33%
Hirudinea	Gnathobdellida	Erpobdillidae	*Dina*	33.33%
			Erpobdella	13.33%
Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	*Physa*	6.66%
Crustacea	Decapoda	Atyidae	*Atyaephyra*	20%
Insecta	Diptera	Chironomidae		26.66%
		Anthomyidae	*Limnophora*	6.66%
		Simuliidae	*Simulium*	93.33%
		Tabanidae	*Tabanus*	33.33%
		Tipulidae	*Tipula*	60%
		Limoniidae	*Hexatoma*	33.33%
			Dicranota	13.33%
		Syrphidae		6.66%
		Athericidae	*Atherix*	26.66%
			Atrichops	20%
		Stratiomyid	*Stratiomys*	6.66%
	Plecoptera	Capniidae	*Capnioneura*	33.33%
			Capnia	40%
	Ephemeroptera	Baetidae	*Acentrella*	26.66%
			Baetis	100%
			Procloeon	13.33%
		Caenidae	*Caenis*	73.33%
		Heptageniidae	*Ecdyonurus*	53.33%
		Leptophlebiidae	*Choroterpes*	13.33%
			Habrophlebia	6.66%
		Potamanthidae	*Potamanthus*	6.66%
	Coleoptera	Gyrinidae	*Aulonogyrus*	26.66
			Gyrinus	13.33%
		Scirtidae	*Cyphon*	26.66%
	Trichoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche*	93.33%
			Cheumatopsyche	26.66%
		Rhyacophilidae	*Rhyacophila*	6.66%
			Hyperhyacophila	6.66%
		polycentropodidae		6.66%
	Odonata	Gomphidae	*Gomphus*	13.33%
			Onychogomphus	53.33%
			Ophiogomphus	6.66%
		Platycnemididae	*Platycnemis*	6.66%
		Calotpterygidae		6.66%

Annexe 6 : Valeurs de l'IBGN selon le groupe faunistique indicateur et la variété taxonomique des macroinvertébrés benthiques.

MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES — Taxon indicateur		CLASSE DE VARIÉTÉ — VARIÉTÉ TAXONOMIQUE												
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	N° GI	> 50	49 45	44 41	40 37	36 33	32 29	28 25	24 21	20 17	16 13	12 10	9 7	6 4	3 1
	1 Chloroperlidae 2 Perlidae 3 Perlodidae 4 Taeniopterygidae	9			20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
	5 Capniidae 6 Brachycentridae 7 Odontoceridae 8 Philopotamidae	8		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
	9 Leuctridae 10 Glossosomatidae 11 Goerinae (Limnephilidae) 12 Beraeidae 13 Leptophlebiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
	14 Nemouridae 15 Lepidostomatidae 16 Sericostomatidae 17 Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
	18 Hydroptilidae 19 Heptagenidae 20 Polymitarcyidae 21 Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
	22 Leptoceridae 23 Polycentropodidae 24 Psychomyiidae 25 Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
	26 Limnephilidae* 27 Hydropsychidae 28 Ephemerellidae*	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	29 Baetidae* 30 Caenidae* 31 Elmidae* 32 Gammaridae* 33 Mollusca	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
	34 Asellidae* 35 Chironomidae* 36 Hirudinea 37 Oligochaeta*	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de l'Environnement

* taxons représentés par au moins 10 individus, les autres par au moins 3 individus
N° GI : groupe faunistique indicateur

ADAPTÉ DE : Institut d'Hygiène et d'Épidémiologie, section Eau (G. Vanhooren, F. Dubbelaere), rue Juliette Wytsman 14, 1050 BRUXELLES
ET DE : Association française de normalisation, détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) NTF 90-350, 1992

Annexe 7 : Groupes trophiques de la faune benthique (établis à partir de Cummins, 1973).

PLECOPTERES	
Chloroperlidae	P
Perlidae	P
Perlodidae	P
Taeniopterygidae	D
Leuctridae	D
Nemouridae	D

EPHEMEROPTERES	
Leptophlebiidae	C
Ephemeridae	C
Heptageniidae	R
Ephemerellidae	CR
Baetidae	CR
Caenidae	CR
Oligoneuriidae	C

TRICHOPTERES	
Brachycentridae	C
Odontoceridae	DP
Philopotamidae	C
Glossosomatidae	R
Beraeidae	R
Goeridae	R
Lepidostomatidae	D
Sericostomatidae	D
Hydroptilidae	D
Leptoceridae	D
Polycentropodidae	P
Psychomyiidae	C
Rhyacophilidae	P
Limnephilidae	D
Hydropsychidae	C
Ecnomidae	P
Molannidae	P

COLEOPTERES	
Elmidae	R
Dryopidae	P
Dytiscidae	P
Gyrinidae	P
Haliplidae	R
Helodidae	R
Hydraenidae	R
Helophoridae	R
Hydrophilidae	P
Limnebiidae	R
Psephenidae	R

ODONATES	
Lestidae	P
Libellulidae	P
Platycnemididae	P
Aeschnidae	P
Calopterygidae	P
Coenagrionidae	P
Cordulegasteridae	P
Gomphidae	P

DIPTERES	
Chironomidae	X
Athericidae	P
Blephariceridae	R
CeratopogonIdae	C
Chaoboridae	P
Culicidae	C
Dixidae	R
Dolichopodidae	P
Empididae	P
Ephydridae	D
Limoniidae	P
Muscidae	P
Psychodidae	C
Rhagionidae	P
Simuliidae	C
Stratiomyidae	C
Ptychopteridae	C
Tabanidae	P
Tipulidae	D

HETEROPTERES	
Aphelocheiridae	P
Corixidae	R
Gerridae	P
Veliidae	P
Hydrometridae	P
Mesoveliidae	P
Hebridae	P
Nepidae	P
Notonectidae	P
Pleidae	P

PLANIPENNES	
Osmylidae	P

MEGALOPTERES	
Sialidae	P

HYMENOPTERES	P

LEPIDOPTERES	D

CRUSTACES	
Gammaridae	D
Asellidae	D

MOLLUSQUES	
Ancylidae	R
Sphaeriidae	C
Unionidae	C
Valvatidae	R
Viviparidae	R
Bithynidae	R
Hydrobiidae	R
Lymnaeidae	R
Margaritiferidae	C
Neritidae	R
Physidae	R
Planorbidae	R

TRICLADES	
Dugesiidae	P
Planariidae	P

ACHETES	
Erpobdellidae	P
Glossiphonidae	P
Piscicolidae	P
Hirudidae	P

NEMATHELMINTES	X

OLIGOCHETES	X

HYDRACARIENS	X

HYDROZOAIRES	P

C = collecteur
CR = collecteur-racleur
D = déchiqueteur
DP = déchiqueteur-prédateu
P = prédateur
R = racleur
X = indifférencié