

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité/Option : Biodiversité et Environnement
Département : Écologie et Génie de l'Environnement

Thème :

La biodiversité des macroinvertébrés benthiques dans la région de Guelma (Oued Charef)

Présenté par :

○ SEMAALI Chayma

Devant le jury composé de :

- | | | | |
|---------------|-------------------|-------|----------------------|
| ▪ Président : | SAMRAOUI Farah | Pr | Université de Guelma |
| ▪ Examineur : | NEDJAH Riad | Pr | Université de Guelma |
| ▪ Encadreur : | ATHAMNIA Mohammed | M.C.A | Université de Guelma |

Juin 2025

Remerciement

Je remercie Dieu Tout-Puissant pour la force, la détermination et la patience qu'Il m'a accordées afin de mener à bien ce modeste travail.

J'ai l'honneur d'adresser mes sincères remerciements à **Madame Samraoui**, Professeure à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury de ce travail.

J'exprime également toute ma gratitude à **Monsieur Nedjah**, Professeur à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma, pour avoir accepté d'évaluer ce projet et pour la richesse de ses remarques et de ses observations scientifiques. Mes remerciements les plus profonds vont à **Monsieur Athamnia Mohammed**, Maître de conférences classe "A" à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma, pour m'avoir encadrée tout au long de ce travail. Son accompagnement constant, ses conseils avisés, ainsi que sa disponibilité malgré ses nombreuses responsabilités, ont grandement contribué à la réalisation de ce projet. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance la plus sincère.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde reconnaissance à l'ensemble des enseignantes et enseignants qui ont contribué à ma formation tout au long de mon parcours universitaire. Enfin, je remercie chaleureusement tout le personnel du laboratoire d'hydrobiologie, ainsi que les agents du département d'écologie, pour leur aide précieuse et leur accueil bienveillant.

Dédicace

À ma chère mère et à mon cher père,
Vous avez toujours cru en moi, accompagné chacun de mes pas, et porté mes rêves
avant même que j'ose les exprimer...
Ce travail est le fruit de vos sacrifices, de vos prières silencieuses, et de votre amour
inconditionnel.
Je vous dédie chaque ligne, chaque effort, chaque réussite...
Merci pour tout.

À ma cousine Rahma,
Merci pour ta gentillesse, ta présence réconfortante, et tes mots qui ont toujours été
un baume au bon moment.
Merci du fond du cœur pour tes efforts sincères qui ont touché mon cœur et m'ont
accompagnée tout au long de cette étape.
Ta présence a été un soutien inoubliable.

À mon amie Asma,
Complice de chaque étape, de chaque fatigue, et de chaque sourire...
Merci pour ta présence authentique et ta loyauté sincère.
Ton soutien a été inestimable et un véritable pilier durant ce parcours.

À Bouchra, Nahla, Randa, Abir, Salsabil et Yasmine,
Merci pour chaque moment sincère, pour tout le soutien offert avec affection et
bienveillance.

Enfin, un remerciement spécial à toute ma famille et à mes amis,
À tous ceux qui m'ont soutenue,
À ceux qui ont prié pour moi, et m'ont encouragée par un mot ou un geste.
Votre bonté m'a profondément aidée, et votre présence est un trésor inestimable
dans ma vie.

**...Et à tous les enfants de Gaza, et aux âmes des martyrs,
toute ma miséricorde et ma fidélité.**

Liste des figures

Figure 1 : Larve d'Ephéméroptères	6
Figure 2 : Larve et étui des Trichoptères.	8
Figure 3 : Larves de Diptères.	9
Figure 4: Morphologie générale des larves d'Odonates.....	10
Figure 5: Morphologie de la coquille des Mollusques (Mary, 2017).	12
Figure 6: Morphologie typique d'un crustacé amphipode.....	12
Figure 7: Localisation géographique de la wilaya de Guelma	18
Figure 8 : Carte géographique de Wilaya de Guelma	18
Figure 9: Variations mensuelles des précipitations (mm), Années 1994-2021.....	20
Figure 10: Courbe d'évaluation des températures à la station météorologique de Guelma (1994-2021).....	21
Figure 11 : Evaluation mensuelle des humidités relatives à la station météorologique de Guelma (1994-2021)	21
Figure 12: Diagramme de Bagnouls et Gaussen à la station météorologique de Guelma (1994 –2021).....	23
Figure 13: Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger.	23
Figure 14: Réseau hydrographique des sous-bassins de la Seybouse.	25
Figure 15: Localisation des stations d'échantillonnage	27
Figure 16: Vu générale de la station 1.....	28
Figure 17: Vu générale de la station 2.....	28
Figure 18: Vu générale de la station 3.....	28
Figure 19 : Le matériel utilisé au laboratoire.....	33
Figure 20 : Localisation des stations d'échantillonnage.....	34
Figure 21: Méthode d'échantillonnage de la faune en zone humide.....	35
Figure 22: Le tri préliminaire des échantillons..	36
Figure 23: Le tri et l'identification des échantillons.	36
Figure 24: Prélèvement des paramètres physico-chimiques..	39
Figure 25: Variation mensuelle de la température des trois stations.....	43
Figure 26: Variation mensuelle du pH des trois stations.	44
Figure 27: Variation mensuelle d'oxygène dissous des trois stations.....	45
Figure 28: variation mensuelle de la conductivité des trois stations.....	46
Figure 29: Variation mensuelle de la salinité des trois stations.	46

Figure 30: Variation de la vitesse en fonction de la station.	47
Figure 31: Répartition globale des principaux embranchements de macroinvertébrés	49
Figure 32: Répartition globale des principaux classes de macroinvertébrés.	49
Figure 33: Abondance de la faune globale des macroinvertébrés dans la zone d'étude.	50
Figure 34: Répartition globale des taxa faunistiques dans les trois stations.	51
Figure 35: Composition taxinomique de la faune benthique dans la station A.	51
Figure 36: Composition taxinomique de la faune benthique dans la station B.....	53
Figure 37: Composition taxinomique de la faune benthique dans la station C.....	53
Figure 38: L'abondance totale des taxa faunistique.....	54
Figure 39: L'abondance taxinomique des éphéméroptères.....	55
Figure 40: L'abondance taxinomique des diptères	55
Figure 41: L'abondance totale de taxa faunistique.	56
Figure 42: L'abondance des macros invertébrées en Février.....	56
Figure 43: L'abondance des macros invertébrées en Mars.	57
Figure 44: L'abondance des macros invertébrées en Avril.....	57
Figure 45: La richesse spécifique générale des stations.....	59
Figure 46: Variation mensuelle de la richesse spécifique par station.	59
Figure 47: Variation de l'indice de Shannon entre les stations étudiées.	61
Figure 48: Variation des indices de Shannon et d'Equitabilité.	61

Tableau 1 : Température mensuelles moyennes à la station de Guelma entre	20
Tableau 2: Variation des précipitations moyennes mensuelles a la station de Belkhir	20
Tableau 3: Variation moyenne mensuelle de l’humidité relative de la station de Guelma. ...	20
Tableau 4: Les différents paramètres de la formule du Climagramme d'Emberger d'après les données météorologiques de la station de Belkhir (2002/2018).)	22
Tableau 5: Répartition des sous-bassins d’Oued Charef	26
Tableau 6: Barrages du bassin d’Oued Charef.	26
Tableau 7: Retenues collinaires du bassin d’Oued Charef.	26
Tableau 8: Chick-list des taxons faunistiques récoltés durant la période d’étude.	48
Tableau 9: Variation de la richesse spécifique par station.....	58

Résumé

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une évaluation environnementale globale des eaux de l'Oued Charef, un cours d'eau appartenant au bassin méditerranéen.

Elle vise à analyser les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et à étudier la structure et la diversité des communautés de macro-invertébrés benthiques, durant la période allant de février à avril 2025. Le programme d'étude a été mis en œuvre sur trois stations réparties le long du cours de l'oued, dans le but de suivre les variations spatiales et temporelles de la qualité de l'eau et de les relier à la composition biologique des invertébrés. Un ensemble d'indicateurs biologiques a été adopté pour évaluer l'état écologique et biologique de l'écosystème aquatique, en tant qu'outils efficaces pour mesurer le niveau de pollution et apprécier la diversité et l'équilibre biologique du milieu.

Les résultats ont révélé une biodiversité notable, traduisant une stabilité relative des conditions environnementales. L'inventaire a permis de recenser 2235 individus répartis en 23 unités taxonomiques, ce qui témoigne d'une richesse biologique significative influencée par les facteurs environnementaux naturels du milieu aquatique étudié.

Mots-clés : biodiversité, Oued Charef, macro-invertébrés benthiques, indicateurs biologiques, analyse physico-chimique, richesse spécifique.

Abstract

This study is part of a comprehensive environmental assessment of the waters of Oued Charef, a watercourse belonging to the Mediterranean basin.

It aims to analyse the physico-chemical characteristics of the water and to examine the structure and diversity of benthic macroinvertebrate communities during the period from February to April 2025. The research program was carried out at three stations distributed along the watercourse, in order to monitor spatial and temporal variations in water quality and link them to the biological composition of invertebrates. A set of biological indicators was adopted to evaluate the ecological and biological status of the aquatic system, as effective tools for assessing pollution levels and estimating biodiversity and biological balance in the environment.

The results revealed a significant level of biodiversity, indicating relative stability in environmental conditions. The inventory recorded 2,235 individuals distributed across 23 taxonomic units, reflecting notable biological richness influenced by natural environmental factors in the studied aquatic environment.

Keywords : biodiversity, Oued Charef, benthic macroinvertebrates, biological indicators, physico-chemical analysis, species richness.

ملخص

تندرج هذه الدراسة ضمن إطار التقييم البيئي الشامل لمياه وادي الشارف، أحد المجاري المائية التابعة للحوض المتوسطي، وتهدف إلى تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، بالإضافة إلى دراسة بنية وتنوع مجتمعات اللاقاريات القاعية الكبيرة، وذلك خلال الفترة الممتدة من فيفري إلى أفريل 2025.

تم تنفيذ البرنامج الدراسي على ثلاث محطات موزعة على طول مجرى الوادي، بهدف رصد التغيرات المكانية والزمانية في نوعية المياه وربطها بالتركيبة الحيوية للاقاريات. وقد تم اعتماد مجموعة من المؤشرات الحيوية لتقييم الوضع البيولوجي والبيئي للنظام المائي، باعتبارها أدوات فعالة في قياس درجة التلوث وتقدير مستوى التنوع والتوازن البيولوجي في الوسط المائي.

أظهرت النتائج وجود تنوع بيولوجي معتبر، مما يعكس استقرارًا نسبيًا في الظروف البيئية. وقد أسفر الجرد عن إحصاء 2235 فردًا موزعين على 23 وحدة تصنيفية، مما يدل على ثراء حيوي ملحوظ ناجم عن تأثير العوامل البيئية الطبيعية في الوسط المائي المدروس.

الكلمات المفتاحية: التنوع البيولوجي، وادي الشارف، اللاقاريات القاعية الكبيرة، المؤشرات الحيوية، التحليل الفيزيائي-الكيميائي، الغنى النوعي.

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumés	
Listes des figures	
Liste de tableaux	
Table des matières	
Introduction.....	1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1.1. Les macrosinvertébrées	4
1.1.1. Définition des macros invertébrées	4
1.1.1.1. Morphologie	4
1.1.1.2. Reproduction (sexuée et asexuée)	5
1.1.2. Identification des macroinvertébrés	5
1.1.2.1. Les Éphéméroptères	6
1.1.2.2. Les Trichoptères	7
1.1.2.3. Les Diptères	8
1.1.2.4. Les Odonates	10
1.1.2.5. Les Mollusques	11
1.1.2.6. Les Crustacés	11
1.1.2.7. Les Achètes	12
1.1.3.1. Type de nourriture :	13
1.1.3.2. Mode d'alimentation :	13
1.1.3. Quel sont les enjeux de leur étude	14
1.1.4. La contribution des macros invertébrées aquatiques à la dynamique de l'écosystème	14
1.1.4.1. Les seuils de tolérance des macros invertébrées aquatiques.....	15

Chapitre 2 : Description du site d'étude

2.1. Description de la région de Guelma.....	17
2.1.1. Généralités sur la région d'étude	17

1.2. Climatologie de la région de Guelma	19
1.2.1. Climat générale.....	19
1.2.2. La température	19
1.2.3. Les précipitations.....	19
1.2.4. L'humidité	19
1.2.5. Le vent.....	22
1.2.6. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen	22
1.2.7. Climagramme d'Emberger	22
2.2. Présentation de la zone d'étude	24
2.1. Description générale d'Oued Charef	24
2.2. Description du bassin Charef	24
2.2.1. Le bassin de haut Charef.....	24
2.2.2. Le bassin de bas Charef.....	25
2.3. Localisation du site d'étude :	27

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Approche générale de l'étude	30
3.2. Matériel de terrain	31
3.3. Protocole et Stratégie d'échantillonnage	33
3.3.1. Période et caractéristique.....	33
3.3.2. Méthodologie de l'échantillonnage	34
3.3.2.1. Pré-tri et conservation	35
3.3.2.2. Tri et identification en laboratoire	36
3.3.3. Mesure des caractéristiques physico-chimiques in situ.....	37
3.3.3.1. Température de l'eau.....	37
3.3.3.2. Potentiel hydrogène (pH).....	37
3.3.3.3. Oxygène dissous (DO)	37
3.3.3.4. Conductivité électrique (EC)	38
3.3.3.5. Salinité.....	38
3.3.3.6. Total des Solides Dissous (TDS).....	38
3.3.3.7. Vitesse du courant.....	38
3.4. Analyse des données.....	39

3.4.1. Traitement statistique.....	39
3.5. Organisation et structure du peuplement	39
3.5.1. Richesse spécifique (S)	39
3.5.2. Organisation d'un peuplement.....	40
3.5.3. Structure du peuplement	40
3.5.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963)	40
3.5.5. Indice d'équitabilité de Piélou (1966)	41

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Analyse des paramètres physico-chimiques.....	43
4.1.1. Variation mensuelle de la température	43
4.1.2. Variation mensuelle du Potentiel hydrogène	44
4.1.3. Variation mensuelle de d'oxygène Dissous	44
4.1.4. Variation mensuelle de la conductivité électrique.....	45
4.1.5. Variation mensuelle de la salinité	46
4.1.6. Variation mensuelle de la vitesse de l'eau.....	46
4.2. Analyse globale de la faune benthique	47
4.2.1. L'abondance des taxa faunistique dans Les trois stations	51
4.2.2. Analyse écologique de l'abondance taxinomique des éphéméroptères et des diptères.	54
4.3. La structure d'un peuplement.....	56
4.3.1. L'abondance totale.....	56
4.3.2. L'abondance des macroinvertébrées en fonction du temps	56
4.4. La richesse spécifique	58
4.4.1. L'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité	59
Conclusion	63
Références bibliographiques.....	66

Introduction

Introduction

Les macroinvertébrés benthiques représentent l'un des groupes biologiques les plus importants utilisés dans les études écologiques contemporaines pour la surveillance et l'évaluation de l'état écologique des écosystèmes aquatiques continentaux, tels que les rivières, les cours d'eau, les lacs et les marais. Cet intérêt scientifique leur est attribué en raison d'un ensemble de caractéristiques biologiques et écologiques qui en font des outils idéaux pour le suivi des transformations affectant le milieu aquatique sous l'effet de pressions naturelles et anthropiques croissantes. En effet, ces organismes se distinguent par leur sensibilité extrême aux variations des paramètres physico-chimiques de l'eau, leur relative stabilité dans les habitats, leur faible mobilité, ainsi que leur lien direct et permanent avec le substrat benthique (USEPA, 2002 ; Pinel-Alloul *et al.*, 1996 ; Tessier *et al.*, 2008 ; Tall *et al.*, 2008). Contrairement à d'autres organismes mobiles, les macroinvertébrés reflètent fidèlement l'état écologique local, permettant ainsi de suivre l'impact des changements environnementaux cumulés sur une échelle temporelle moyenne ou longue.

L'importance des macroinvertébrés ne se limite pas à leur rôle en tant que bio-indicateurs de pollution, mais s'étend à leur capacité à répondre à l'ensemble des altérations touchant l'écosystème, qu'il s'agisse de la dégradation de la structure physique des habitats aquatiques, des modifications biologiques ou morphologiques, ou encore des changements dans l'usage des sols au niveau des bassins versants, sans oublier les effets des activités humaines telles que le pâturage, l'agriculture ou le rejet des eaux usées (Rosenberg et Resh, 1993). Leur grande diversité, ainsi que la variabilité de leur sensibilité aux polluants et aux facteurs physiques, leur confèrent un fort pouvoir discriminant permettant de classer les sites aquatiques selon leur degré de dégradation écologique, comme l'ont confirmé plusieurs études pionnières dans ce domaine (Hellawell, 1986 ; Barbour *et al.*, 1999 ; WFD, 2003).

Ces systèmes englobent une grande variété de plans d'eau, qu'ils soient naturels (oueds, rivières, lacs) ou artificiels (barrages, réservoirs, canaux d'irrigation). Il est bien établi que ces systèmes sont fortement exposés aux changements induits par les activités humaines, que ce soit à travers la pollution chimique, la surexploitation des ressources hydriques, ou la fragmentation et la dégradation des habitats naturels (Chaâfa, 2019). Cela justifie le recours à des outils d'évaluation biologique rigoureux permettant une détection précoce des déséquilibres écologiques.

Dans le Nord-est de l'Algérie, ces macroinvertébrés sont mal connus malgré les travaux menés dans quelques cours d'eau (Bouhala, 2021 ; Samraoui, 2021a ; 2021b ; 2021c). Afin de combler cette lacune, nos investigations ont porté sur Oued Charef, l'un des oueds les plus importants de la région de Guelma, mais également l'un des moins connus sur le plan de la biodiversité et du fonctionnement. Cette étude fait partie d'un programme d'étude d'inventaire de la faune de cet écosystème dominant dans la région, initié et poursuivi par le groupe Zones Humides de l'Université de Guelma.

Oued Charef est un des principaux affluent de Oued Seybouse et sa faune, principalement les macroinvertébrés, demeure complètement inconnue.

L'objectif de notre étude est de :

- Faire l'inventaire faunistique de Oued Charef ;
- Définir la phénologie des espèces animales ;
- Elaborer une typologie des stations ;
- Evaluer la qualité biologique d'Oued Charef.

La structure de ce mémoire débutera par une introduction qui sera suivie du premier chapitre : La biologie des macroinvertébrés, le deuxième chapitre "la description générale des sites d'étude", suivie du troisième chapitre qui sera réservé au matériel et méthodes utilisés.

Enfin, les résultats de ce travail ainsi que leur discussion seront présentés au quatrième chapitre et nous terminerons par une conclusion où nous ferons le point sur nos connaissances des macroinvertébrés et nous explorerons les perspectives d'avenir.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

1.1. Les macrosinvertébrés

1.1.1. Définition des macros invertébrés

Les invertébrés englobent tous les animaux dépourvus de squelette osseux ou cartilagineux (Hamzaoui, 2015). «Les macroinvertébrés benthiques» sont des organismes aquatiques sans colonne vertébrale, mesurant plus de 0,5 mm, et vivant au fond des écosystèmes aquatiques tels que les rivières et les lacs. Ils sont principalement constitués d'insectes aquatiques, ainsi que de mollusques, de vers et de crustacés (Les macro-invertébrés benthique ,2014). Les macroinvertébrés benthiques jouent un rôle clé dans les écosystèmes d'eau douce en contribuant à la décomposition organique et au transfert d'énergie entre les niveaux trophiques, illustrant la complexité des interactions écologiques dans ces milieux (Tachet *et al* ,2003). Les macroinvertébrés représentent un groupe taxonomique diversifié englobant plusieurs embranchements, leur conférant une grande capacité d'adaptation aux variations environnementales. Cette diversité en fait des indicateurs efficaces pour l'évaluation biologique et le suivi de la qualité des écosystèmes aquatiques (Rosenberg & Resh, 1993).

1.1.1.1. Morphologie

Les macroinvertébrés benthiques sont majoritairement représentés par des insectes aquatiques. On les retrouve dans le milieu aquatique sous différentes formes, selon leur cycle biologique : larve, nymphe ou adulte (Anonyme, 2014). De manière générale, leur morphologie est divisée en trois parties principales : la tête, le thorax et l'abdomen.

- **La tête** : Résultant de la fusion de six métamères (segments), cette division n'est plus visible extérieurement et prend la forme d'une capsule plus ou moins ovoïde. Elle joue un rôle central, comparable à une "tour de contrôle", en abritant les antennes, les yeux ainsi que de nombreux poils sensoriels situés sur les pièces buccales ou à d'autres endroits (Vincent, 2010).
- **Le thorax** : Constitué de trois segments, chacun portant une paire de pattes. Le premier segment, directement relié à la tête, est appelé prothorax, le second mésothorax, et le dernier, relié à l'abdomen, métathorax. Les ailes, lorsqu'elles sont présentes, sont toujours portées par le mésothorax et le métathorax (Vincent, 2010).
- **L'abdomen** : Composé généralement de 11 segments au maximum, il représente la partie la plus volumineuse du corps de l'insecte. Il contient la majorité des organes internes tels que les viscères, les structures respiratoires, circulatoires et reproductrices. Les segments qui ont disparu au niveau de la tête ou qui sont cachés par les ailes au niveau du thorax, sont bien visibles sur l'abdomen (Vincent, 2010).

1.1.1.2. Reproduction (sexuée et asexuée)

Les macroinvertébrés benthiques présentent deux modes de reproduction : sexuée et asexuée. La reproduction asexuée, fréquente chez les espèces primitives, permet la production d'un grand nombre d'individus identiques par des mécanismes tels que le bourgeonnement, la scissiparité ou la parthénogenèse. En revanche, la reproduction sexuée, plus répandue, repose sur la fécondation entre les gamètes mâles et femelles, aboutissant à la formation d'œufs ou d'embryons. Ces œufs peuvent être pondus individuellement ou regroupés en masses gélatineuses, parfois protégés par des enveloppes de résistance variable. Selon l'espèce, ils peuvent être fixés au substrat ou portés par la femelle. Le développement embryonnaire donne ensuite naissance à des larves ou des nymphes, selon le groupe taxonomique, avec parfois une phase d'attachement temporaire aux plantes aquatiques ou à d'autres organismes. Cinq grands types de reproduction ont été définis pour refléter cette diversité (Invertébrés d'eau douce, 2010).

1.1.2. Identification des macroinvertébrés

Les principaux niveaux de classification sont :

- **Règne** (animal)
- **Embranchement** (arthropodes, mollusques, annélides...)
- **Classe** (insectes, crustacés, arachnides...)
 - **Sous-classe**
- **Ordre** (Ephéméroptères, Trichoptères, Diptères...)
 - **Sous-ordre**
 - **Super-famille** (Hydrophiloidea)
- **Famille** (Ephemerellidae, Baetidae, Caenidae...)
 - **Sous-famille**
- **Genre**
- **Espèce**

1.1.2.1. Les Éphéméroptères

Les Éphéméroptères forment un ordre d'insectes hémimétaboles dont les larves vivent exclusivement en milieu aquatique. Ils représentent les insectes aquatiques les plus anciens, avec une présence fossile remontant au Carbonifère. Ils se distinguent notamment par leurs yeux composés (Tachet *et al.*, 2010), la présence de deux (rarement) ou trois prolongements caudaux (deux cerques et un paracerque) (Moisan, 2010), ainsi que des pattes munies d'une seule griffe au niveau du tarse.

On observe également des branchies abdominales, visibles surtout chez les larves plus âgées, situées latéralement ou en position latéro-dorsale (Tachet *et al.*, 2010). Les larves possèdent dix segments abdominaux bien définis (Fig.01). Leur numérotation, correspondant aussi à celle des branchies, s'effectue en partant du dixième segment, situé à l'extrémité de l'abdomen. De manière générale, les Éphéméroptères sont reconnus pour leur sensibilité à la pollution, ce qui en fait de bons bioindicateurs de la qualité de l'eau.

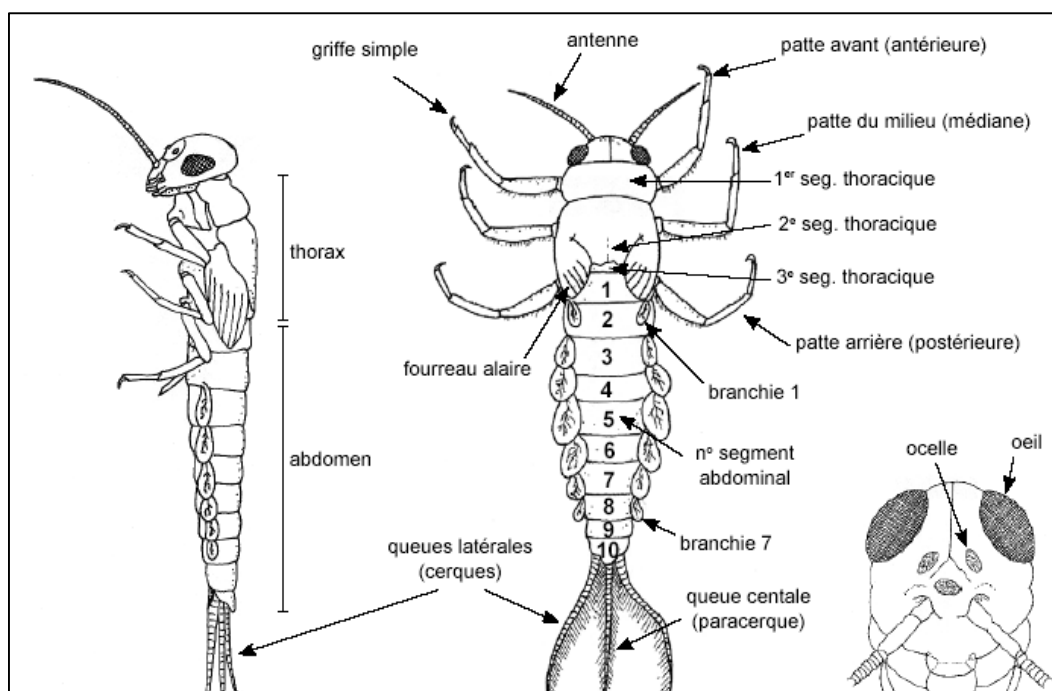


Figure 1 : Larve d'Ephéméroptères a : vue latérale, b : vue dorsale, c : tête (Moisan, 2006).

1.1.2.2. Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les stades larvaires et nymphaux se développent en milieu aquatique (Tachet *et al.*, 2010). Les larves se caractérisent principalement par la présence de deux crochets anaux situés à l'extrémité de l'abdomen, de part et d'autre ou fixés sur de fausses pattes. La tête ainsi qu'au moins un segment thoracique sont sclérifiés, c'est-à-dire durcis (Moisan, 2010). La tête entièrement sclérifiée forme une capsule céphalique ; les yeux sont réduits à de simples taches oculaires, tandis que les antennes sont généralement très courtes.

Les pièces buccales comprennent un labre et une paire de mandibules dont la morphologie varie selon le régime alimentaire. Ces mandibules portent souvent des touffes de soies sur leur face interne (Tachet *et al.*, 2010). L'abdomen est mou, semblable à celui d'une chenille, et composé de neuf segments (Fig.02). Les huit premiers segments sont toujours membraneux, tandis que le dernier (neuvième) porte souvent des crochets ou structures particulières (Moisan, 2010). Beaucoup de larves construisent un étui protecteur, appelé fourreau, constitué de matériaux variés tels que des petits cailloux ou des débris végétaux. La forme de ce fourreau varie selon les familles. Les adultes possèdent de longues antennes et deux paires de fourreaux alaires. Leurs mandibules sont généralement longues et se croisent en diagonale. De manière générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution. Cependant, certaines familles comme les Hydropsychidae montrent une tolérance moyenne à des conditions de pollution modérée.

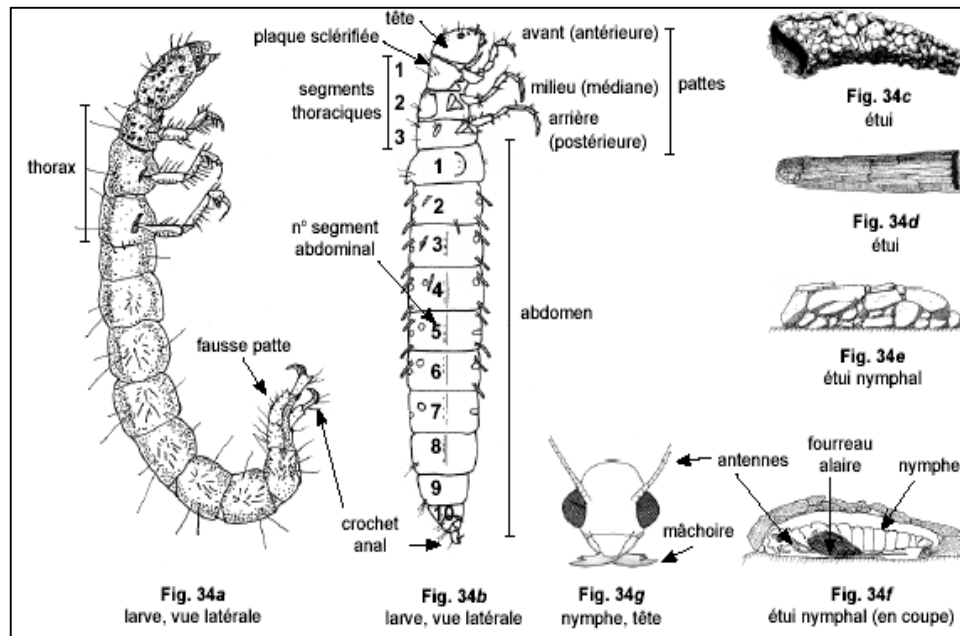


Figure 2 : Larve et étui des Trichoptères (Moisan, 2006).

1.1.2.3. Les Diptères

Les Diptères représentent le deuxième ordre d'insectes le plus diversifié après les Coléoptères. Bien que la majorité des espèces soient terrestres, certaines familles se sont adaptées à un mode de vie aquatique durant les stades larvaire et nymphal (Moisan, 2010). Les larves de Diptères se distinguent par l'absence de pattes thoraciques, lesquelles peuvent être remplacées par des pseudopodes ou des bourrelets locomoteurs. La capsule céphalique peut varier selon les groupes : elle est soit bien développée et individualisée (larve eucéphale), soit partiellement sclérifiée et rétractée dans les segments thoraciques antérieurs (larve hémicéphale), soit totalement absente (larve acéphale). Le corps est composé de 11 à 15 segments, dont les trois premiers forment le thorax (Tachet *et al.*, 2010).

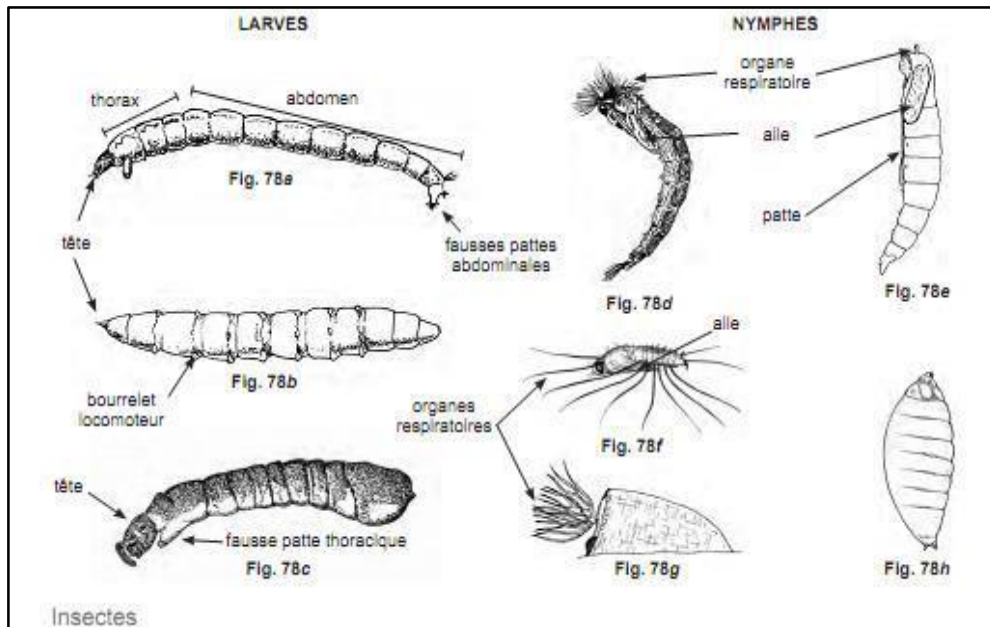


Figure 3 : Larves de Diptères (Moisan 2010).

L'extrémité abdominale peut porter des soies ou des appendices variés. La tête peut être distincte ou non, selon le type larvaire. Les nymphes sont également présentes en milieu aquatique ; elles représentent un stade intermédiaire entre la larve et l'adulte (Fig.03). Elles peuvent être libres, protégées par une enveloppe souple fixée au substrat, ou enfermées dans une enveloppe rigide. Parmi les familles aquatiques, les Chironomidae sont les plus représentées et sont connues pour leur tolérance élevée à la pollution. Les autres familles de Diptères présentent généralement une tolérance moyenne. Lors des analyses, seules les nymphes appartenant à la famille des Chironomidae sont identifiées jusqu'au niveau familial.

- **Chironomidae :** Les larves de Chironomidae présentent un corps vermiforme, mince et allongé. Les segments thoraciques sont bien distincts. On observe une paire de fausses pattes au niveau antérieur du thorax et une autre à l'extrémité de l'abdomen. La tête est nettement différenciée du thorax et ne porte pas de panaches de soies. Les fausses pattes sont munies de petits crochets qui facilitent l'ancrage au substrat (Moisan, 2010).
- **Simuliidae :** Les larves de Simuliidae possèdent un corps plus renflé dans sa partie postérieure, qui se termine par un disque en forme de ventouse leur permettant de s'attacher solidement aux rochers. Elles colonisent principalement les rivières et les ruisseaux à courant rapide (Tachet et al., 2010). Les segments thoraciques sont peu distincts. On retrouve une seule fausse patte thoracique, et la tête, bien définie, est munie de deux panaches de soies caractéristiques (Moisan, 2010).

1.1.2.4. Les Odonates

Les Odonates, comme l'ensemble des insectes, représentent un groupe très ancien (Bouchelaghem, 2008). Il s'agit d'un ordre d'insectes hémimétaboles dont les larves sont strictement aquatiques. L'ordre se subdivise en deux sous-ordres principaux : les Zygoptères et les Anisoptères. D'un point de vue phylogénétique, les Zygoptères sont considérés comme plus primitifs que les Anisoptères (Tachet *et al.*, 2010). La caractéristique morphologique la plus marquante chez les Odonates est la transformation de la lèvre inférieure en un masque préhensile rétractable, utilisé pour capturer les proies. Ils possèdent également de grands yeux bien développés.

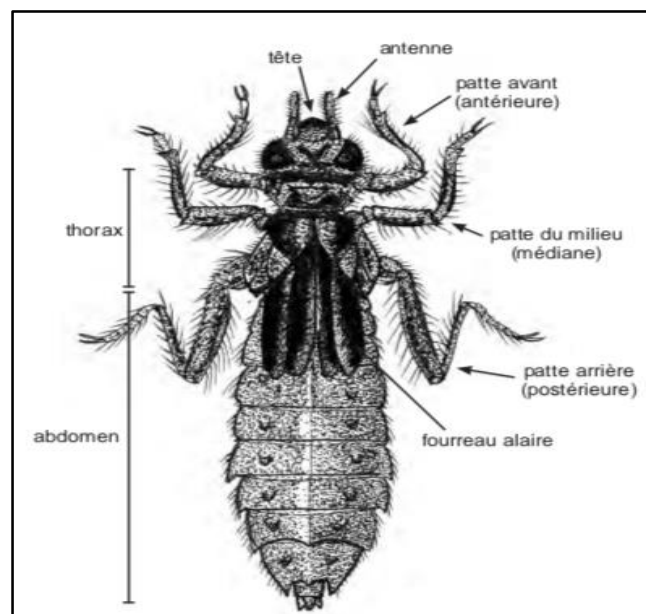


Figure 4 : Larve d'un anisoptère (vue dorsale) (Tachet *et al* ,2002

Ces insectes préfèrent généralement les milieux d'eaux calmes, souvent riches en végétation aquatique. Leur tolérance à la pollution est considérée comme moyenne. Les Zygoptères se distinguent par un corps mince et allongé, un abdomen cylindrique étroit, et un vol peu soutenu. Leurs ailes antérieures et postérieures sont de forme identique. La tête est plus large que le thorax. À l'extrémité de l'abdomen, on retrouve trois branchies foliacées, caractéristiques des larves, leur valant le nom commun de "demoiselles" (Moisan, 2010 ; Bouchelaghem, 2008). Les Anisoptères, quant à eux, présentent un corps plus robuste avec un abdomen large, et un vol puissant et soutenu. Leurs ailes antérieures et postérieures sont dissemblables (Fig.04). La tête est généralement plus étroite que le thorax, et l'extrémité

abdominale se termine par cinq petites pointes triangulaires. Ils sont communément appelés "libellules" (Bouchelaghem, 2008).

1.1.2.5. Les Mollusques

Les Mollusques sont des invertébrés à corps mou, généralement protégés par une coquille externe dure. Bien que la majorité des espèces soient marines, certaines vivent en eau douce, tandis que d'autres occupent des milieux terrestres, notamment humides et ombragés (Moisan, 2010 ; Lamarck, 2003). Ces organismes se distinguent par l'absence de squelette interne et un corps massif. Les Gastéropodes Les Gastéropodes forment une classe de mollusques caractérisée par une asymétrie corporelle résultant d'un phénomène de torsion qui affecte leur anatomie (Tachet et al., 2010). Ils possèdent généralement une coquille unique, le plus souvent spiralée, semblable à celle des escargots. Chez certaines espèces, un opercule cornée ou calcaire est présent ; il permet de fermer l'ouverture de la coquille lorsque l'animal se rétracte à l'intérieur (Fig.05). Sur le plan écologique, les Gastéropodes munis d'un opercule présentent une tolérance moyenne à la pollution, tandis que ceux qui en sont dépourvus sont considérés comme plus tolérants aux milieux dégradés.

1.1.2.6. Les Crustacés

Les crustacés représentent un groupe très diversifié, dont la majorité des espèces vivent en milieu marin. Toutefois, certaines sous-classes sont bien représentées en eau douce, notamment les Branchiours, les Branchiopodes, et les Malacostracés (Tachet *et al.*, 2010). Les crustacés dulçaquicoles se distinguent généralement par la présence d'un minimum de cinq paires de pattes articulées – à l'exception des Ostracodes – ainsi que de deux paires d'antennes (Moisan, 2010). Leur corps est segmenté en trois régions principales : le céphalon (tête), le thorax, et l'abdomen. Le dernier segment du corps, appelé telson, porte l'anus. Le céphalon, situé à l'avant du corps, est doté dorsalement d'yeux composés, ainsi que de deux paires d'antennes. Autour de la bouche, on retrouve trois paires d'appendices buccaux : une paire de mandibules, une paire de maxilles 1 et une autre de maxilles 2, jouant un rôle dans la préhension et la manipulation de la nourriture (Tachet et al., 2010) (Fig.06).

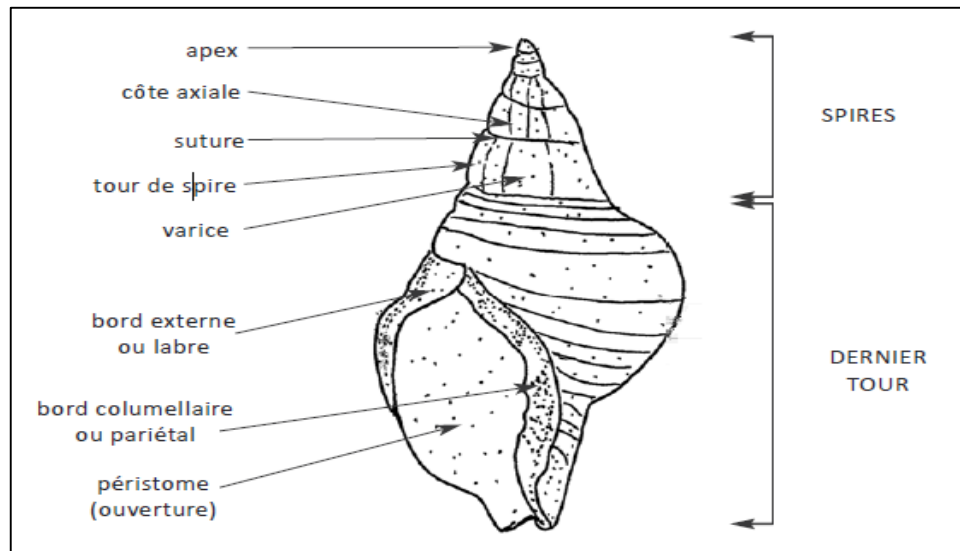


Figure 4: Morphologie de la coquille des Mollusques (Mary, 2017).

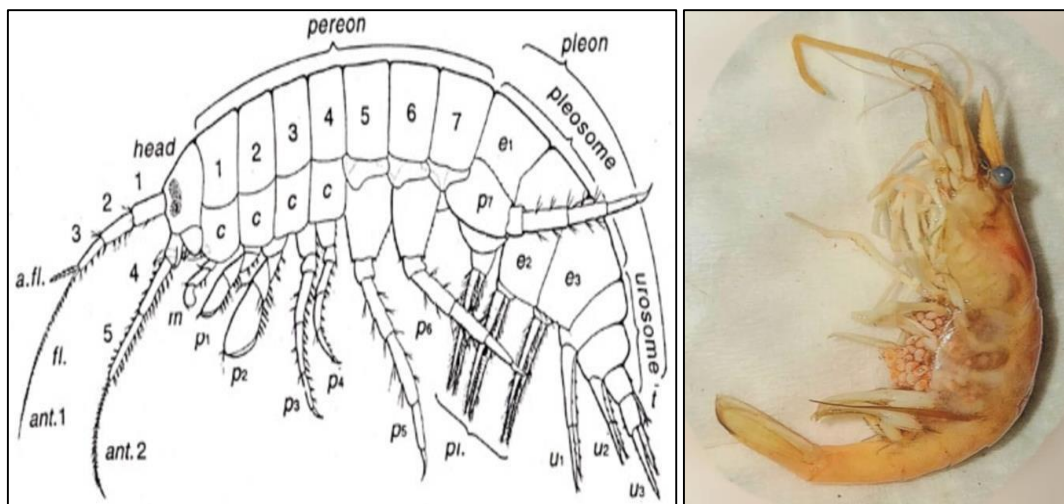


Figure 5: Morphologie typique d'un crustacé amphipode (Barnard & Karaman, 1991, modifié)

1.1.2.7. Les Achètes

Les Achètes, plus communément appelées sangsues, constituent une classe d'annélides que l'on retrouve aussi bien en milieu marin qu'en eau douce. Elles se caractérisent par un corps

segmenté, bien que la segmentation externe (anneaux) ne corresponde pas toujours à la segmentation interne réelle (Fig.07). Ces organismes sont également dotés d'yeux, dont le nombre varie généralement de deux à dix selon les espèces (Tachet *et al.*, 2010). Les Achètes sont des organismes hermaphrodites ; leurs orifices génitaux sont situés ventralement dans le tiers antérieur du corps. L'orifice génital mâle est positionné en avant de celui de la femelle. Sur le plan écologique, plusieurs espèces de sangsues sont des parasites, pouvant être ectoparasites (vivant à l'extérieur de l'hôte) ou mésoparasites (pénétrant partiellement dans l'hôte). Cependant, certaines espèces mènent une vie libre, recherchant activement leur hôte pour se nourrir.

1.1.3. Type de nourriture et mode d'alimentation

1.1.3.1. Type de nourriture :

Les macroinvertébrés aquatiques se nourrissent de matières organiques, principalement d'origine végétale, ainsi que de particules minérales fines. La nourriture peut être constituée d'organismes vivants (végétaux ou animaux) ou de matière morte. On distingue les sources végétales (microphytes, diatomées, bryophytes, macrophytes) des sources animales (protozoaires, micro-métazoaires, macroinvertébrés, voire certains vertébrés dans des cas spécifiques). Certains ectoparasites utilisent également le sang de leur hôte comme ressource nutritive (Invertébrés d'eau douce, 2010).

1.1.3.2. Mode d'alimentation :

Huit modalités principales sont reconnues selon la stratégie trophique adoptée :

- Absorbants : absorbent les substances dissoutes à travers les téguments.
- Dépositivores de sédiments fins : consomment les particules organiques déposées à la surface des sédiments.
- Broyeurs : mâchent les particules solides. Il en existe des herbivores et des détritivores.
- Racleurs et brouteurs de substrat : se nourrissent du périphyton ou des micro-organismes présents à la surface de divers substrats.
- Filtreurs : extraient les particules en suspension dans l'eau via des structures morphologiques ou comportementales spécialisées.
- Perceurs : consomment de la nourriture liquide, souvent d'origine végétale ou animale.

1.1.3. Quel sont les enjeux de leur étude

Les macroinvertébrés benthiques jouent un rôle crucial au sein des écosystèmes d'eau douce, étant à la base de nombreuses chaînes alimentaires. En effet, ils constituent une source alimentaire essentielle pour divers poissons, amphibiens et oiseaux. En raison de leur grande diversité, ces organismes possèdent des niveaux de sensibilité variés face à différents stress environnementaux, tels que la pollution ou la modification de leur habitat. De plus, les macroinvertébrés sont fréquemment utilisés comme indicateurs biologiques pour évaluer la santé des écosystèmes d'eau douce, comme le souligne (Leraut ,2003). Le maintien de la diversité des macroinvertébrés aquatiques dépend de plusieurs facteurs, notamment la diversité des courants et la morphologie des habitats. Pour garantir cette diversité, il est nécessaire que les habitats permettent un écoulement libre de l'eau, qu'ils soient reliés entre eux et qu'ils disposent de berges naturelles. En particulier, les zones alluviales fonctionnelles d'un point de vue écologique, offrant un écoulement sans obstacles, sont des habitats d'une valeur inestimable pour le cycle de vie de la faune associée aux zones humides.

1.1.4. La contribution des macros invertébrées aquatiques à la dynamique de l'écosystème

Les macroinvertébrés aquatiques jouent un rôle fondamental dans les écosystèmes aquatiques. Leur contribution se manifeste de plusieurs manières :

- ✓ Rôle dans la chaîne alimentaire : Ils constituent une composante essentielle du régime alimentaire de nombreuses espèces aquatiques, telles que les poissons, les oiseaux et les amphibiens, contribuant ainsi à la structuration de la chaîne trophique.
- ✓ Bio-indicateurs de la qualité de l'eau : Certaines espèces de macroinvertébrés, telles que les perles, les phryganes et les éphémères, sont d'excellents bio-indicateurs de la qualité de l'eau. Elles reflètent de manière précise l'état écologique des zones humides, permettant ainsi une évaluation de la santé environnementale de ces écosystèmes (Leraut, 2003).
- ✓ Réactivité aux changements environnementaux : Les espèces de macroinvertébrés ayant une niche écologique étroite sont particulièrement sensibles aux variations de leur environnement. Leur capacité à réagir rapidement aux changements permet de détecter des perturbations de manière précoce.
- ✓ Indicateurs de l'état des zones humides : La présence, l'absence ou la modification notable de la fréquence des macroinvertébrés dans une zone donnée sont des indicateurs

significatifs de l'état de cette zone humide. Ces changements peuvent révéler si l'écosystème aquatique est en bonne santé ou s'il est en dégradation.

1.1.4.1. Les seuils de tolérance des macros invertébrées aquatiques

Les macroinvertébrés aquatiques se répartissent selon leur tolérance aux polluants environnementaux de la manière suivante :

Organismes sensibles :

- Plécoptères.
- Éphémères.
- Trichoptères.

Organismes à tolérance moyenne :

- Crustacés (isopodes, amphipodes).
- Mollusques (bivalves, gastéropodes).
- Odonates (anisoptères, zygoptales).
- Coléoptères.
- Hémiptères.
- Lépidoptères.
- Mégaloptères.
- Diptères (à l'exception des chironomides).

Organismes tolérants :

- Diptères (chironomides).
- Annélides (oligochètes, sangsues).

Ce classement des groupes taxonomiques en fonction de leur tolérance aux conditions environnementales permet d'évaluer leur capacité à résister aux perturbations écologiques et à la pollution dans les écosystèmes aquatiques.

Chapitre 2

Présentation du site d'étude

2.1. Description de la région de Guelma

2.1.1. Généralités sur la région d'étude

La région de Guelma fait partie du Nord - Est algérien Reliant le littoral des Wilaya de Annaba, El Tarf et Skikda, aux régions intérieures telles que les Wilaya de Constantine, Oum El Bouagui et Souk Ahras. Elle se situe au coeur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara) ce qui lui donne le nom de ville assiette, sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la Seybouse (Mehimdat, 2013). Elle constitue un axe stratégique de par sa situation géographique. Elle est limitrophe des Wilayas :

- ✓ La Wilaya d'Annaba au Nord.
- ✓ La Wilaya de Skikda au Nord-Ouest.
- ✓ La Wilaya de Constantine à l'Ouest
- ✓ La Wilaya d'Oum El Bouaghi au Sud : Porte des hauts plateaux.
- ✓ La Wilaya de Souk Ahras à l'Est : Région frontalière à la Tunisie.
- ✓ La Wilaya d'El Tarf au Nord-est : Région frontalière à la Tunisie (Wilaya agricole et touristique port de pêche).

La géographie de la wilaya est caractérisée par un relief diversifié qui se compose comme suit : Montagnes : 37,82% dont les principales sont :

- ✓ Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 m d'Altitude.
- ✓ Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 m d'Altitude.
- ✓ Taya (Bouhamdane) : 1.208 m d'Altitude.
- ✓ Debagh (Hammam debagh) : 1.060 m d'Altitude
- ✓ Plaines et plateaux : 27,22%.
- ✓ Collines et piémonts : 26,29%.
- ✓ Autre : 8,67%.

Le relief montagneux prédominant entoure trois dépressions importantes : la dépression de Tamlouka au Sud, celle de Guelma au centre et la dépression de Bouchegouf au Nord-est (figure 7) (Benmarce, 2007).

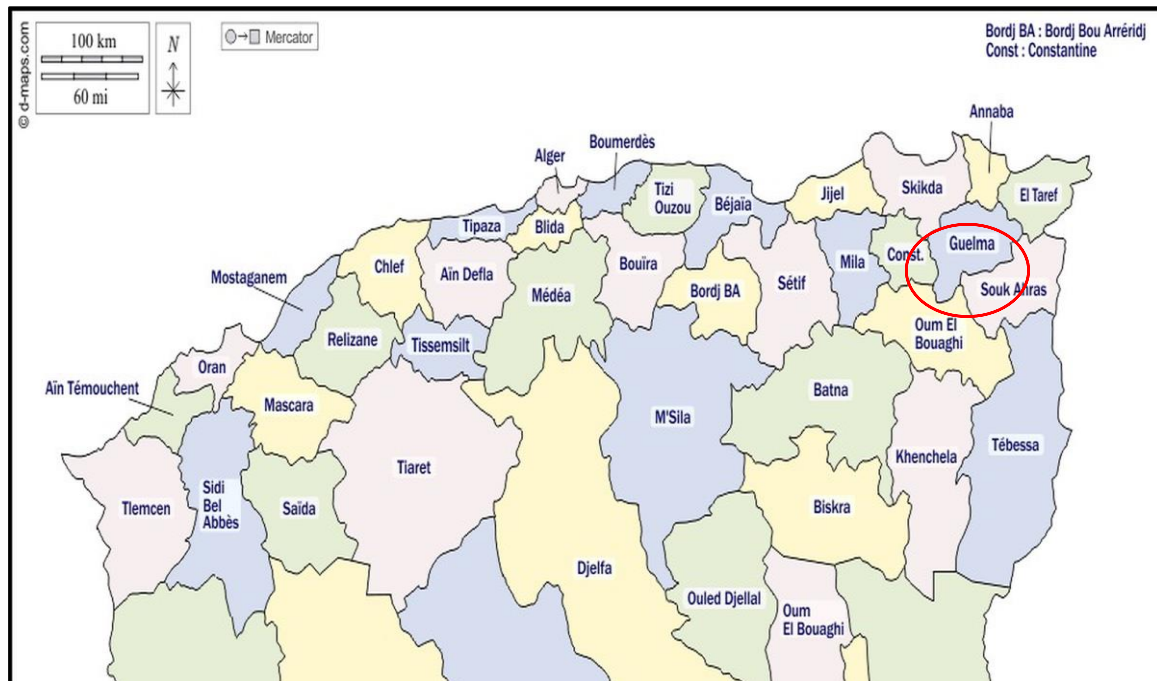


Figure 7 : Localisation géographique de la wilaya de Guelma. (Modifier : www.d-maps.com)



Figure 8 : Carte géographique de Wilaya de Guelma (Modifier : www.d-maps.com)

1.2. Climatologie de la région de Guelma

1.2.1. Climat générale

La wilaya de Guelma est classé dans la région climatiques méditerranéennes, car il a deux climats tout au long de l'année : un climat pluvieux et l'autre chaud et sec.

La précipitation annuelle est estimée à 570 mm/an, et la température moyenne est de 18 C°. Le climat change dans la wilaya de Guelma du nord au sud, où il est semi –humide au nord et il est sec au sud (Djerrab Muriel, 2018).

1.2.2. La température

Les températures moyennes annuelles et mensuelles réagissent directement eninteraction avec les autres facteurs météorologiques (insolation, vitesse et turbulence du vent, précipitation). Nous disposons des données de températures moyennes mensuelles à la station de Guelma (période 2002– 2018).

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période d'été (Mai à Novembre), avec des températures variant de 20, 37 à 27.43 °C. Par contre les températures les plus basses oscillent entre (9, 78 à 16.82 °C) pendant la période d'hiver de décembre à Avril (tableau 7) figure 9.

1.2.3. Les précipitations

Les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat. (Faurie & al.1983, in Aouissi, 2010). Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle), ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre) (Bounouira, 2007). Nous disposons des données des précipitations à la station de Guelma (période 2002– 2018) (tableau 8) figure 10.

1.2.4. L'humidité

La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité des barrages. Elle est invariable au cours de l'année (Bensakhri, 2015). En effet, les données de l'humidité récoltées de la région de Guelma sont récapitulées respectivement dans le tableau 9 et la figure 11.

Les valeurs minimales sont observées pendant les mois de juillet et août. Par contre, les valeurs maximales sont observées pendant le mois de Janvier et le mois de Mars.

Tableau 7 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma 2002/2018

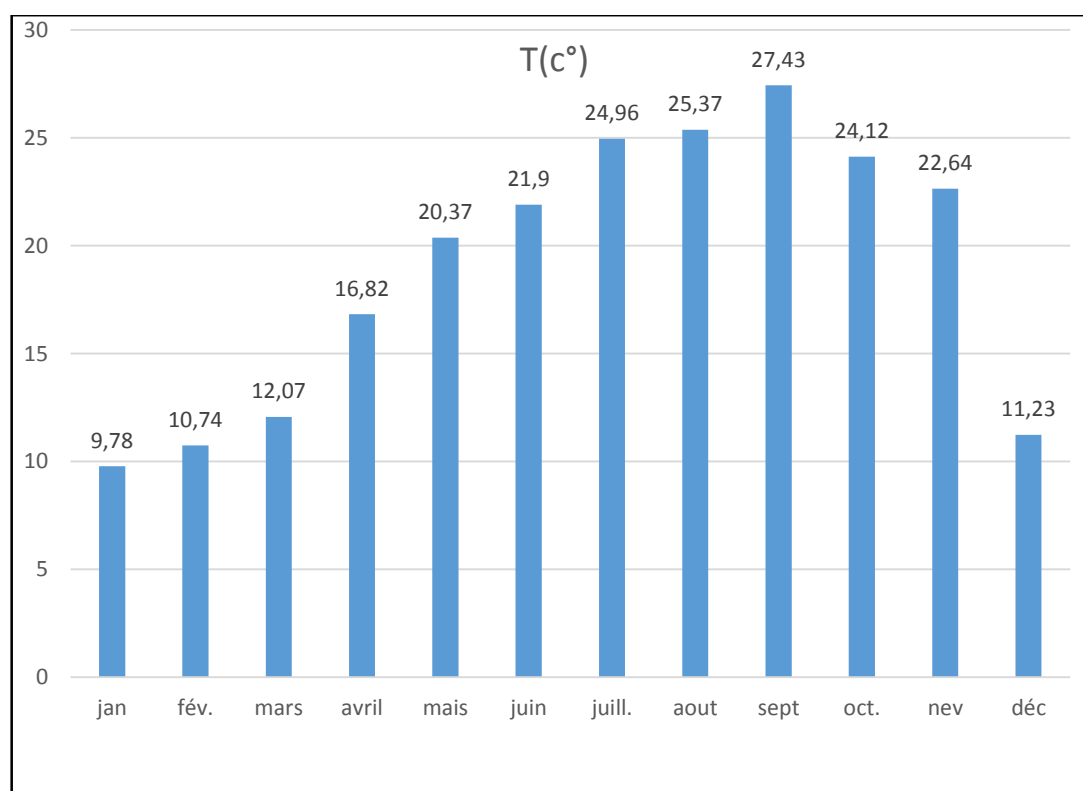
Mois	jan	fév.	mars	avril	mais	juin	juill.	aout	sept	oct.	nev	déc
T (c°)	9,78	10,74	12,07	16,82	20,37	21,9	24,96	25,37	27,4 3	24,12	22,64	11,23

Tableau 8 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Belkhir (2002/2018)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	aout	sept	oct	nev	dés
P	90,19	69,75	77,76	56,48	39,82	16,28	5,61	20,06	42,95	48,51	65,67	75,49

Tableau 9 : Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative de la station de Guelma.

Mois	Jan	Fév	Mars	avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	oct	Nev	Déc
Humidié (%)	84	66	81	75	76	50	42	40	75	60	65	70

**Figure 9 :** variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Belkheir (2002/2018). (Tableau 1)

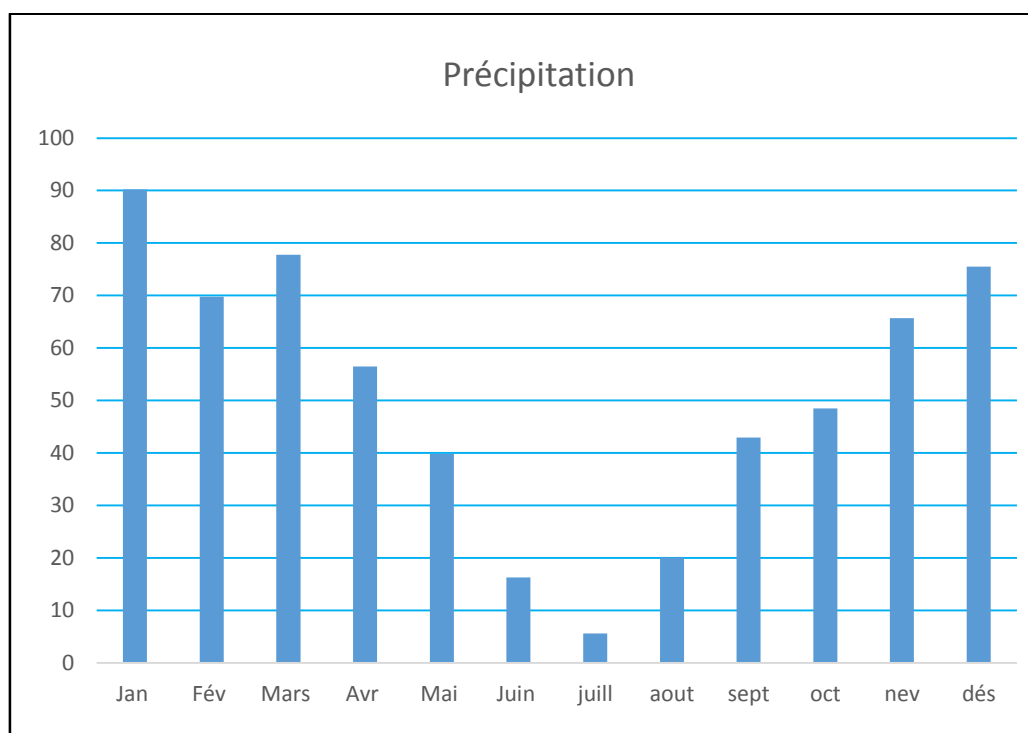


Figure 10 : Variation des précipitations Total mensuelles à la station de Belkhir (2002/2018).

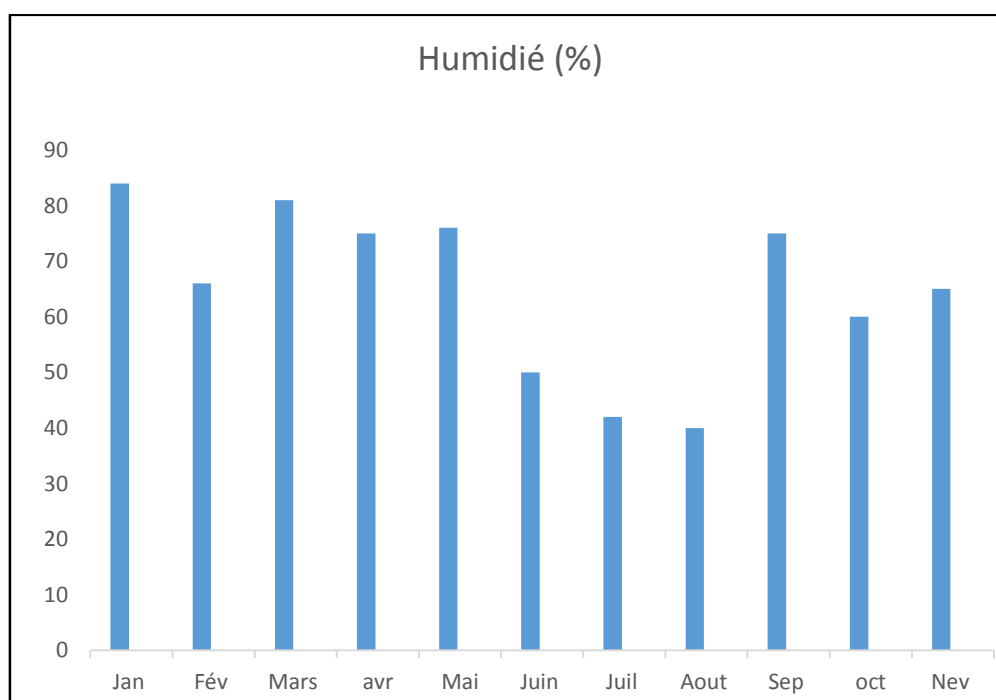


Figure 11 : Evolution des Humidité de la station de Guelma (2020).

1.2.5. Le vent

Grace aux informations obtenues de la station météorologique de Guelma, nous avons pu enregistrer l'évolution saisonnière de la vitesse du vent par mois à Guelma, ou en été enregistré en aout 2.61 m\S, et le minimum en octobre était de 1.41m\s.

1.2.6. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$ (Belkharchouche & Larifi, 2019) La figure 12 représente le diagramme Ombrothermique de La région de Guelma établit à partir des donnés de précipitations et des températures moyenne mensuelles calculées sur une période de 16 ans figure9.

1.2.7. Climagramme d'Emberger

Parmi les indices bioclimatiques utilisés de façon traditionnelle en Afrique du Nord et ailleurs en Méditerranée (Emberger, 1931 ; Gaussen, 1954 ; Daget, 1977 ; Quezel, 1979). On distingue l'indice bioclimatique d'Emberger, Le quotient d'Emberger est spécifique du climat Méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Pour identifier le type de climat nous avons fait appel au quotient pluviométrique d'Emberger qui se base sur le régime des précipitations et des températures selon la formule suivante : $Q2 = 3.43 (P/M-m)$ (Stewart, 1968).

- **Q** : le quotient pluviométrique d'Emberger
- **P** : Pluviométrie annuelle moyenne en mm
- **M** : Moyenne des maximas du mois le plus chaud en °C
- **m** : Moyenne des minimas du mois le plus froid en °C

Les données présentées dans le tableau 7, nous permettent de calculer ce quotient (Figure 13).

Tableau 10 : Les différents paramètres de la formule du Climagramme d'Emberger d'après les données météorologiques de la station de Belkhir (2002/2018).

Paramètre	Valeur
M	36.36 c°
P	606.58 mm
m	4.64 c°
$Q2 = 3.43 (P/M-m)$	$Q3 = 3.43 \times 608.58 (36.36 - 4.64) = 65.80$

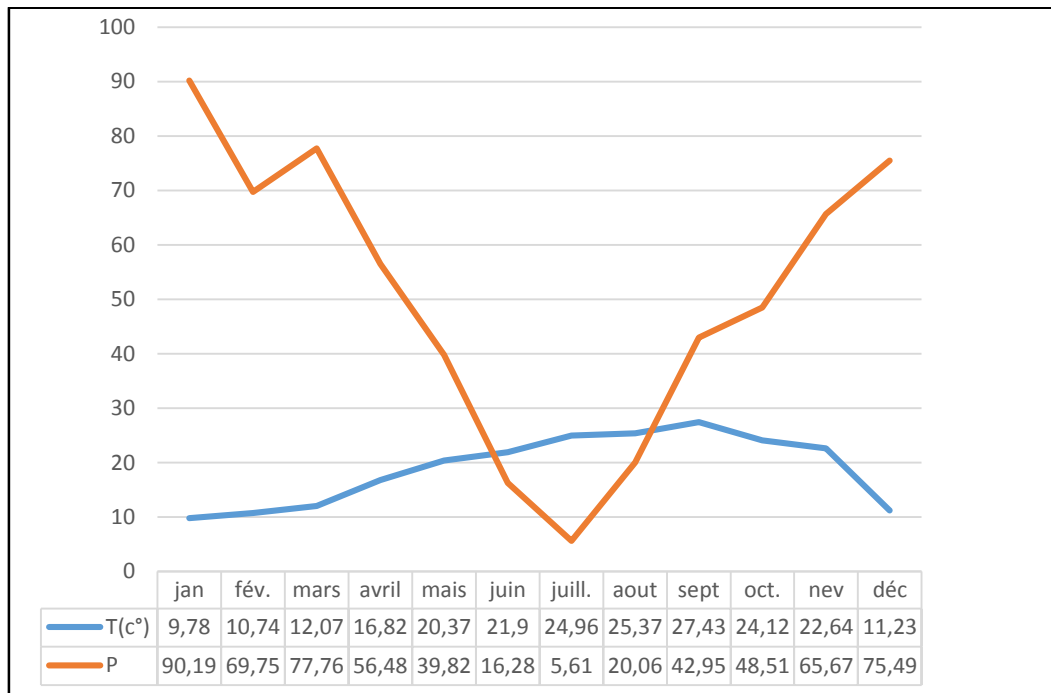


Figure 12 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Guelma (2002/2018)

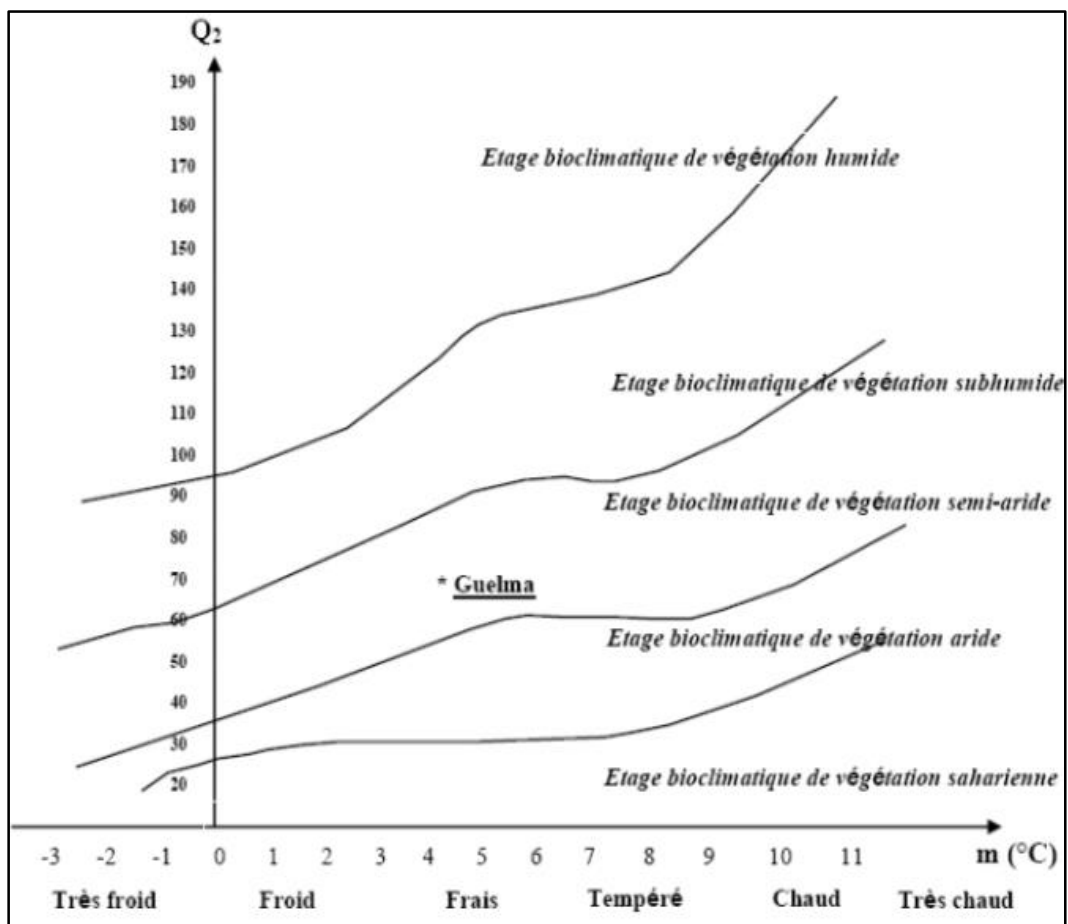


Figure 13 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002/2018).

2.2. Présentation de la zone d'étude

L'étude de cet oued comportera la description des facteurs du régime. Ce sera d'abord, la situation géographique du bassin envisagée rapidement, puis les caractéristiques du réseau hydrologiques essentiel du bassin.

2.1. Description générale d'Oued Charef

Le bassin du Charef est divisé en deux : le bassin haut Charef et le bassin bas Charef (Tableau 11), qui n'est autre que celui du cours supérieur de la Seybouse atteint les hautes plaines. D'une altitude variant entre 800 à 1000 m (figure 16) (Ghachi, 1986).

2.2. Description du bassin Charef

Le bassin du Charef est divisé en deux sous-bassins : le bassin haut Charef qui porte le code (14.01) et le bassin bas Charef représenté par le code (14.02) (ABH., 1999) Pour le bassin de l'oued Charef amont, la classe d'altitude dominante est celle de 800 à 1100 m, qui couvre 98% de la surface du bassin. En effet, dans le bassin du Charef aval, la classe d'altitude de 600 à 800 m domine, et elle couvre 56 % de sa surface (Louamri, 2013) (figure 14).

Le réseau hydrographique est constitué principalement du cours d'eau principal d'oued Charef et ses majeurs affluents, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord.

2.2.1. Le bassin de haut Charef

Les différents oueds et leurs affluents convergents tous vers l'exutoire où est installée la station hydrométrique Moulin Rochefort. C'est en ces endroits que l'oued Charef proprement dit a réalisé sa capture par érosion régressive à travers le Tell méridional pour venir récupérer les eaux des hautes plaines autrefois sans écoulement vers la mer. Plusieurs oueds drainent aujourd'hui ces grands espaces.

A l'Est, l'oued Tiffech qui suit l'axe de la plaine synclinale du même nom. Le synclinal qui forme la plaine de Khamissa est traversé par l'oued Crab grossi de l'oued Behezz, de l'oued Ain Sfa et de l'oued Es Souk vers lesquels s'écoulent les eaux provenant du versant Sud de la chaîne Atlasique.

L'oued Crab qui se jette dans l'oued Tiffech qui devient l'oued Hamimine en aval, ce dernier et l'oued Crab, se réunissent au Sud –Ouest de Sedrata et donnent l'oued Charef qui passe au pied du Dj Zouabi, vient ensuite l'oued Ain Snob qui prend sa source dans le chott El Magéne et le Dj Teraguelet aux points les plus éloignés du grand bassin de la Seybouse (Bouhala, 2012).

2.2.2. Le bassin de bas Charef

Ce bassin est sous la forme d'une gouttière où de nombreux petits oueds orientés Est Ouest suivent l'axe des principaux plis. Sur la côté droite d'oued Charef, on trouve oued Nil, oued El Aar, oued Chaniour, et oued Sebt et d'autre cours d'eau. En effet, sur l'autre côté gauche, il existe l'oued Mgaisba, oued MjazBgar, oued Bou Frais, l'oued Khmoudja et l'oued Anouna puis une série de petits ruisseaux sans importance, descend des flancs de la Mahouna (Bouhala, 2012).

Dans l'ensemble, le réseau hydrographique n'est pas dense ; dont les affluents de la rive droite du Charef se réunissent assez rapidement par rapport à ceux de l'autre rive (Bensakhri, 2015).

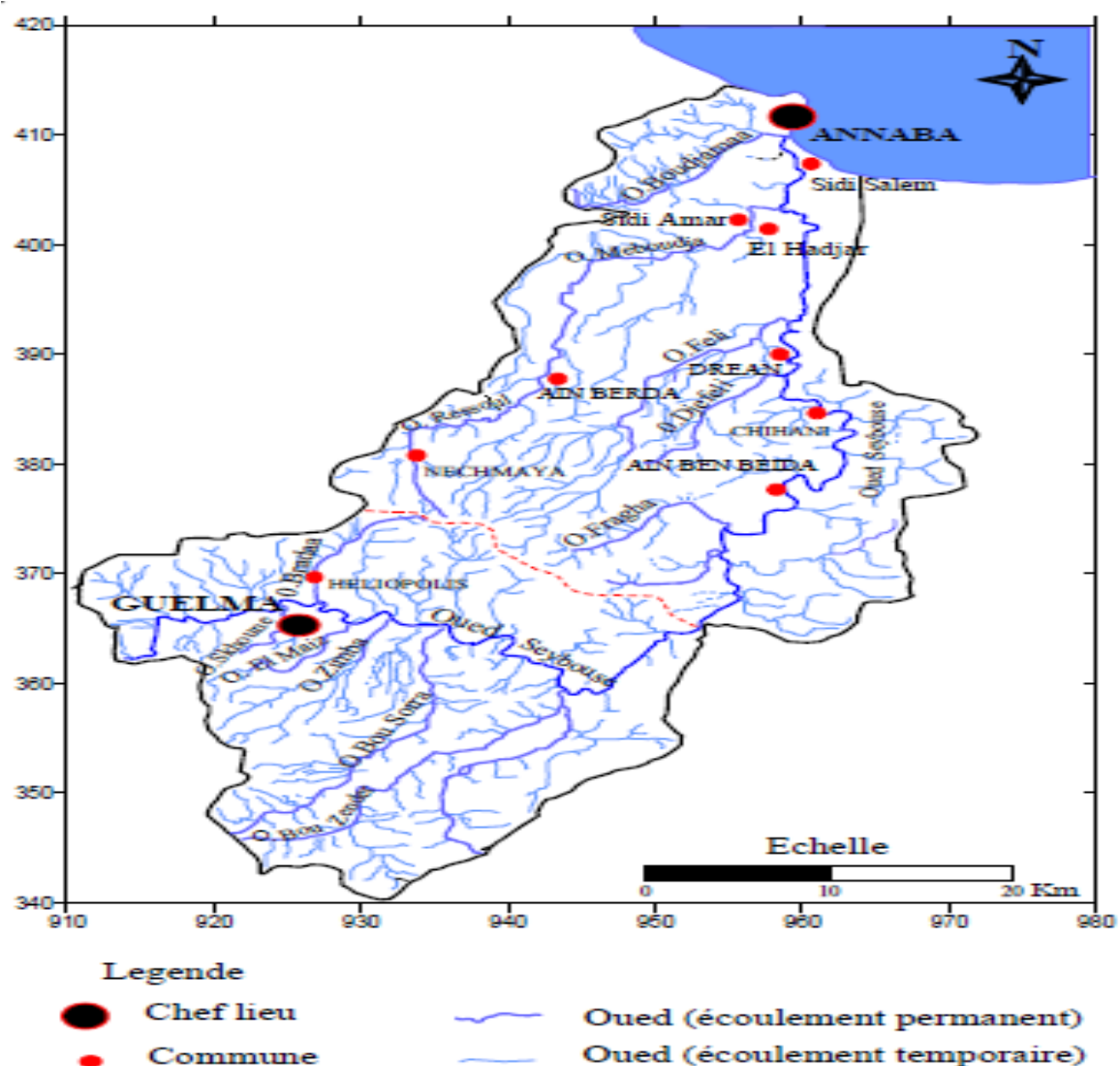


Figure 14 : Réseau hydrographique des sous-bassins de la Seybouse (Bechiri, 2011).

Tableau 11 : Répartition des sous-bassins de Oued Charef (A. B. H. 1999).

Nom	Position	Sous bassin (code)	Superficie (Km ²)	Longueur (km)
Oued Charef Amont	Haut Charef	14,01	1739	25
Oued Charef Aval	Bas Charef	14,02	1166	32

A. Barrages et retenues collinaires

Le bassin d'Oued Charef compte 03 sous bassin qui est récapitulés dans le tableau 12 et les cartes 2, 3, et quinze retenues collinaires (tableau7).

Tableau 12 : Barrages du bassin d'Oued Charef (A.B.H.1999)

sous bassin	Commune	Wilaya	Dénomination	Capacité (HM ³)
14,01	Zouabi	41	Foum El Khanga	157.00
14,01	Tiffech	41	Tiffech	5.80
14,02	Ain makhoulf	24	Medjez El Bgare	2.86

Tableau 13 : Retenues collinaires du bassin de Oued Charef (A. B. H. 1999)

Sous bassin	Wilaya	commune	Dénomination	Capacité M3	Etat des ouvrages	Destination
14,01	04	Berriche	zorg	283000	envasé	Irrigation
14,01	04	Ksar Sbahi	Gourn	40000	envasé	Irrigation
14,01	04	Ksar Sbahi	N Goussa	20000	envasé	Irrigation
14,01	04	Ain Diss	Bir Ammar	20000	envasé	Irrigation
14,01	41	Sedrata	Chaabet el malah	38000	Moyenne	Irrigation
14,01	41	Ragouba	Rass el diss	87475	Moyenne	Irrigation
14,01	41	Tiffeche	Tiffeche	580000	Précaire	Irrigation
14,01	41	Bir bouhouche	Bir bouhouche	192000		Irrigation
14,01	41	Ragouba	Sidi makhoulf	144000		Irrigation
14,01	41	Sedrata	Oum el adein	100000		Irrigation
14,01	41	Sedrata	Chaabet nakess	48800		Irrigation
14,01	41	Ragouba	El habil	6000		Irrigation
14,01	41	Sedrata	Essour	83000		Irrigation
14,02	04	Ain diss	Chaabet el mena	423000	Bon	Irrigation
14,02	04	Ain diss	Morhat	782220	Moyenne	Irrigation

2.3. Localisation du site d'étude :

- Station 1 Oued Charef à Houari- Boumediene 1 (figure 16)

- N : **36°23'.849**

- E : **7°19'.033**

- Commune : Houari Boumediene

- Wilaya : Guelma

- Station 2 Oued Charef à Houari- Boumediene 2 (figure 17)

- N : **36°25'.428**

- E : **7°18'.814**

- Commune : Houari Boumediene

- Wilaya : Guelma

Limité au Nord par Medjez Amar, à l'Est par Bendjerrah, au Sud par Sellaoua Anouna, à l'Ouest par Houari Boumediene et Ras El Agba.

- Station 3 Charef à Medjez Amar (Oued Charef) (figure 18)

- N : **36°26'.587**

- E : **7°184.657**

- Commune : Medjez Amar

- Wilaya : Guelma

Elle est limitée au Nord par ElFedjoudj, à l'Est par Guelma, au Sud par Houari Boumediene et Bendjerrah, à l'Ouest par Hammam Debagh. Cette station se trouve avant le point de confluence d'oued Charef et oued Bouhamdan.

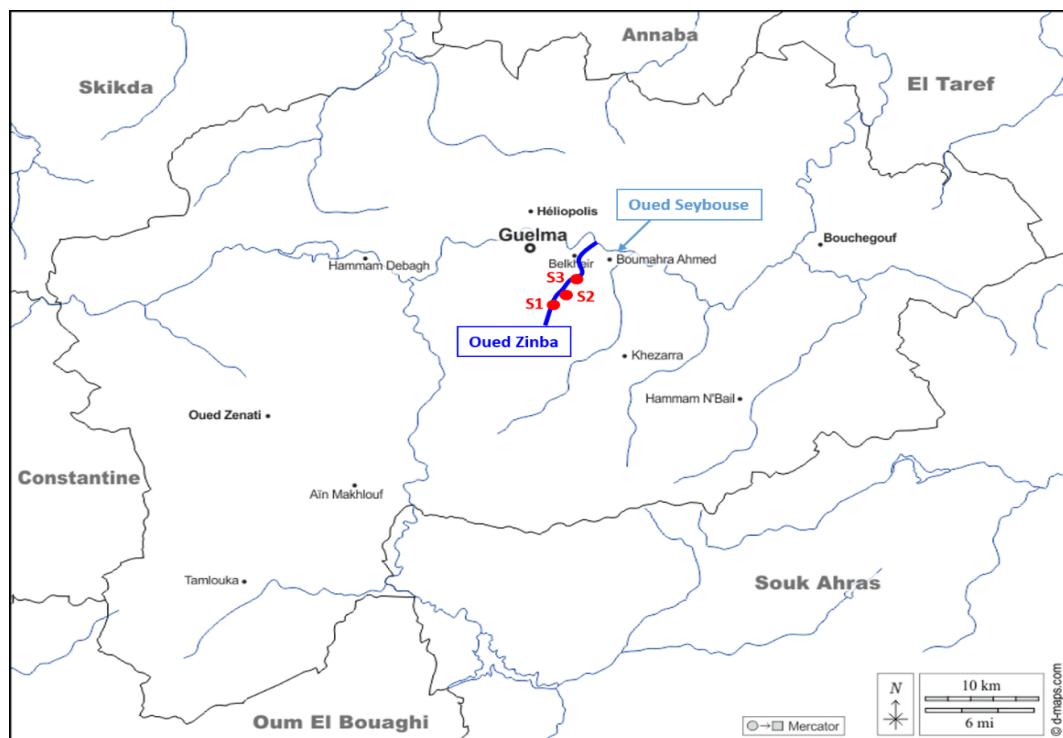


Figure 15 : Les stations d'échantillonnage (Modifier : www.d-maps.com)

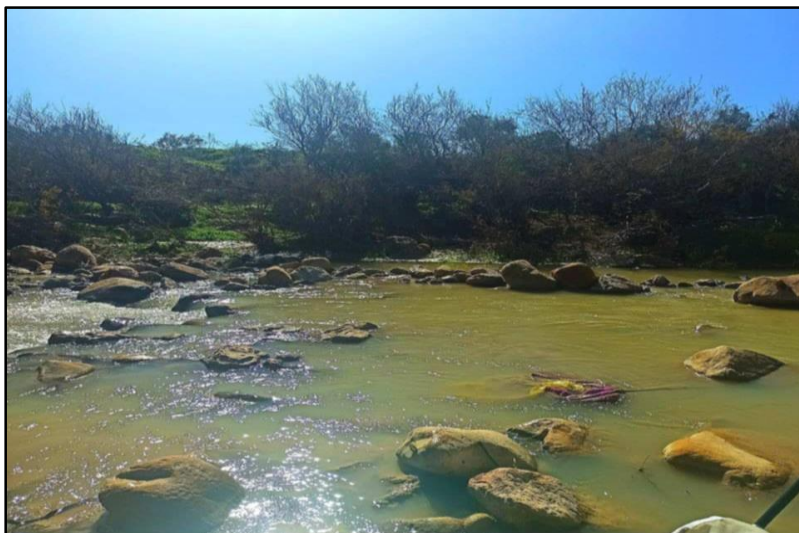


Figure 16 : Vu générale de la station 1 (Semaali. 2025)



Figure 17 : Vu générale de la station 2 (Semaali. 2025)



Figure 18 : Vu générale de la station 3(Semaali, 2025).

Chapitres 3

Matériel et Méthodes

3.1. Approche générale de l'étude

Le flux des eaux le long d'un cours d'eau tend à dessiner un profil longitudinal se rapprochant d'un profil d'équilibre, où les paramètres hydrauliques, morpho-métriques, physiques et chimiques évoluent de manière régulière de l'amont vers l'aval. Ces paramètres, interdépendants, sont ainsi étroitement corrélés. Dans un hydrosystème, les biotopes et les habitats qui y sont associés présentent une grande diversité structurale, et leur répartition spatiale varie en fonction de leur position le long du continuum fluvial (Illies & Botosaneanu, 1963 ; Verneaux, 1976 ; Vannote *et al.*, 1980).

Des facteurs écologiques tels que la pente, la vitesse du courant, la granulométrie du substrat, la température, l'alcalinité, la conductivité et le pH influencent considérablement la répartition des organismes aquatiques. Ces variables montrent généralement une évolution graduelle tout au long du profil longitudinal du cours d'eau. Le courant (lié à la pente) et la température sont les deux facteurs essentiels qui conditionnent les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance, et ce sont des facteurs dits limitants (Angelier, 2000).

D'autres facteurs écologiques, tels que la végétation ripisylve et aquatique, la distance à la source, l'orientation et le mode d'alimentation des cours d'eau, ainsi que les influences humaines, jouent également un rôle important en agissant sur les facteurs fondamentaux et, par conséquent, sur la faune. Des études montrent l'importance des paramètres influençant l'occupation spatiale et temporelle des habitats. Certains d'entre eux, comme la nature du substrat et la vitesse du courant, sont généralement considérés comme des facteurs écologiques majeurs ayant une influence directe sur la répartition de la faune benthique (Hynes, 2001 ; Minshall et Minshall, 1977).

Afin de caractériser au mieux les conditions environnementales de chaque station, plusieurs paramètres ont été mesurés. Les paramètres non conservatifs (température, pH, conductivité, oxygène dissous) ont été mesurés in situ à l'aide d'appareils électroniques spécialisés.

L'étude a été menée sur le cours d'eau du Oued Charef, situé dans une région à forte activité agricole, et étant l'un des deux principaux affluents du fleuve Seybouse. Trois stations ont été sélectionnées et prospectées du amont vers l'aval, en tenant compte de critères tels que l'altitude, la diversité des biotopes, la proximité des agglomérations et des sources de pollution,

ainsi que l'accessibilité. Ce choix s'inscrit dans un contexte de restitution de la continuité écologique des cours d'eau.

3.2. Matériel de terrain

→ Le matériel utilisé lors des sorties sur le terrain est constitué de :

- Un GPS (Global Positioning System) pour la localisation des stations d'échantillonnage.
- Un appareil multiparamétrique pour la mesure in situ des paramètres physico-chimiques de l'eau.
- Une épuisette à mailles fines (1 mm) pour la collecte des macro-invertébrés.
- Un tamis de 1 mm de maille.
- Des cuvettes pour le tri préalable des échantillons.
- Des flacons contenant du formol à 5 % ou 10 % pour la conservation des spécimens.
- L'eau distillée et l'eau potable pour le rinçage du matériel.
- Des bouchons en liège.
- Un chronomètre.
- Des fiches de terrain et un carnet de notes pour l'enregistrement des observations.
- Des étiquettes pour l'identification des échantillons.
- Un appareil photo numérique pour la documentation visuelle.
- Des gants en latex et des bottes pour la protection individuelle.
- Une glacière portative pour le transport des échantillons dans de bonnes conditions.
- Des bottes.

→ Matériel de laboratoire Le traitement et l'analyse des échantillons collectés nécessitent Une loupe binoculaire pour l'observation et l'identification des organismes :

- Un pH-mètre pour la vérification des conditions chimiques de conservation.
- Flacons en verre pour la manipulation des échantillons.
- Boîtes de Pétri.
- Pincettes et des pinces pour la manipulation délicate des spécimens.
- Des étiquettes pour l'identification en laboratoire.
- Carnets de notes pour le suivi des analyses.
- Des guides d'identification.(Invertébrés d'eau douce :systématique, biologie, écologie) (Tachet et al ,2000).



Figure 19 : Le matériel utilisé au laboratoire

a	GPS
b	Une épuisette
c	Multi-paramètre
d	Boîtes de pétri
e	Guide entomologique
f	Des pinces et des pinceaux
g	Loupe binoculaire
h	Flacons étiquetés

Figure 19 : Le matériel utilisé au laboratoire

3.3. Protocole et Stratégie d'échantillonnage

3.3.1. Période et caractéristique

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un inventaire des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Charef, afin d'évaluer son état écologique à travers l'analyse physico-chimique et biologique. Il a été réalisé durant la période allant de février à avril 2025. Trois sorties ont été effectuées aux dates suivantes : 26/02/2025, 22/03/2025, 20/04/2025.

Après validation de la conception de l'étude et clarification de ses objectifs, trois stations d'échantillonnage ont été rigoureusement sélectionnées sur l'Oued Charef selon les critères suivants :

➤ Cohérence géographique

Les trois sites se situent au sein du même bassin versant de l'Oued Charef, assurant une unité macro-régionale.

➤ Uniformité climatique

Les stations évoluent sous un climat identique, éliminant la variabilité météorologique comme source d'erreur.

➤ Variabilité des milieux locaux

Chacune présente un type de substrat distinct et des paramètres physico-chimiques spécifiques (notamment une température de l'eau différenciée), permettant d'appréhender l'influence des caractéristiques locales sur les peuplements.

➤ **Facilité d'accès**

La proximité immédiate de la voirie et une végétation peu dense garantissent des visites fréquentes et la reproductibilité du protocole d'échantillonnage.

➤ **Intérêt taxonomique et écologique**

Ces stations constituent les premiers sites d'étude destinés à révéler les variations de la composition faunistique des macroinvertébrés dans l'Oued Charef.

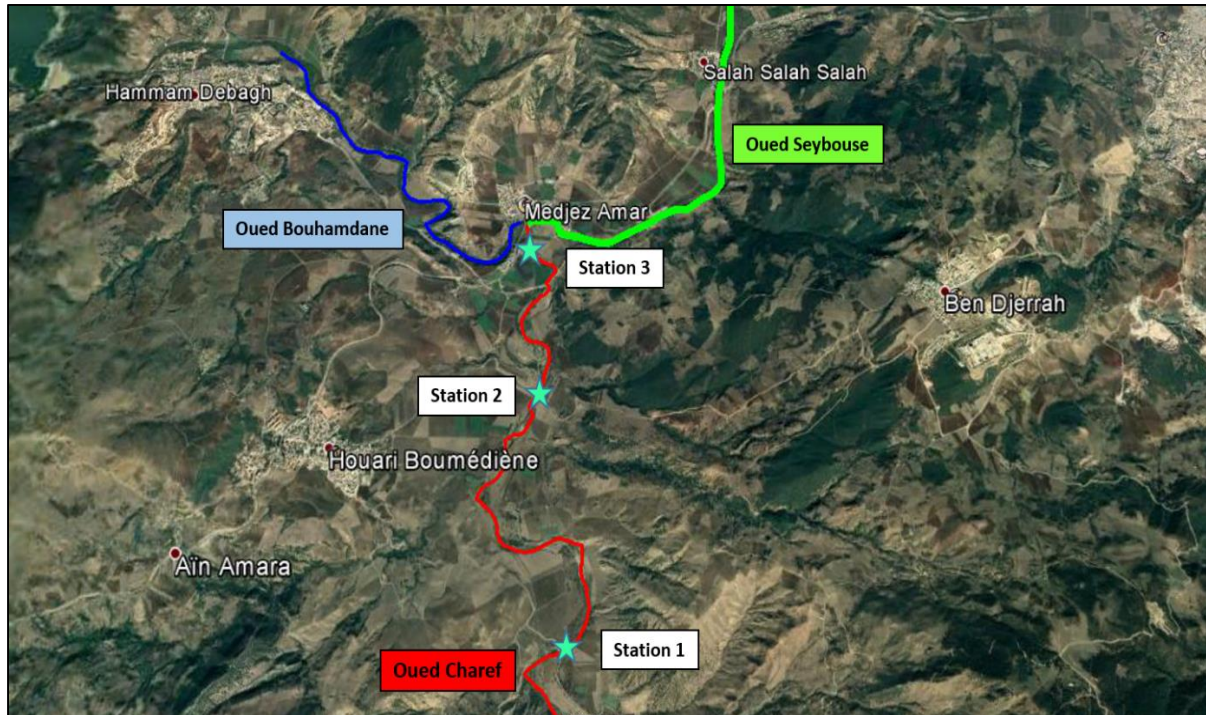


Figure 20 : Localisation des stations d'échantillonnage

3.3.2. Méthodologie de l'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est de collecter un échantillon représentatif de la diversité des macroinvertébrés benthiques dans un écosystème lotique (eaux courantes). Avant chaque prélèvement, une fiche technique a été remplie avec les informations suivantes : date, heure, coordonnées GPS, profondeur, largeur du lit, types de végétation et activités humaines locales. À l'aide d'un appareil multiparamètres (HANNA HI 9828), les mesures suivantes ont été prises : Température, pH, Oxygène dissous, Vitesse, Salinité, Conductivité électrique, Total des solides dissous (TDS).

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'une épuisette à mailles de 1 mm. Dix coups de filet ont été effectués au centre et en bordure des berges, dans les zones à végétation aquatique dense, sur les substrats vaseux et sablonneux, et surtout à contre-courant. Les macroinvertébrés

visibles sous les pierres ont été collectés manuellement à l'aide de pinces, en plaçant les pierres dans un bac blanc. Les spécimens ont ensuite été transférés avec le contenu de l'épuisette dans des flacons plastiques, correctement étiquetés.

3.3.2.1. Pré-tri et conservation

Sur le terrain, le contenu de l'échantillonnage est versé dans un bac blanc afin de faciliter le tri initial. Les gros débris (végétaux et minéraux) sont éliminés, puis la faune représentative est placée dans des flacons plastiques contenant de l'éthanol à 70 %, avec étiquetage complet (station, date, heure). Les échantillons sont transportés au laboratoire dans une glacière à 4 °C.

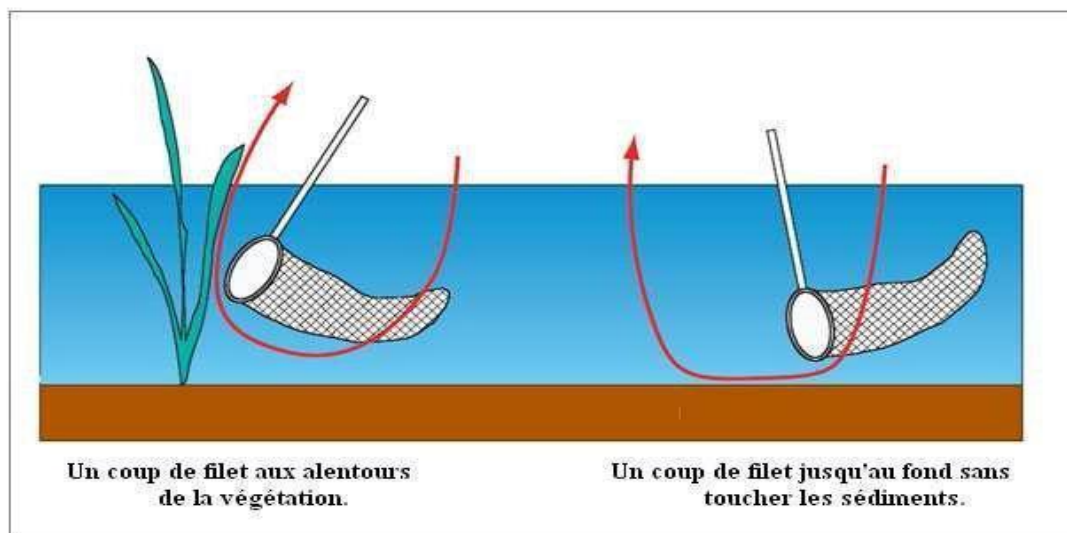


Figure 21 : Méthode d'échantillonnage de la faune en zone humide : un coup de filet
(Modifieur Moisant al., 2010)



Figure 22 : Le tri préliminaire des échantillons. (Semaali, 2025).

3.3.2.2. Tri et identification en laboratoire

Au laboratoire, les échantillons sont soigneusement rincés à l'eau pour éliminer les résidus. Le tri et l'identification sont réalisés à l'œil nu après sous loupe binoculaire, à l'aide de pinces et pinceaux fins, afin de préserver les spécimens. Le niveau taxonomique retenu est celui de la famille, jugé stable et pertinent pour ce type d'étude (Bouati & Boualleg, 2019). Une fois identifiés, les organismes sont conservés dans de l'éthanol à 70 %, dans des tubes étiquetés. Les clés d'identification utilisées sont celles de Tachet et al. (2010) et Moisan (2011).



Figure 23 : Le tri et l'identification des échantillons. (Semaali, 2025).

3.3.3. Mesure des caractéristiques physico-chimiques in situ

Les facteurs écologiques influençant la composition des peuplements aquatiques incluent la température, la vitesse du courant, l'oxygénation, le pH, la salinité et la conductivité électrique (Dajoz, 1985). Ces paramètres ont été mesurés in situ à l'aide d'un multi-paramètres portable de marque HANNA HI 9828 dans chaque station échantillonnée mensuellement. Les variables enregistrées sont : température (T, °C), potentiel hydrogène (pH), salinité (SAL, psu), conductivité électrique (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxygène dissous (DO, mg/L), TDS (ppt), potentiel d'oxydoréduction (ORP, mV), résistivité ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$) et pression (PSI).

3.3.3.1. Température de l'eau

La température est une variable environnementale fondamentale qui influence directement les réactions physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Elle affecte notamment la solubilité de l'oxygène, la vitesse des réactions métaboliques, la dissociation des sels dissous, et la conductivité électrique (Robier, 1996). Une élévation de la température entraîne une diminution de la concentration en oxygène dissous, impactant ainsi la faune aquatique (Dajoz, 2006). Elle a été mesurée sur site avec précision à l'aide du multi-paramètre.

3.3.3.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions hydrogène (H^+) dans l'eau, reflétant ainsi son caractère acide, neutre ou basique sur une échelle de 0 à 14 (7 étant neutre). Ce paramètre régit de nombreux équilibres physico-chimiques et dépend de plusieurs facteurs, notamment l'origine de l'eau. Il doit être mesuré directement sur le terrain au moyen d'un pH-mètre pour garantir la fiabilité des valeurs.

3.3.3.3. Oxygène dissous (DO)

L'oxygène dissous représente la quantité d'oxygène gazeux disponible dans l'eau, indispensable au métabolisme de la majorité des organismes aquatiques. Il provient principalement de l'absorption atmosphérique par agitation (vent, courants) et de la photosynthèse réalisée par les végétaux aquatiques tels que les algues, les cyanobactéries et le phytoplancton (Huguette, 2006). La température et le mouvement de l'eau influencent directement son taux.

3.3.3.4. Conductivité électrique (EC)

Elle traduit la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, dépendant de la concentration en ions dissous. Plus la teneur en sels est élevée, plus la conductivité est importante. Ce paramètre varie également avec la température, d'où la nécessité de normaliser les mesures à 20 ou 25 °C pour permettre des comparaisons fiables.

3.3.3.5. Salinité

La salinité indique la concentration totale en sels dissous (NaCl, MgCl₂, MgSO₄ ...) et est déterminée indirectement via la conductivité. Bien que sans unité, elle est souvent exprimée en g/L ou g/kg. Par comparaison, l'eau douce possède une salinité inférieure à 0,5, tandis que l'eau de mer a une salinité moyenne de 35.

3.3.3.6. Total des Solides Dissous (TDS)

Le TDS évalue la quantité totale des substances organiques et inorganiques dissoutes dans un liquide. Il est exprimé en microgrammes par litre (µg/L) ou en parties par millier (ppt) et constitue un indicateur général de la qualité de l'eau.

3.3.3.7. Vitesse du courant

La vitesse de l'eau est un facteur limitant influençant la répartition des organismes selon leur tolérance au débit (Angelier, 2003). Les espèces des eaux rapides diffèrent nettement de celles des eaux stagnantes. En raison des contraintes techniques, la vitesse a été estimée à l'aide d'un bouchon de liège lancé sur 10 m de distance, le temps étant chronométré pour calculer la vitesse moyenne.



Figure 24 : Prélèvement des paramètres physico-chimiques. (Semaali, 2025).

3.4. Analyse des données

L'analyse des résultats obtenus repose sur un traitement statistique de base et une représentation graphique permettant une meilleure interprétation des données collectées sur le terrain.

3.4.1. Traitement statistique

Les analyses statistiques élémentaires ont été réalisées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Ce dernier a permis de calculer : les moyennes des différentes variables mesurées, les sommes globales nécessaires pour l'évaluation de certains indices. Les données ont ensuite été représentées graphiquement sous forme de courbes, histogrammes et diagrammes circulaires afin d'illustrer les variations spatio-temporelles des paramètres étudiés.

3.5. Organisation et structure du peuplement

Les peuplements aquatiques observés sont décrits à travers des descripteurs quantitatifs permettant d'analyser leur diversité, leur structure et leur dynamique écologique.

3.5.1. Richesse spécifique (S)

La richesse spécifique représente le nombre total d'espèces différentes présentes au sein d'une communauté écologique, d'un paysage ou d'une région donnée. Elle constitue un

indicateur fondamental en écologie de la conservation, permettant d'évaluer la sensibilité des écosystèmes ainsi que la vulnérabilité des espèces qui les composent.

3.5.2. Organisation d'un peuplement

Selon Ramade (1984) in Meziane (2009), la biocénose peut être caractérisée par :

- **L'abondance** : nombre total d'individus échantillonnés pour chaque taxon.
- **La fréquence** : rapport entre le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée ($P_{\square}$) et le nombre total de relevés effectués (P), exprimé en pourcentage selon la formule :

$$C = \frac{(p \times 100)}{p}$$

3.5.3. Structure du peuplement

La structure reflète la répartition des individus entre les différentes espèces composant un peuplement donné. Elle permet une lecture globale de l'organisation écologique de la communauté biologique à l'aide de deux approches principales :

- Les modèles de distribution d'abondance : comme ceux de Preston, Motomura ou MacArthur (Touati, 2008).
- Les indices de diversité spécifiques : tels que l'indice de Shannon et l'équitabilité (Mekki, 1998 in Meziane, 2009).

3.5.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963)

En écologie, plusieurs descripteurs statistiques sont mobilisés afin de caractériser la diversité des peuplements. Si le terme « biodiversité » est couramment utilisé, il est préférable ici de parler de diversité spécifique, concept plus précis et adapté à l'analyse des communautés écologiques. Cette diversité spécifique intègre à la fois le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique) et la distribution des individus parmi ces espèces (abondance relative). L'indice de Shannon-Weaver, aussi connu sous le nom d'indice de Shannon-Wiener, est l'un des indices les plus utilisés pour quantifier la diversité spécifique d'un échantillon. Il est particulièrement sensible à la fréquence relative des espèces, et croît avec l'augmentation du nombre d'espèces ou avec une distribution plus équilibrée des individus. Il atteint une valeur minimale ($H' = 0$)

lorsqu'une seule espèce domine entièrement l'échantillon, et une valeur maximale lorsque toutes les espèces sont représentées de manière équitable.

La formule de cet indice est la suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2 p_i$$

H': indice de biodiversité de Shannon (en bits)

S : nombre total d'espèces,

p_i : proportion d'individus de l'espèce i , soit n_i/N , avec n_i le nombre d'individus de l'espèce i et N le total des individus tous taxons confondus.

Un indice élevé traduit une biodiversité importante et une répartition équilibrée des espèces.

Cet indice informe sur la structure du peuplement ainsi que sur la répartition des individus entre les espèces. Il constitue l'un des outils les plus pertinents pour l'évaluation de la diversité écologique (Bouati & Boualleg, 2019).

3.5.5. Indice d'équitabilité de Pielou (1966)

Cet indice sert à comparer les diversités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes. On définit l'équitabilités ou 'la régularité' comme étant le rapport :

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

H_{max} : la diversité maximale (**H_{max} = log S**).

S : richesse spécifique.

Chapitre 4

Résultat et discussion

Ce chapitre traite de l'analyse de la structure des communautés de macroinvertébrés à travers l'évaluation de leur abondance, fréquence et richesse spécifique, en parallèle avec l'étude des paramètres physico-chimiques du milieu aquatique au niveau d'Oued Charef.

4.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

L'étude s'appuie sur cinq paramètres abiotiques clés : température, conductivité, pH, vitesse d'écoulement et oxygène dissous.

4.1.1. Variation mensuelle de la température

La mesure de la température est indispensable, car elle conditionne la majorité des paramètres physico-chimiques de l'eau, tels que le pH et la conductivité. En effet, elle influence de nombreuses réactions chimiques (Zaouaidia, 2003) et joue un rôle central dans le cycle biologique de la plupart des insectes aquatiques. Par ailleurs, la température affecte également la répartition spatiale des espèces ainsi que la densité de leurs populations (Samraoui et al., 1993)

Les données thermiques révèlent une augmentation progressive des températures de février à avril, conformément aux attentes saisonnières. En février, les trois stations affichent des températures similaires, avoisinant 12°C. En mars, une légère divergence apparaît, avec la Station C enregistrant la valeur la plus élevée (16,3°C), suivie des Stations B (14,6°C) et 1 (13°C). En avril, la Station A présente une hausse marquée (22°C), tandis que les Stations 2 et 3 montrent des températures plus modérées (19°C et 17,7°C respectivement). Ces variations pourraient s'expliquer par des microclimats locaux ou des influences anthropiques.

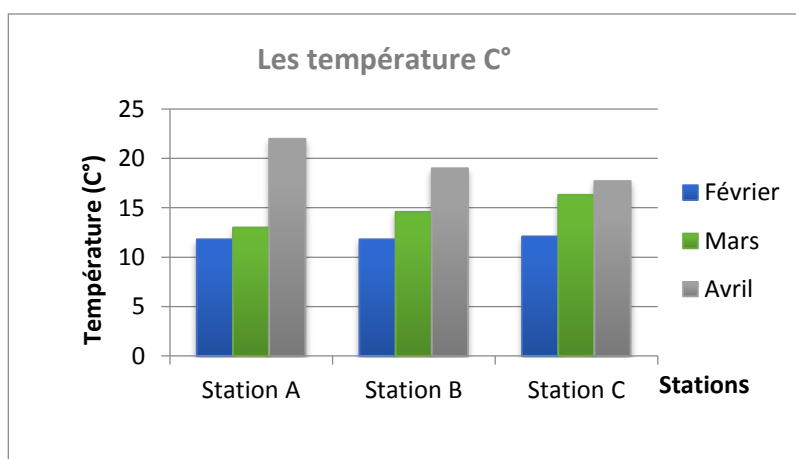


Figure 25 : Variation mensuelle de la température des trois stations.

4.1.2. Variation mensuelle du Potentiel hydrogène

Le pH constitue un indicateur clé de la qualité de l'eau, reflétant son acidité. Ce paramètre varie en fonction de plusieurs facteurs environnementaux, et ces variations

impactent la distribution des différents taxons fauniques et floristiques dans un milieu aquatique (Soualmia et al., 2013).

Le pH, montre une stabilité relative en février, avec des valeurs proches de 8 pour toutes les stations. En mars, une chute significative est observée à la Station C (4,84), suggérant une possible contamination ou un apport acide. En avril, les valeurs remontent, dépassant même 10 dans toutes les stations, ce qui pourrait indiquer une eutrophisation ou un changement saisonnier dans la composition chimique de l'eau.

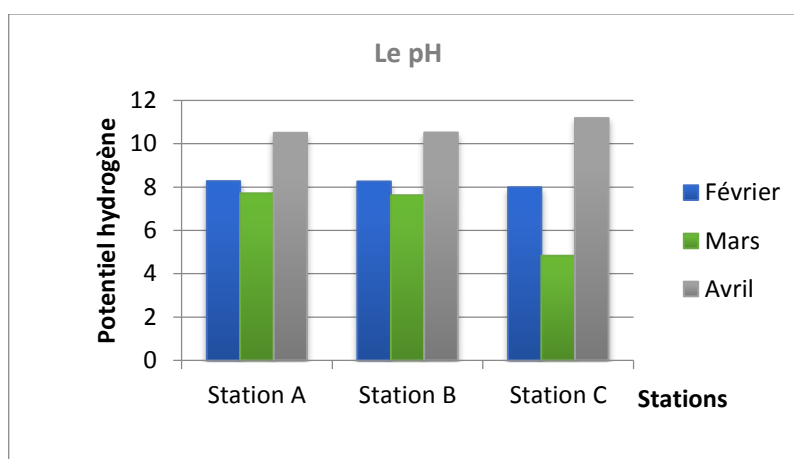


Figure 26 : Variation mensuelle du pH des trois stations.

4.1.3. Variation mensuelle de d'oxygène Dissous

La concentration en oxygène présente dans les eaux résulte de l'équilibre entre les processus de consommation et de production, ce qui provoque de fortes variations (Chaib, 2002)

Les teneurs en oxygène dissous varient notablement entre les différentes stations d'échantillonnage ainsi qu'au cours des mois observés. En février, les teneurs en oxygène dissous sont relativement homogènes, avec des valeurs moyennes proches de 6,5 mg/L, témoignant d'un équilibre stable entre les processus de production et de consommation d'oxygène. Toutefois, au mois de mars, une diminution généralisée des teneurs est enregistrée, particulièrement à la station B où la valeur chute à 4,01 mg/L. Cette baisse pourrait refléter une

augmentation de la demande biochimique en oxygène, liée notamment à une décomposition accrue de la matière organique ou à une activité microbienne intense. En avril, on observe une reprise significative des teneurs en oxygène dissous, avec un pic culminant à 9,9 mg/L toujours à la station B.

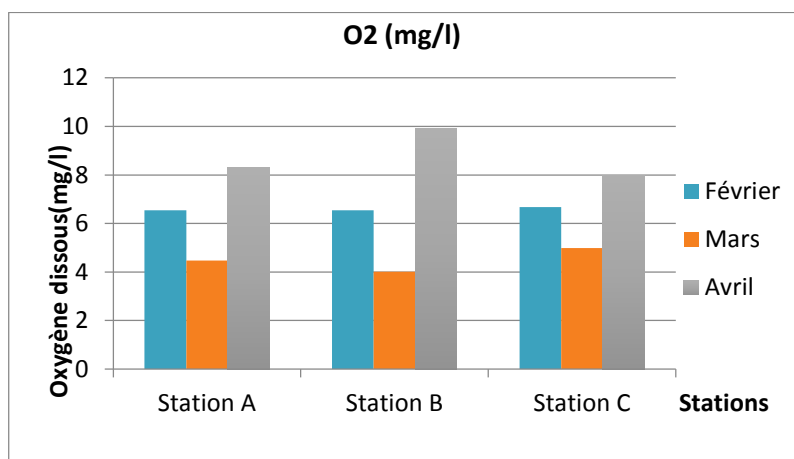


Figure 27 : Variation mensuelle d'oxygène dissous des trois stations

4.1.4. Variation mensuelle de la conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau est un paramètre physico-chimique majeur influençant la dynamique des populations aquatiques. Elle est directement proportionnelle à la concentration en sels ionisables dissous et constitue, de ce fait, un bon indicateur du degré de minéralisation des eaux (Bounacer, 1997 in Zaouaidia, 2003).

La conductivité, indicateur de la teneur en ions, est globalement stable en février (1300–1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En mars, une baisse notable survient aux Stations B et C (985 et 999 $\mu\text{S}/\text{cm}$), possiblement due à une dilution par des précipitations. En avril, les valeurs retrouvent des niveaux élevés, dépassant 1370 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui pourrait correspondre à une accumulation de sels ou à une évaporation accrue.

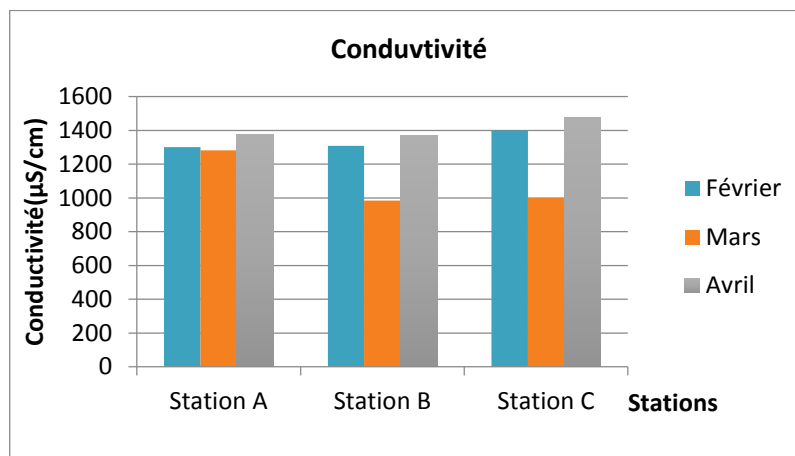


Figure 28 : variation mensuelle de la conductivité des trois stations

4.1.5. Variation mensuelle de la salinité

Les données de salinité montrent des variations mineures entre les stations. En février, les valeurs oscillent entre 0,37 et 0,58. En mars, une légère diminution est observée, suivie d'une stabilisation en avril. La Station B présente la salinité la plus élevée en février (0,58), tandis que la Station C enregistre la plus faible en avril (0,32). Ces écarts pourraient être attribués à des apports différentiels d'eau douce ou à des processus locaux d'évaporation.

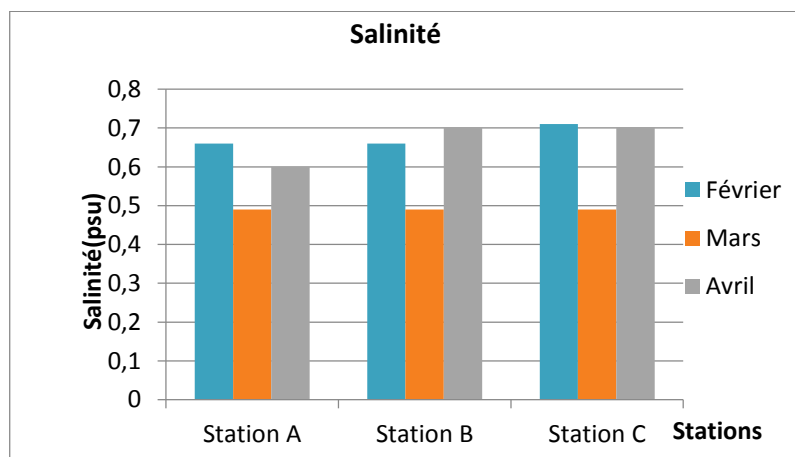


Figure 29 : Variation mensuelle de la salinité des trois stations.

4.1.6. Variation mensuelle de la vitesse de l'eau

La vitesse du courant dans les cours d'eau influence le transport des nutriments, le renouvellement de l'oxygène et la dérive des insectes. Pour y faire face, certains insectes aquatiques, comme les larves de trichoptères et d'éphémères, ont développé des adaptations morphologiques spécifiques leur permettant de résister à la force de l'eau (Soualmia et al., 2013)

Sur la base des données quantitatives recueillies, nous exposons une analyse comparative des vitesses moyennes enregistrées au niveau de trois stations distinctes sur une période trimestrielle (février à avril).. La Station A montre une augmentation progressive (0,37 → 0,45), suggérant une amélioration des conditions. La Station B présente des fluctuations, avec un pic en février (0,58) puis une baisse (0,43 → 0,42), reflétant une certaine instabilité. En revanche, la Station C enregistre une baisse constante (0,4 → 0,32), indiquant une possible dégradation. Ces variations pourraient être liées à des facteurs saisonniers, environnementaux ou opérationnels, nécessitant des analyses complémentaires pour en déterminer les causes exactes.

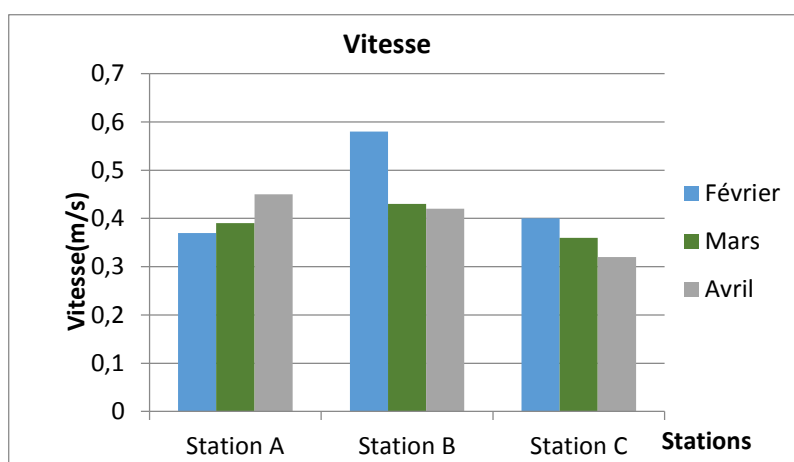


Figure 30 : Variation de la vitesse en fonction de la station.

4.2. Analyse globale de la faune benthique

Le tableau présente une synthèse détaillée des macroinvertébrés identifiés au niveau des trois stations d'échantillonnage, illustrant à la fois leur diversité taxonomique et leur répartition spatiale.

Au total, **2235** individus ont été collectés, appartenant à plusieurs embranchements, dont les Arthropodes sont les plus abondants. Les Éphéméroptères représentent le groupe le plus diversifié et le plus dominant avec cinq familles recensées, totalisant **1321** individus, soit **60 %** de l'ensemble de la faune. Les Diptères suivent avec **681** individus (**30 %**), notamment grâce à l'abondance des Chironomidae et des Simuliidae. Les autres groupes, tels que les Trichoptères (**73** individus), les Hétéroptères (**76**), les Mollusques (**29**), les Crustacés (**20**), les Annélides (**17**), et les Vertébrés (**10**), sont faiblement représentés, traduisant soit une spécialisation

écologique, soit une moindre tolérance aux conditions locales. La Station B apparaît comme la plus riche en termes d'effectifs (**863** individus), ce qui peut s'expliquer par des conditions environnementales plus favorables ou une variabilité des micros habitats.

Tableau 8 : Chick List des taxons faunistiques récoltés durant la période d'étude.

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	S(A)	S(B)	S(C)	Total
Arthropodes	Insectes	Ephéméroptère	Baetidae	286	262	318	866
			Caenidae	41	129	125	295
			Leptophlebiidae	33	10	13	56
			Heptageniidae	47	34	13	94
			Polymitarcyidae	0	0	10	10
		Odonates	Anisoptère (libellulidae)	0	0	1	1
			Zygoptère (coenagrionidae)	0	1	1	2
		Diptères	Chironomidae	193	93	33	319
			Simuliidae	77	253	11	341
			Rhagionidae	0	0	1	1
			Thamaleidae	3	17	0	20
			Ceratopogonidae	0	3	2	5
		Hétéroptères	Corixidae	0	0	63	63
			Gerridae	0	2	6	8
		Trichoptère	Philopotamidae	0	17	0	17
			Hydropsychidae	11	26	19	56
	Crustacés	Amphipode	Gammaridae	1	0	4	5
		Décapode	Astacidae	2	0	13	15
Mollusques	Gastéropodes	Hygrophila	Physidae	8	5	13	26
			Lymnidae	3	0	0	3
Annélides	Oligochètes	Haplotaxida	Lumbricidae	11	6	0	17
			Non identifie	0	3	1	4
	Achètes	Arhynchobdellida	Hirudinae	0	0	1	1
Vertébrés	Amphibiens	/	/	0	0	6	6
	Poissons	/	/	0	2	2	4
Total				716	863	656	2235

Ce tableau constitue une base précieuse pour l'évaluation écologique du cours d'eau, mettant en lumière la structure fonctionnelle et la sensibilité des communautés benthiques.

L'analyse de la répartition taxonomique révèle une domination très marquée de l'embranchement des Arthropodes, représentant **96,38 %** de la faune totale récoltée (soit **2154** individus sur **2235**). Cette prédominance illustre leur forte adaptabilité et leur diversité fonctionnelle dans les milieux lotiques d'Oued Charef. Les autres embranchements sont faiblement représentés : les Mollusques totalisent **29** individus (**1,3 %**), suivis des Crustacés (**20** individus, **0,89 %**), des Annélides (**17** individus, **0,76 %**), et des Vertébrés (**10** individus, **0,45 %**).

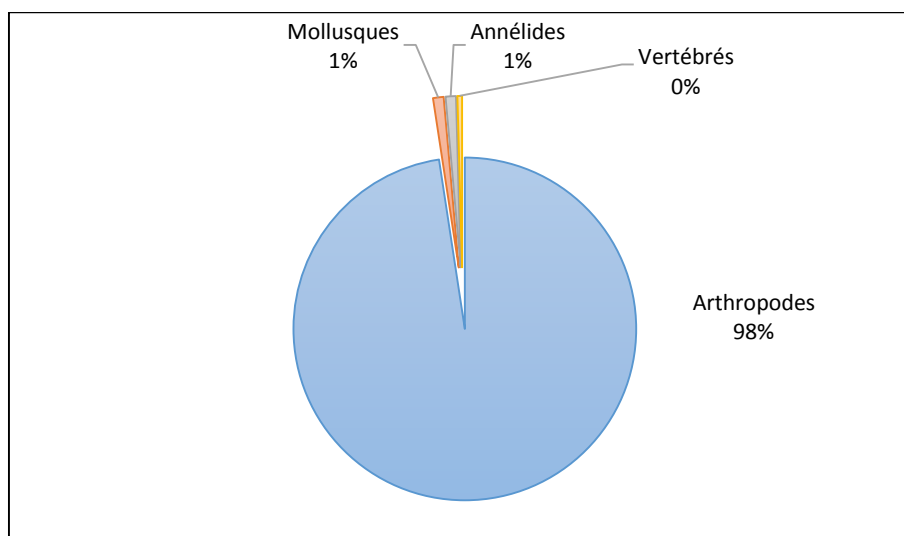


Figure 31 : Répartition globale des principaux embranchements de macroinvertébrés .

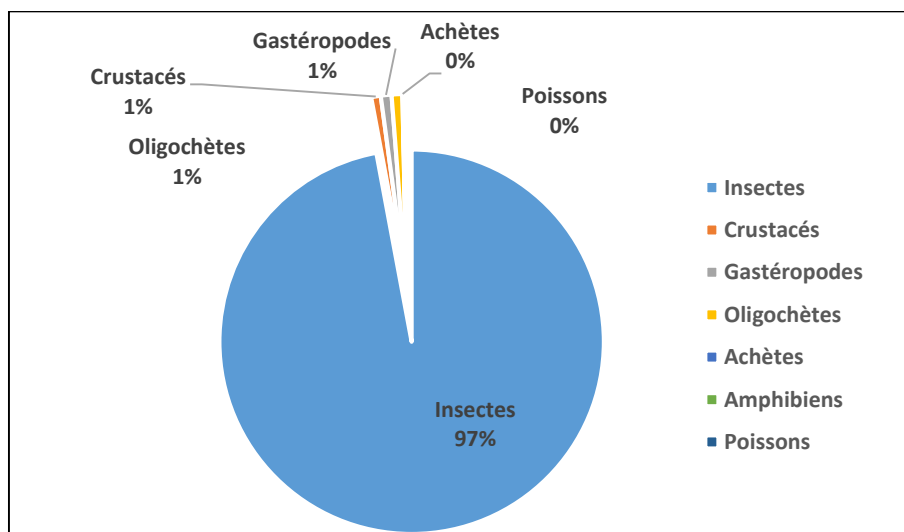


Figure 32 : Répartition globale de principales classes de macroinvertébrés.

Les classes les plus représentées dans l'ensemble des échantillons sont les Insectes, avec un total cumulé de **2072** individus, soit environ **92,7 %** de la faune totale. Les autres classes, telles que les Gastéropodes (**29** individus), les Oligochètes (**17**), les Crustacés (**20**), et les Amphibiens (**6**), affichent des valeurs nettement inférieures (Fig.33). Cette domination des Insectes témoigne de leur plasticité écologique élevée et de leur capacité à coloniser divers microhabitats au sein du cours d'eau étudié.

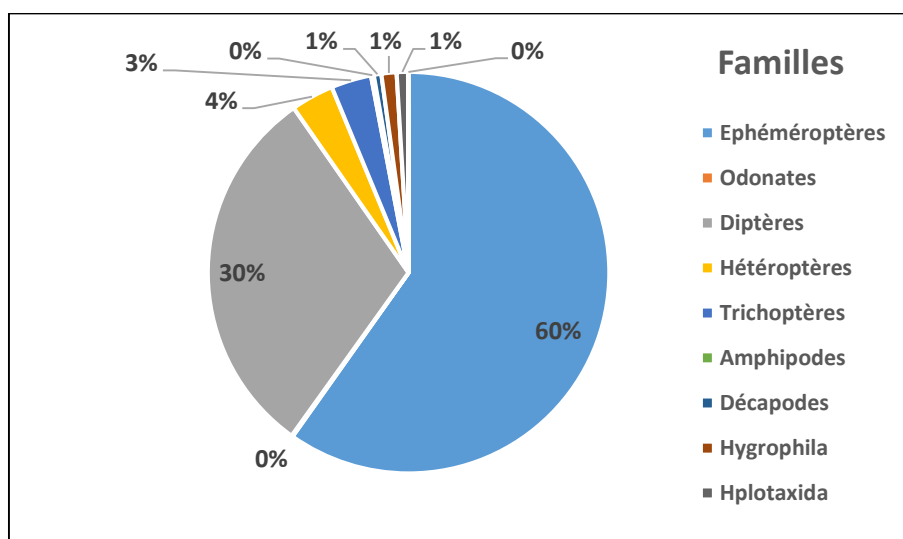


Figure 33 : Abondance de la faune globale des macroinvertébrés dans la zone d'étude.

La répartition des taxa faunistiques montre une nette prédominance des Éphéméroptères dans toutes les stations, totalisant **1321** individus (**60 %**). Les Diptères viennent ensuite avec **681** individus (**30%**), suivis par les Trichoptères (**73** individus, **3,3 %**). Les autres groupes tels que les Hétéroptères, Odonates, Mollusques, Crustacés et Vertébrés présentent des effectifs très faibles. Cette composition reflète une forte dominance d'organismes indicateurs d'eaux bien oxygénées et en bon état écologique (Fig.34).

4.2.1. L'abondance des taxa faunistique dans Les trois stations

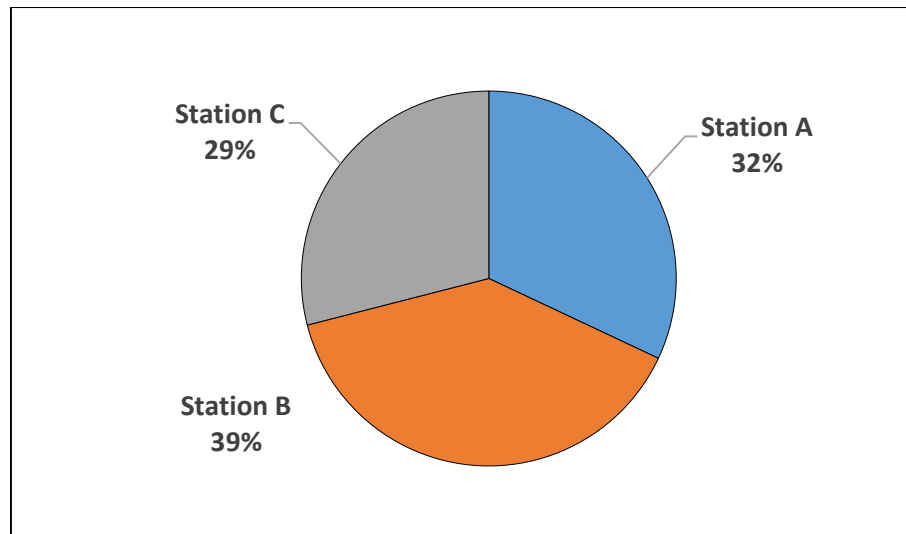


Figure 34 : Répartition globale des taxa faunistiques dans les trois stations.

L'abondance totale des macroinvertébrés collectés dans la zone d'étude s'élève à **2235** individus, répartis de manière inégale entre les stations. La Station B est la plus productive avec **863** individus (**39 %**), suivie par la Station A (**716** individus, **32%**) et la Station C (**656** individus, **29 %**)(Fig.35). Cette répartition suggère une variabilité des conditions écologiques et micro-habitats offerts par chaque station, influençant directement la densité des organismes présents.

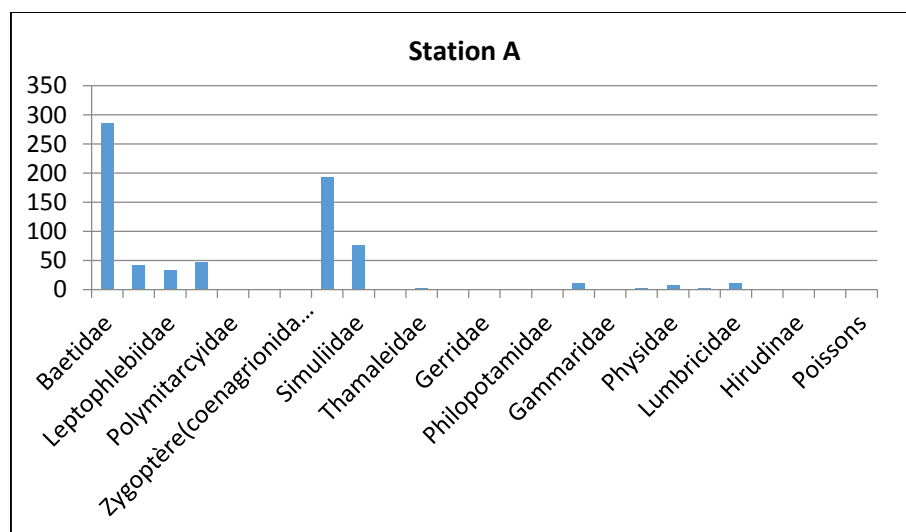


Figure 35 : Composition taxinomique de la faune benthique dans la station A.

Dans la Station A, les Éphéméroptères dominent largement avec un total cumulé de **407** individus, représentant **56,9 %** de la faune locale. Les Diptères suivent avec **273** individus (**38,1 %**), tandis que les autres groupes (Trichoptères, Mollusques, Crustacés, etc.) sont très faiblement représentés. Cette composition met en évidence une biodiversité centrée sur les insectes aquatiques tolérants aux conditions spécifiques de cette station.

Cette station présente une combinaison de conditions physico-chimiques relativement favorables, notamment une bonne oxygénation, une alcalinité marquée du pH, et une température plus élevée que dans les autres stations. La vitesse du courant y est stable, et la conductivité reste importante. Ces paramètres expliquent la co-dominance des Éphéméroptères et des Diptères, reflétant un milieu moyennement perturbé, favorable à la fois aux espèces sensibles et aux espèces plus tolérantes.

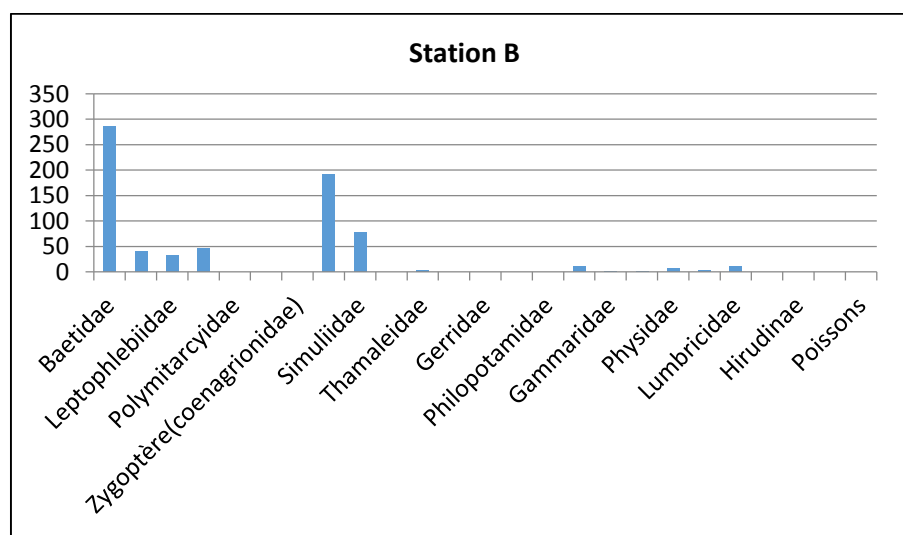


Figure 36 : Composition taxinomique de la faune benthique dans la station B.

La Station B se distingue par la prévalence des Diptères, qui atteignent **366** individus (**42,4 %**), notamment grâce à la forte présence des Simuliidae. Les Éphéméroptères, bien que nombreux (**435** individus, **50,4 %**), sont légèrement moins dominants que dans les autres stations. Cette répartition indique une niche écologique favorable à ces groupes, probablement en lien avec les caractéristiques physiques locales telles que le substrat ou le courant (Fig.36).

Elle se distingue par des variations notables dans les paramètres physico-chimiques, en particulier une forte fluctuation de l'oxygène dissous et de la conductivité. Le pH est également élevé et la vitesse du courant en légère baisse. Ce profil instable crée une diversité d'habitats,

ce qui favorise une faune variée composée d'espèces opportunistes comme les Diptères, tout en maintenant une forte représentation des Éphéméroptères. Cela traduit un environnement dynamique avec une hétérogénéité écologique élevée.

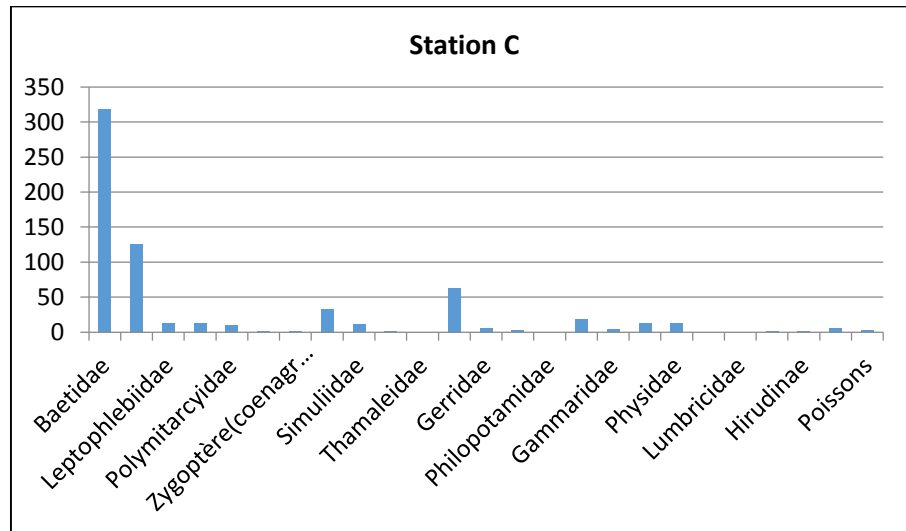


Figure 37 : Composition taxinomique de la faune benthique dans la station C.

Dans la Station C, les Éphéméroptères retrouvent leur suprématie avec **479** individus (**73 %**), illustrant une affinité particulière avec les conditions environnementales de cette station. Les autres groupes comme les Diptères (**45** individus, **6,9 %**) et les Mollusques (**13** individus, **2 %**) sont très minoritaires. Cette configuration traduit un écosystème à dominance d'espèces sensibles et spécialisées. Cette station montre une stabilité écologique supérieure : température modérée, pH élevé mais constant, salinité faible, et baisse progressive de la vitesse du courant. Ces conditions semblent particulièrement propices aux Éphéméroptères, qui dominent largement la composition faunistique. La faible représentation des Diptères suggère un milieu moins soumis aux apports organiques ou aux perturbations, ce qui reflète un état écologique globalement sain et bien structuré (Fig.37).

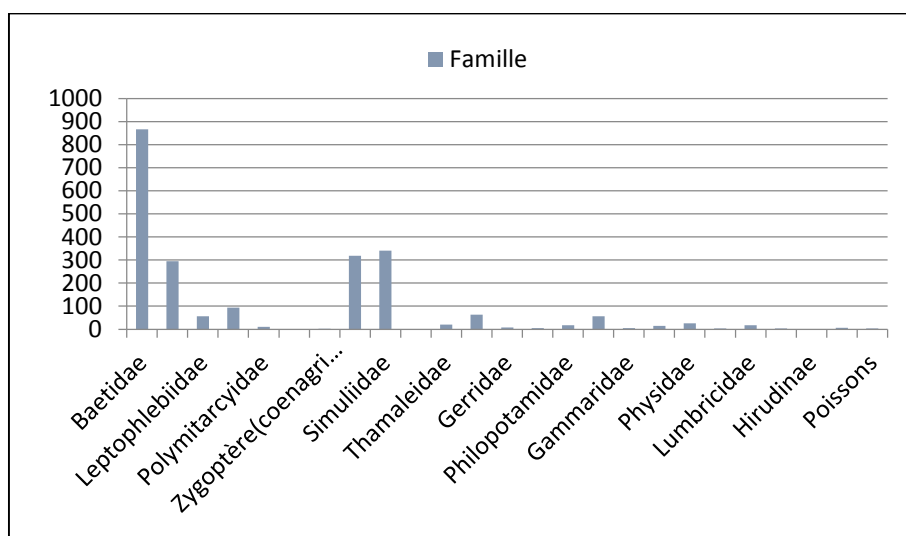


Figure 38 : L'abondance totale des taxa faunistique

L'analyse de l'abondance totale montre une prédominance de la station B en termes d'individus (**863**), suivie de Station A (**716**) et Station C (**656**). Les Baetidae, Simuliidae et Chironomidae sont les familles les plus abondantes, traduisant une forte tolérance aux conditions variables du milieu. À l'inverse, certaines familles comme les Libellulidae ou les Gerridae sont très faiblement représentées, ce qui suggère une sensibilité écologique ou une faible présence locale. Cette distribution reflète l'influence des facteurs environnementaux sur la structuration des communautés faunistiques (Fig.38).

4.2.2. Analyse écologique de l'abondance taxinomique des éphéméroptères et des diptères.

La structure taxinomique des Éphéméroptères et des Diptères reflète fidèlement les conditions écologiques propres aux stations échantillonnées. Chez les Éphéméroptères, la nette dominance des Baetidae (**866** individus, soit **65,6 %**) (Fig.39), traduit leur capacité d'adaptation à une large gamme de conditions, notamment des débits variables et des teneurs en oxygène modérées. Cette abondance élevée, couplée à la présence de familles plus exigeantes comme les Heptageniidae et les Leptophlebiidae, confirme la qualité écologique globale des stations, en particulier la station C, caractérisée par une stabilité physico-chimique (température modérée, faible salinité, vitesse de courant stable). La diversité au sein de cet ordre indique ainsi un habitat bien structuré, relativement peu perturbé.

Du côté des Diptères, la répartition est dominée par deux familles opportunistes : les Simuliidae (**341** individus, **50,1 %**) et les Chironomidae (**319** individus, **46,8 %**), qui ensemble représentent plus de **97 %** de l'ordre (Fig.40). Leur forte présence, notamment dans la station

B, coïncide avec des conditions environnementales instables telles que les fluctuations de l'oxygène dissous, la conductivité variable et une baisse progressive du débit. Ces paramètres traduisent un milieu plus dynamique, voire perturbé, qui favorise la colonisation par des taxons tolérants aux variations abiotiques et à une pollution organique modérée. Ce schéma illustre une complémentarité fonctionnelle entre les deux ordres dans la réponse écologique aux gradients environnementaux du cours d'eau.

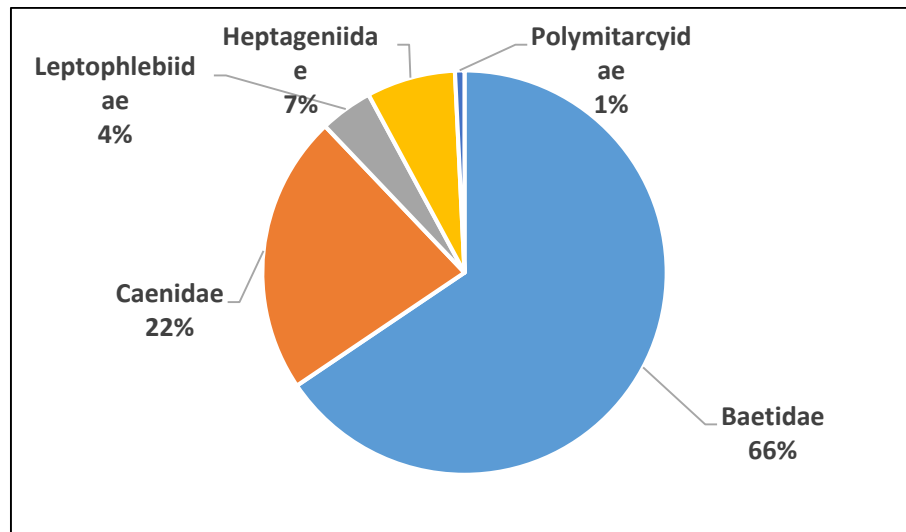


Figure 39 : L'abondance taxinomique des éphéméroptères

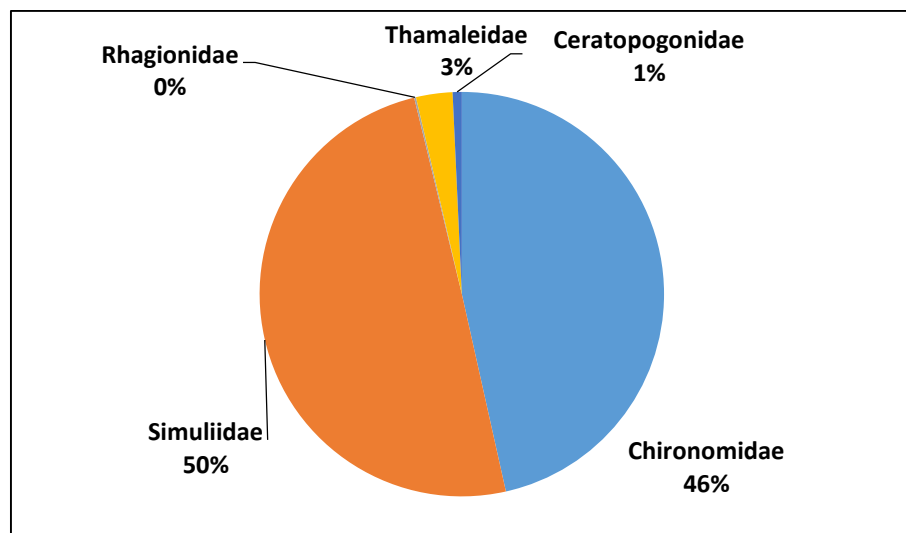


Figure 40 : L'abondance taxinomique des diptères

4.3. La structure d'un peuplement

4.3.1. L'abondance totale

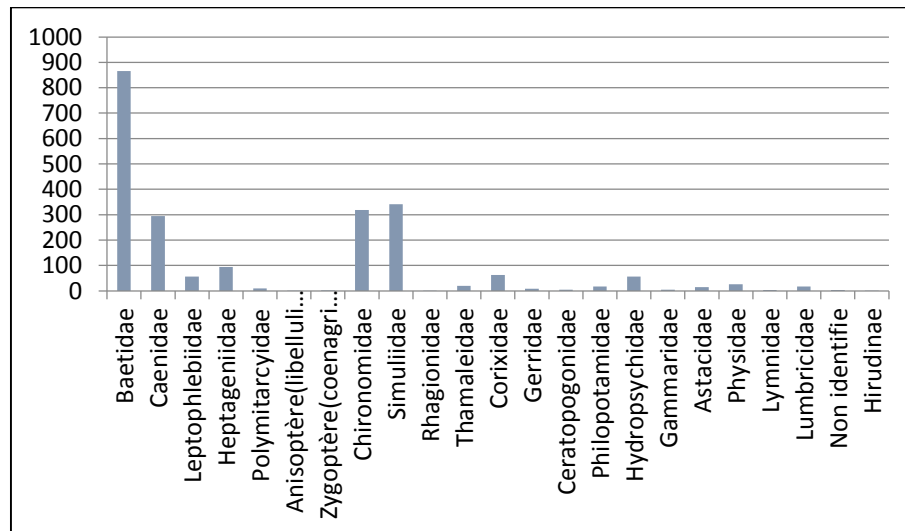


Figure 41 : L'abondance totale de taxa faunistique.

4.3.2. L'abondance des macroinvertébrées en fonction du temps

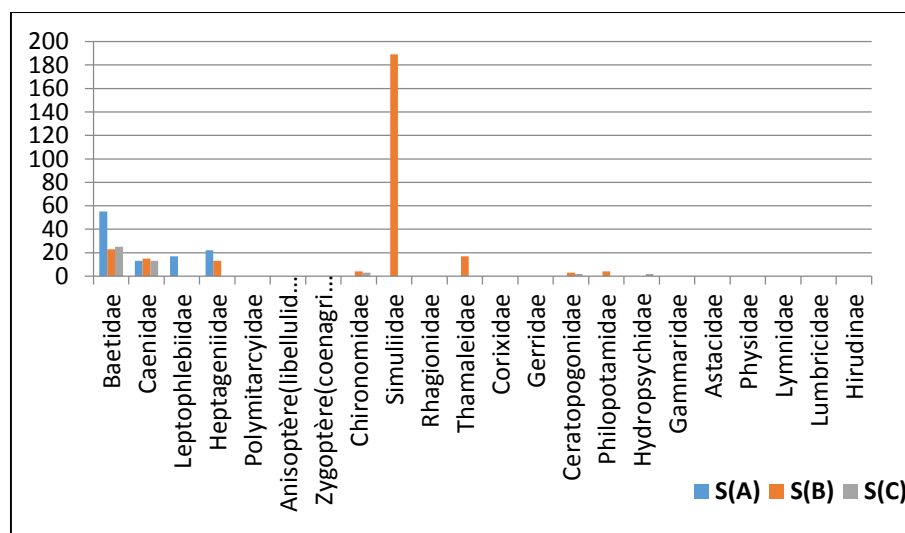


Figure 42 : L'abondance des macros invertébrées en Février.

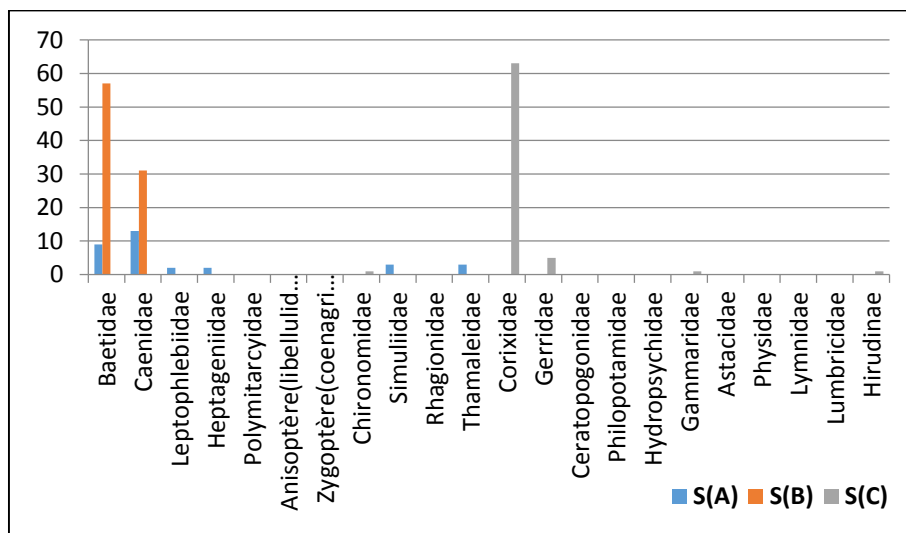


Figure 43 : L'abondance des macros invertébrées en Mars.

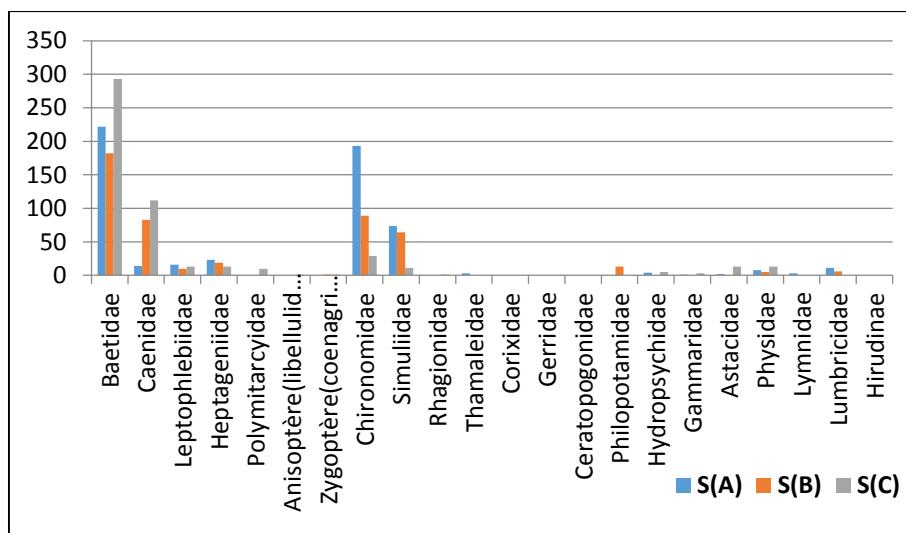


Figure 44 : L'abondance des macros invertébrées en Avril.

→ **Mois de février :**

Lors de cette première campagne, la station d'Oued Charef (Station A - Ain Sania) est caractérisée par une prédominance des Heptageniidae avec **22** individus, témoignant de conditions hydrologiques bien oxygénées. La station d'Oued Charef (Station B - Ain Hsainia) présente une forte abondance des Simuliidae avec **189** individus, indiquant un écoulement rapide et des substrats favorables à cette famille. Quant à la station de Bouhamdane (Station C - Mdjez Amar), elle est dominée par les Caenidae avec **13** individus, traduisant un milieu plus calme (Fig.42).

→ **Mois de Mars :**

Durant la deuxième campagne, les Caenidae dominant dans les stations d'Oued Charef (**13** individus) et Oued Charef (**31** individus), montrant leur bonne adaptation à différents types de substrats. En revanche, Bouhamdane se distingue par une forte abondance des Corixidae avec **63** individus, souvent associée aux eaux calmes et aux zones végétalisées (Fig.43).

→ **Mois d'Avril :**

Enfin, la troisième campagne révèle une explosion des Chironomidae dans les stations d'Oued Charef (**193** individus) et Oued Charef (**89** individus), indiquant une possible accumulation de matière organique ou une pollution organique modérée. À Bouhamdane, ce sont les Caenidae qui prédominent avec **112** individus, montrant une stabilité écologique relative (Fig.44).

4.4. La richesse spécifique

Au cours de notre étude, une variation de la richesse spécifique a été observée au niveau des stations échantillonnées Fig. La richesse la plus élevée a été enregistrée au mois d'avril, notamment dans certaines stations où les conditions écologiques semblent favorables. À l'inverse, une diminution notable est constatée en mars dans certaines stations, traduisant possiblement l'effet de perturbations environnementales passagères. L'évolution mensuelle de la richesse spécifique révèle une variabilité modérée. Celle-ci pourrait être liée, d'une part, aux conditions abiotiques comme la température, qui limite le développement de certains groupes, et d'autre part, à l'impact anthropique (rejets, pâturage, pompage, etc.) exercé de manière variable selon les stations.

Tableau 9 : Variation de la richesse spécifique par station.

Station	Février	Mars	Avril
Station A	4	6	13
Station B	9	2	10
Station C	6	6	16

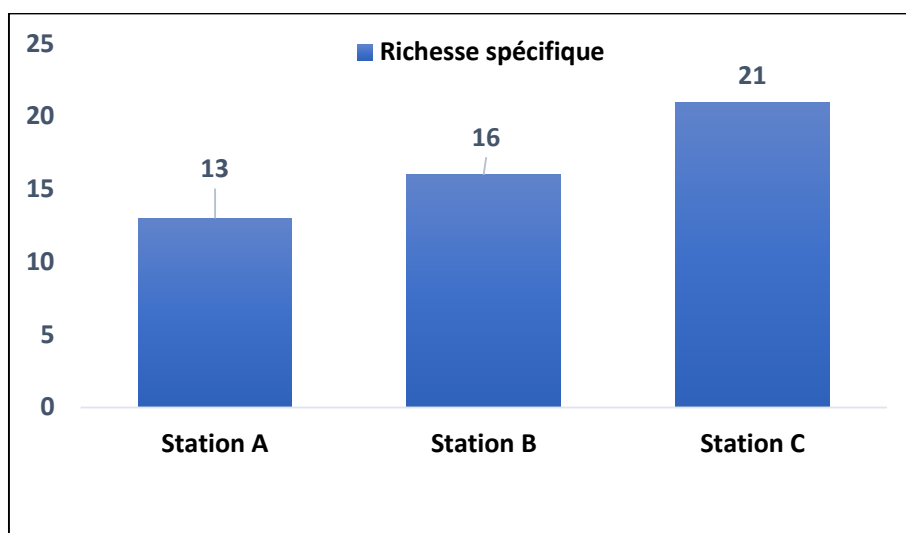


Figure 45 : La richesse spécifique générale des stations.

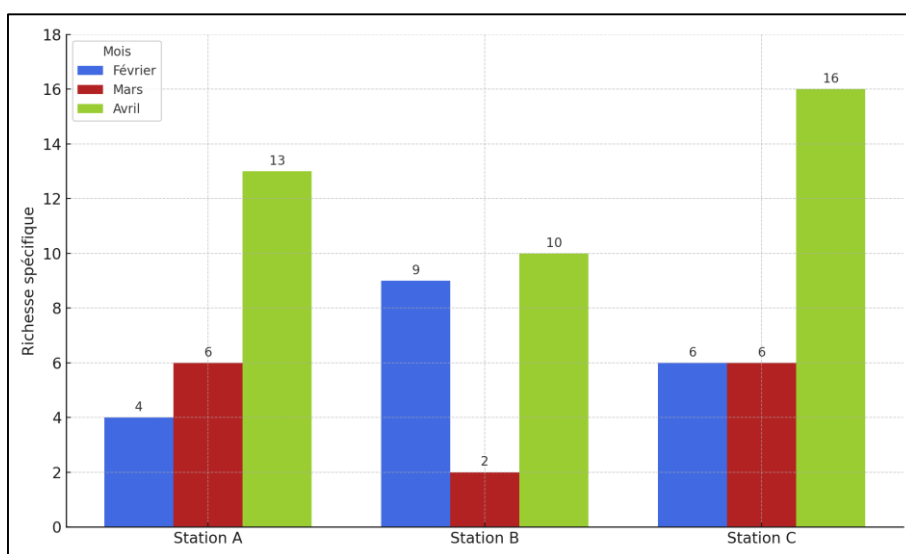


Figure 46 : Variation mensuelle de la richesse spécifique par station.

4.4.1. L'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité

L'indice de Shannon-Wiener a été utilisé pour analyser les variations temporelles de la diversité, notamment en réponse à l'augmentation ou à la diminution de la pollution (Pearson & Rosenberg, 1978). Par ailleurs, selon Grall et Coïc (2006), l'indice d'équitabilité permet d'évaluer la manière dont les individus sont répartis entre les espèces ou groupes faunistiques, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0, indiquant une forte dominance d'une espèce, à 1, traduisant une répartition équitable des individus entre les espèces.

Bien que largement utilisés, les indices de Shannon-Wiener et d'équitabilité présentent certaines limites méthodologiques. Leur sensibilité à la taille des échantillons et aux

caractéristiques propres à chaque habitat, même en l'absence de perturbations, peut fausser l'interprétation des résultats. Pour les utiliser comme indicateurs fiables de l'état écologique d'un milieu, il est donc indispensable de définir au préalable des seuils de référence adaptés à chaque type d'habitat et à la surface d'échantillonnage considérée (Grall & Coïc, 2006).

Les résultats obtenus pour l'indice de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (E) révèlent des différences notables entre les trois stations échantillonnées :

- Station A présente la plus haute valeur de l'indice de Shannon (**1,43 bits**), traduisant une diversité spécifique relativement élevée. Cette station enregistre également la valeur la plus élevée d'équitabilité (**0,77**), indiquant une répartition relativement homogène des individus entre les espèces présentes. Ce résultat suggère un écosystème plus équilibré et potentiellement moins perturbé.
- Station B montre une valeur intermédiaire pour l'indice de Shannon (**1,16 bits**) ainsi qu'un niveau d'équitabilité légèrement inférieur (**0,73**). Cela reflète une diversité modérée avec une certaine dominance d'espèces, mais une distribution encore relativement équilibrée.
- Station C enregistre les valeurs les plus faibles tant pour la diversité (**1,12 bits**) que pour l'équitabilité (**0,53**). Ce niveau faible d'équitabilité suggère une prédominance marquée d'une ou de quelques espèces, traduisant potentiellement un déséquilibre écologique ou une pression environnementale accrue.

Ces indices indiquent que la Station A présente la communauté biologique la plus diversifiée et la mieux répartie, ce qui peut être interprété comme un signe de bonne qualité écologique. À l'inverse, la Station C semble plus déséquilibrée et moins diversifiée, ce qui pourrait résulter d'un stress environnemental, d'une pollution ou d'autres facteurs anthropiques affectant la composition des communautés biologiques

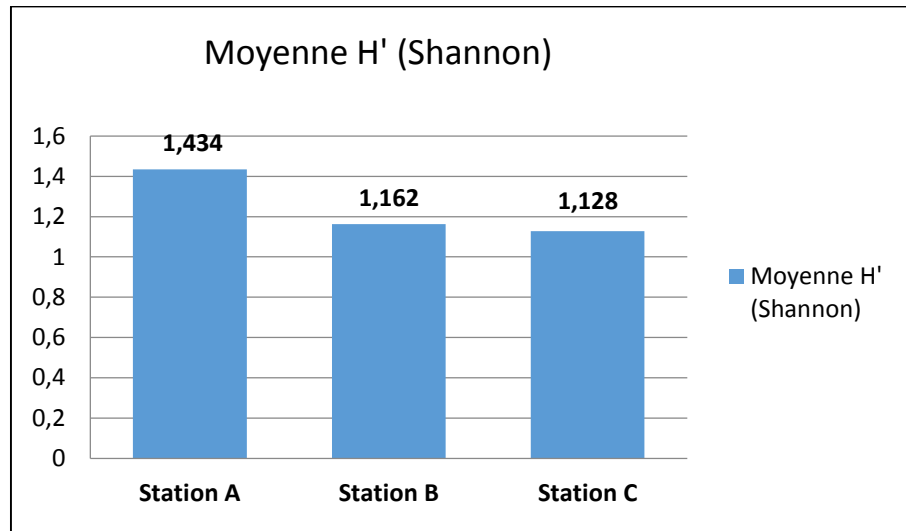


Figure 47 : Variation de l'indice de Shannon entre les stations étudiées.

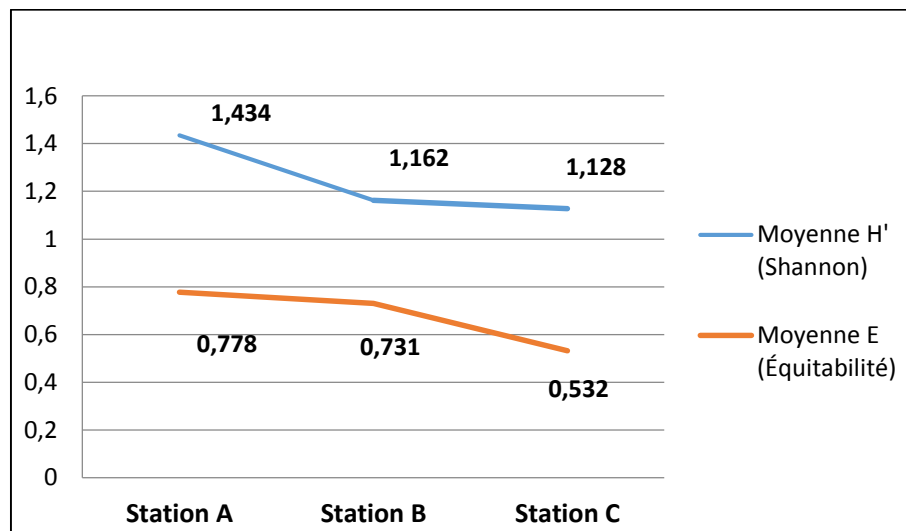


Figure 48 : Variation des indices de Shannon et d'Équitabilité.

Conclusion

Conclusion

L'analyse intégrée des données physico-chimiques et biologiques menée dans le cadre de cette étude a permis d'appréhender de manière approfondie la structure des communautés de macroinvertébrés au niveau de l'oued Charef, à travers l'évaluation de trois stations suivies entre février et avril.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des contrastes écologiques notables entre les sites, lesquels se sont directement répercutés sur la composition faunistique benthique. Les paramètres physico-chimiques ont révélé des différences significatives en matière de qualité de l'eau. La station (A) a présenté une situation relativement stable, caractérisée par une diversité biologique modérée et des conditions physico-chimiques globalement équilibrées, témoignant d'un milieu en équilibre relatif. La station (B), en revanche, a été soumise à un niveau de perturbation modéré, reflété par des variations importantes dans certains paramètres comme l'oxygène dissous et la conductivité, ainsi que par une dominance d'espèces tolérantes à la pollution. Quant à la station C, elle s'est distinguée par une faible richesse spécifique et une équitabilité réduite, indiquant un déséquilibre écologique notable probablement dû à des pressions environnementales ou anthropiques.

Sur le plan biologique, les campagnes d'échantillonnage ont permis de recenser 2235 individus de macroinvertébrés, dont la grande majorité appartenait à la classe des insectes, avec une domination marquée des ordres éphéméroptère et diptère.

La structure taxonomique observée reflète l'influence directe des conditions locales : la station (A) a été dominée par les éphéméroptères, indicateurs d'une bonne qualité de l'eau, tandis que les diptères, tolérants à la pollution, étaient particulièrement abondants dans la station (B). La station (C) a quant à elle présenté une composition équilibrée entre ces deux groupes, suggérant un milieu de transition entre stabilité et perturbation.

L'analyse des indices de diversité, notamment l'indice de Shannon et l'équitabilité, a confirmé ces tendances. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à la station (A), traduisant une meilleure diversité et une distribution plus homogène des individus entre les taxons, contrairement aux stations (B) et (C), où ces indices étaient plus faibles, témoignant d'un impact environnemental plus prononcé.

Dans l'ensemble, ces résultats soulignent l'importance des macroinvertébrés en tant que bioindicateurs fiables pour l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau. Ils mettent également en évidence la nécessité de surveillances régulières des paramètres physico-chimiques et biologiques, dans un contexte de pressions anthropiques croissantes et de changements climatiques, en vue d'assurer la préservation de l'équilibre écologique des milieux lotiques.

Bien des aspects restent à approfondir ; cette étude constitue une modeste contribution à une meilleure compréhension de la diversité et de la qualité biologique d'un écosystème lotique.

Références Bibliographiques

References bibliographiques

- ABH: Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois - Seybouse – Mellegue, 1999. Cahiers de l’agence (ministère de l’équipement et de l’aménagement du territoire).
- Angelier, E. (2000). *Écologie des eaux courantes*. Paris : Masson.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish* (2nd ed.). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. EPA 841-B-99-002.
- Belkharchouche, H., & Larifi, M. (2019). *Analyse bioclimatique du bassin de Guelma à l’aide du quotient d’Emberger*.
- Belkharchouche, H., & Larifi, M. (2019). *Analyse bioclimatique du bassin de Guelma à l’aide du quotient d’Emberger*.
- Belkharchouche, H. & Larifi, Y. 2019 . Contribution à l’étude Odonatologique du sous bassin versant d’El Malleh .Mémoire de Master.Univ de Guelma. 121p
- Benmarce, H. (2007). *Topographie et géomorphologie de la région de Guelma*.
- Benmarce, H. (2007). *Topographie et géomorphologie de la région de Guelma*.
- Benmarce, K. (2007). *Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux Souterraines dans la région de Guelma (ne algérien)* (Doctoral dissertation, Annaba).
- Bensakhri, Y. (2014). *Analyse hydrologique du bassin versant de l’oued Cherf*.
- Bensakhri, Y. (2014). *Analyse hydrologique du bassin versant de l’oued Cherf*.
- Bouati, H., & Boualleg, M. (2019). *Application de l’IBGN et évaluation de la biodiversité aquatique*.
- Bouchelaghem, N. (2008). *Les Odonates : biologie et écologie*.
- Bouchelaghem, N. (2008). *Les Odonates : biologie et écologie*.
- Bouchelaghem, N. (2008). *Les Odonates : biologie et écologie*.
- Bouhala Z. (2012). *Contribution à l’étude des macroinvertébrés de Oued Charfe (Oued Seybouse)* Mémoire de Magister, Université 08 Mai 1945 De Guelma, pages 9,10.

References bibliographiques

- Bouhala, Z. (2021). *Évaluation écologique de quelques cours d'eau de l'Est algérien à travers l'étude des macroinvertébrés benthiques*. [Mémoire de Master, Université de Guelma].
- Brahmia, H. (2016). *Géomorphologie et dynamique fluviale du bassin de Guelma*.
- Brahmia, H. (2016). *Géomorphologie et dynamique fluviale du bassin de Guelma*.
- Chaâfa, A. (2019). *Impacts des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques du Nord-Est algérien*. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 5(2), 45-56.
- Daget, P. (1977). *Les biocénoses aquatiques d'Afrique du Nord*.
- Daget, P. (1977). *Les biocénoses aquatiques d'Afrique du Nord*.
- Dajoz, R. (1985). *Précis d'écologie*. Paris : Dunod.
- Debieche, T. H. (2002). *Étude hydrogéochimique et isotopique des nappes profondes dans le nord-est algérien*. [Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté].
- Debieche, T. H. (2002). *Étude hydrogéochimique et isotopique des nappes profondes dans le nord-est algérien*.
- Djerrab Muriel, (2018) : *Le stress hydrique en Algérie : cas de la wilaya de Guelma*, université 8 Mai 1945, Guelma
- Emberger, L. (1931). *Une classification biogéographique des climats*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 192, 389–390.
- Emberger, L. (1931). *Une classification biogéographique des climats*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 192, 389–390.
- Encarta. (2008). *Encyclopédie Microsoft Encarta*. Microsoft Corporation. [cité dans Narsis, 2008].
- Encarta. (2008). *Encyclopédie Microsoft Encarta*. Microsoft Corporation.
- Gaussen, H. (1954). *Le climat, les sols, la végétation*. Toulouse : Armand Colin.
- Gaussen, H. (1954). *Le climat, les sols, la végétation*. Toulouse : Armand Colin.
- Ghachi A, (1986) : *Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie « Le Bassin de La Seybouse »*, Ed. Office des publications *Universitaires*, Ben Aknoun- Alger, 510p

References bibliographiques

- Ghachi, M. (1986). *Géologie des terrains du bassin de la Seybouse*. In Satha, H. (2008).
- Ghachi, M. (1986). *Géologie des terrains du bassin de la Seybouse*. In Satha, H. (2008).
- Grall, J., & Coïc, N. (2005). *Éléments de structuration des communautés benthiques*.
- Hamzaoui, A. (2015). *Définition des invertébrés et leur classification*.
- Hamzaoui, A. (2015). *Définition des invertébrés et leur classification*.
- Hamzaoui, A. (2015). *Définition des invertébrés et leur classification*.
- Hellawell, J. M. (1986). *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier Applied Science Publishers.
- Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432.
- Huguet, L. (2006). Photosynthèse et oxygénation dans les écosystèmes aquatiques.
- Hynes, H. B. N. (2001). *The Ecology of Running Waters*. Toronto : University of Toronto Press.
- Illies, J., & Botosaneanu, L. (1963). Problèmes zoogéographiques et écologiques des eaux courantes. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 12, 1–57.
- Invertébrés d'eau douce. (2010). *Guide d'identification et d'écologie des macroinvertébrés aquatiques*.
- Invertébrés d'eau douce. (2010). *Guide d'identification et d'écologie des macroinvertébrés aquatiques*.
- Invertébrés d'eau douce. (2010). *Guide d'identification et d'écologie des macroinvertébrés aquatiques*.
- Lamarck, J.-B. (2003). *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*.
- Lamarck, J.-B. (2003). *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*.
- Lamarck, J.-B. (2003). *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*.

References bibliographiques

- Larousse. (1973). *Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse*. Paris : Librairie Larousse.
- Larousse. (1973). *Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse*. Paris : Librairie Larousse.
- Leraut, P. (2003). *Les insectes : Classification et clés de détermination des principales familles*. Paris : Éditions Delachaux et Niestlé.
- Leraut, P. (2003). *Les insectes : classification et clés de détermination des principales familles*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Leraut, P. (2003). *Les insectes : classification et clés de détermination des principales familles*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Les macro-invertébrés benthiques. (2014). *Rôle écologique et importance bioindication*.
- Les macro-invertébrés benthiques. (2014). *Rôle écologique et importance bioindication*.
- Les macro-invertébrés benthiques. (2014). *Rôle écologique et importance bioindication*.
- Louamri A, (2013) : Le Bassin-Versant De La Seybouse (Algérie Orientale) : Hydrologie Et Aménagement Des Eaux .Thèse Doctorat, *Université de Constantine*300p.
- Mehimdat, H. (2013). Contribution à l'écologie et l'inventaire des algues macrophytes bio-indicatrices d'eaux douces dans la région de Guelma.
- Mekaoui, K., & Bennour, K. (2016). *Hydrologie des sous-bassins de la Seybouse*.
- Mekaoui, K., & Bennour, K. (2016). *Hydrologie des sous-bassins de la Seybouse*.
- Mekki, A. (1998). Évaluation de la diversité spécifique en milieu aquatique.
- Meziane, M. (2009). Analyse de la structure des peuplements aquatiques en milieu semi-aride.
- Minshall, W. G., & Minshall, J. N. (1977). Microhabitat and Macroinvertebrate Distributions in Streams. *Ecological Monographs*, 47(2), 167–187.
- Moisan, A. (2010). *Morphologie et classification des larves aquatiques*.
- Moisan, A. (2010). *Morphologie et classification des larves aquatiques*.

References bibliographiques

- Moisan, A. (2010). Morphologie et classification des larves aquatiques.
- Musy, A., & Higy, C. (2004). *Hydrologie appliquée : cours et exercices corrigés*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Musy, A., & Higy, C. (2004). *Hydrologie appliquée : cours et exercices corrigés*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Narsis, M. (2008). *Étude géographique des oueds du Nord-Est algérien*.
- Narsis, M. (2008). *Étude géographique des oueds du Nord-Est algérien*.
- Piélou, E. C. (1966). The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144.
- Pinel-Alloul, B., Méthot, G., Verreault, G., & Vigneault, Y. (1996). *Biological survey of benthic invertebrates for the assessment of ecosystem quality in freshwater*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 41(1), 83–98.
- Quézel, P. (1979). *Les étages bioclimatiques de la région méditerranéenne*.
- Quézel, P. (1979). *Les étages bioclimatiques de la région méditerranéenne*.
- Ramade, F. (1984). *Éléments d'écologie appliquée*. Paris : McGraw-Hill.
- Reggam, F., Djabri, L., & Hani, A. (2015). *État hydrologique du bassin de la Seybouse*.
- Reggam, F., Djabri, L., & Hani, A. (2015). *État hydrologique du bassin de la Seybouse*.
- Robier, A. (1996). *Mesure de la qualité des eaux*. Paris : Éditions Tec & Doc.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, NY: Chapman & Hall.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, NY : Chapman & Hall.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, NY : Chapman & Hall.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall.

References bibliographiques

- Samraoui, B. (2021a). *Biodiversité des invertébrés aquatiques dans les zones humides de l'Est algérien*. Journal Algérien des Sciences de l'Eau, 6(1), 33-48.
- Samraoui, B. (2021b). *Macroinvertébrés benthiques des oueds côtiers : composition, distribution et implications écologiques*. Bulletin de la Société Zoologique d'Algérie, 12(1), 15-28.
- Samraoui, B. (2021c). *Effets des pressions anthropiques sur les invertébrés aquatiques dans les cours d'eau semi-arides*. Revue Nord Africaine d'Écologie, 3(2), 21-37.
- Samraoui, B., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., Sartori, M., Gattolliat, J. L., & Samraoui, F. (2021). Life history and ecology of the Maghrebian endemic Choroterpes atlas Soldán & Thomas, 1983 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Limnologica*, 89, 125887.
- Samraoui, B., Vinçon, G., Marquez-Rodriguez, J., El-Serehy, H. A., Ferreras-Romero, M., Mostefai, N., & Samraoui, F. (2021). Stonefly Assemblages as Indicators of Relict North African Mountain Streams (Plecoptera). *Wetlands*, 41(6), 1-11.
- Satha, H. (2008). *Analyse spatiale des bassins versants de l'est algérien*
- Satha, H. (2008). Analyse spatiale des bassins versants de l'est algérien.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1963). The Mathematical Theory of Communication. Urbana, IL : University of Illinois Press.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163(4148), 688.
- Stewart, J. (1968). *Climats et bioclimats du Maghreb*. Rabat : Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Stewart, J. (1968). *Climats et bioclimats du Maghreb*. Rabat : Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2003). *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie* (2e éd.). Paris : CNRS Éditions.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie, écologie* (3e éd.). Paris : CNRS Éditions.

References bibliographiques

- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2003). *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie* (2e éd.). Paris : CNRS Éditions.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie* (3e éd.). Paris : CNRS Éditions.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2003). *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie* (2e éd.). Paris : CNRS Éditions.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie* (3e éd.). Paris : CNRS Éditions.
- Tall, M. L., Chaibou, I., & Ahouangansi, P. A. (2008). *Utilisation des macroinvertébrés benthiques dans le diagnostic écologique des cours d'eau d'Afrique de l'Ouest*. *Afrique Science*, 4(3), 463–478.
- Tessier, L., Boisvert, J. L., & Dutilleul, P. (2008). *Monitoring of benthic macroinvertebrate communities in small streams of southern Quebec*. *Water Quality Research Journal of Canada*, 43(1), 23–32.
- Touati, A. (2008). Structure écologique des macroinvertébrés en milieu aquatique.
- USEPA. (2002). *Methods for evaluating wetland condition: Benthic macroinvertebrates*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. EPA-822-R-02-019.
- 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 Aquatic Sciences*, 37(1), 130–137.
- Verneaux, J. (1976). Biotypologie des eaux courantes et distribution des invertébrés benthiques. *Annales de Limnologie*, 12(2), 125–145.
- Vincent, T. (2010). *Anatomie des insectes aquatiques et fonctions adaptatives*.
- Vincent, T. (2010). *Anatomie des insectes aquatiques et fonctions adaptatives*.
- Vincent, T. (2010). *Anatomie des insectes aquatiques et fonctions adaptatives*.

References bibliographiques

- WFD (Water Framework Directive). (2003). *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC): Guidance Document No. 7 – Monitoring under the Water Framework Directive*. European Communities
- Zebsa, R. (2016). *Étude pédologique et hydrologique de l'Oued Mellah*.
- Zebsa, R. (2016). Étude pédologique et hydrologique de l'Oued Mellah.

➤ **Sites Web :**

- <https://d-maps.com> 05/04/2025.