

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie

Filière: Ecologie

Spécialité/ Option : Biodiversité et Environnement

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème

Les macro-invertébrés de deux milieux aquatiques dans la wilaya de Guelma et leur relation avec la qualité de l'eau

Présenté par :

Atamnia Rahma

Alaimia Moufida

Devant le jury composé de :

| | | | |
|-------------|-------------------------|-------|----------------------|
| Président : | Dr Bouchelaghem El Hadi | (MCB) | Université de Guelma |
| Examineur : | Dr Rouibi A/Hakim | (MCA) | Université de Guelma |
| Encadreur : | Dr Zerguine Karima | (MCA) | Université de Guelma |

Juin 2023

Remerciements

En premier lieu, nous remercions le bon Dieu pour nous avoir accordé la santé, la paix, le courage, et la patience d'accomplir ce travail.

الحمد والشكر لله العلي العظيم

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciement et notre

profonde gratitude à Dr. BOUCHELAGHEM EL Hadi, Maitre de conférence B

d'avoir bien accepté de présider ce jury.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Dr. ROUIBI Abdelhakim ,Maitre de conférences A, pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.

Nous remercions vivement Mme Zerguine K. (Maitre de conférence à l'université de Guelma) pour avoir accepté de diriger notre travail, pour ses conseils, son soutien et son aide.

. Nous remercions vivement les techniciennes de laboratoire de l'université

Enfin, on remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Merci mon dieu de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir La force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout de rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire " Ya Karim" "

Je dédie ce modeste travail

Ma Mère ADJABI SOUHILA

Merci pour ton soutien; ton amour ; tous les sacrifices consentis et tes précieux conseils. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont elle ne cesse à combler ; que dieu leur procure bonne santé et longue vie, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.

Mon père ATAMNIA FAIÇAL

Je me trouve ici grâce aux longues années de sacrifices pour m'aider à avancer dans la vie , mon soutien moral et source de joie et de bonheur . celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir. merci pour les valeurs nobles et le soutien permanent venu de toi.

A mes frères et mes sœurs :Abde-Raouf et à ma sœur Zaineb , et à ma petite sœur Meriem inchallah que tu réussis dans ton BEM.

A toute ma grande famille Adjabi Abde el azize et wahide et grande mère et grande père.

Mes très chères amies Hafssa et Rayane.

Et enfin à tous ceux qui me sont chers, à tous ceux qui m'aiment, à tous ceux que j'aime.



Rahma

Liste de figures

| N° | Titre des figures | Page |
|------------------|---|------|
| Figure 1 | Larve de Trichoptère (Moisan et al., 2008). | 04 |
| Figure 2 | Larve d'Ephéméroptères (a : vue latérale, b : vue dorsale) (Moisan et al., 2008). | 05 |
| Figure 3 | Vue dorsale d'hémiptère adulte (Moisan et al., 2008) | 06 |
| Figure 4 | Larve de plécoptères (vue dorsale) (Moisan, 2006) | 07 |
| Figure 5 | Une larve de coléoptère (Moisan et al., 2008). | 07 |
| Figure 6 | un Coléoptère adulte (observation personnelle, le 18/02/2023). | 08 |
| Figure 7 | Morphologie générale des larves d'odonates (A : morphologie schématique des larves ; B : observation personnelle, le 18/02/2023) (société générale d'odonatologie, 2007 in Bouchelaghem, 2008). | 08 |
| Figure 8 | Différentes formes des larves des diptères (Moisan, 2006) | 09 |
| Figure 9 | Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la moyenne Seybouse (A. B. H, 1999). | 11 |
| Figure 10 | Carte hypsométrique du bassin versant de l'Oued Bouhamdane et position du barrage (Bouguerra et al., 2017). | 12 |
| Figure 11 | La station de Djbala | 13 |
| Figure 12 | Variation des températures moyennes mensuelles de Guelma au cours de la période d'étude (Janvier-Avril 2023). | 14 |
| Figure 13 | Le matériel utilisé au laboratoire | 17 |
| Figure 14 | Variation temporelle du pH de l'eau des deux stations au cours ² de la période d'étude (S1 : station d'oued Seybouse ; S2 : station du barrage Bouhamdane). | 24 |
| Figure 15 | Variation de la conductivité électrique selon les stations pendant la période d'étude. | 24 |
| Figure 16 | Variation mensuelle de l'oxygène dissous dans l'eau des deux stations pendant la période d'étude (janvier-avril, 2023). | 25 |
| Figure 17 | Pourcentage des embranchements des macro-invertébrés échantillonnés dans les eaux courantes et stagnantes de la région de Guelma (janvier-avril, 2023) | 27 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Figure 18 | L'abondance des taxa faunistiques dans la station 1 (oued Seybouse-Djbala). | 28 |
| Figure 19 | l'abondance des taxa faunistiques dans la station 2 (barrage Bouhamdane) pendant la période d'étude. | 29 |
| Figure 20 | L'abondance totale des taxa faunistique échantillonnés dans les deux sites de l'étude | 29 |
| Figure 21 | Variation temporelle de l'abondance pour les deux stations (oued Seybouse et barrage Bouhamdane). | 30 |
| Figure 22 | Pourcentage des différentes familles des Diptères au niveau de deux stations. | 30 |
| Figure 23 | pourcentage des différentes familles des Ephéméroptères au niveau des deux stations. | 31 |
| Figure 24 | Pourcentage des différentes familles des Coléoptères au niveau des deux stations échantillonnées | 32 |
| Figure 25 | Pourcentage des différentes familles des Hémiptères échantillonnées au niveau des deux stations. | 32 |
| Figure 26 | Pourcentage des différentes familles des Plécoptères au niveau d'oued Seybouse | 33 |
| Figure 27 | Pourcentage des différentes familles des Mollusques au niveau d'oued Seybouse et barrage Bouhamdane. | 34 |
| Figure 28 | Pourcentage des différentes familles des Annélides échantillonnées au niveau d'oued Seybouse et barrage Bouhamdane. | 34 |
| Figure 29 | La richesse spécifique des deux stations échantillonnées dans la région de Guelma pendant une période de 4 mois. | 35 |
| Figure 30 | Variation mensuelle de la richesse spécifique par station. | 36 |
| Figure 31 | Évolution spatiale de l'indice de diversité de Shannon dans les deux stations échantillonnées (station 1 : oued Djbala ; station 2 : barrage Bouhamdane). | 37 |
| Figure 32 | Évolution spatiale de l'indice de l'équitabilité de Piélou dans les deux stations | 37 |

Liste des tableaux

| N ° | Titre des tableaux | Pages |
|------------------|--|--------------|
| Tableau 1 | Variation des précipitations moyennes mensuelles dans la région de Guelma au cours de la période d'étude. | 15 |
| Tableau 2 | Expression de la qualité biologique des cours d'eau (Genin et al., 2003). | 22 |
| Tableau 3 | Variation mensuelle de la température (°C) de l'eau des stations échantillonnées pendant la période de janvier-avril, 2003. | 23 |
| Tableau 4 | Check –list des taxons faunistiques échantillonnés dans les eaux courantes et stagnantes de la région de Guelma pendant la période de 04 mois (janvier-avril, 2023). | 26 |
| Tableau 5 | Les variations spatiales des différents descripteurs de la diversité (S : la richesse spécifique ; H' : l'indice de Shannon ; E : l'équitabilité) | 37 |
| Tableau 6 | relevé des macro-invertébrés de la station de Djbala selon l'IBGN. | 38 |

Table des matières

| N° | Titre | Page |
|--|--|------------|
| | Remerciements..... | i |
| | Dédicaces..... | ii |
| | Liste de figures..... | iii |
| | Liste des tableaux..... | v |
| | Introduction..... | 01 |
| Chapitre 01 Généralités sur les macro-invertébrés | | |
| 1.1 | Définition des macro-invertébrés..... | 03 |
| 1.2 | Présentation de quelques groupes de macro-invertébrés..... | 04 |
| 1.2.1 | Les Trichoptères..... | 04 |
| 1.2.2 | Les Éphéméroptères..... | 04 |
| 1.2.3 | Les Hémiptères..... | 05 |
| 1.2.4 | Les Plécoptères..... | 06 |
| 1.2.5 | Les Coléoptères..... | 07 |
| 1.2.6 | Les Odonates..... | 08 |
| 1.2.7 | Diptères..... | 09 |
| Chapitre 02 : Description des sites d'étude | | |
| 2.1 | Définition d'un cours d'eau..... | 10 |
| 2.2 | Définition d'un oued..... | 10 |
| 2.3 | Les courants..... | 10 |
| 2.4 | Notion de la pollution des eaux..... | 10 |
| 2.5 | Description générale du bassin de la Seybouse..... | 11 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.6 | Description générale du bassin de barrage Bouhamdane..... | 12 |
| 2.7 | Choix des sites..... | 12 |
| 2.7.1 | Le site : Oued Seybouse..... | 13 |
| 2.7.2 | Barrage Bouhamdane..... | 13 |
| 2.8 | Climatologie de la région de Guelma..... | 14 |
| 2.8.1 | La température..... | 14 |
| 2.8.2 | Les précipitations..... | 15 |
| 2.9 | Bioclimat..... | 15 |
| Chapitre 03 : Matériel et Méthodes | | |
| 3.1 | Méthodologie de travail..... | 16 |
| 3.1.1 | Matériel..... | 16 |
| 3.1.1.1 | Sur le terrain..... | 16 |
| 3.1.1.2 | Au laboratoire..... | 16 |
| 3.1.2 | Protocole et stratégie d'échantillonnage..... | 17 |
| 3.1.2.1 | Période de l'étude..... | 17 |
| 3.1.2.2 | Choix des sites..... | 17 |
| 3.1.2.3 | But d'échantillonnage..... | 18 |
| 3.1.2.4 | Méthode d'échantillonnage..... | 18 |
| 3.1.3 | Paramètres synthétiques des peuplements..... | 19 |
| 3.2. | Indice biologique globale normalisé (IBGN)..... | 20 |
| Chapitre 04 : Résultats | | |
| 4.1 | Analyse des paramètres abiotiques..... | 23 |

| | | |
|---------------------------------|---|-----------|
| 4.1.1 | La température..... | 23 |
| 4.1.2 | Potentiel hydrogène (pH)..... | 23 |
| 4.1.3 | Conductivité électrique..... | 24 |
| 4.1.4 | Oxygène dissous..... | 25 |
| 4.2 | Etude de la faune..... | 26 |
| 4.2.1 | Analyse globale..... | 26 |
| 4.2.2 | La Variation qualitative dans l'oued Seybouse..... | 28 |
| 4.2.3 | La Variation qualitative dans la Barrage Bouhamdane..... | 28 |
| 4.3 | La structure d'un peuplement..... | 29 |
| 4.3.1 | L'abondance totale..... | 29 |
| 4.3.2 | L'abondance relative familiale de la faune aquatique..... | 30 |
| 4.4 | Les indices biologiques..... | 35 |
| 4.4.1 | La richesse spécifique..... | 35 |
| 4.4.2 | Les indices de diversité..... | 36 |
| 4.4.3 | Détermination de l'indice biologique global (IBGN)..... | 38 |
| Chapitre 05 : Discussion | | |
| 5 | Discussion..... | 40 |
| 5.1 | Les macro-invertébrés en relation avec les facteurs environnementaux..... | 40 |
| 5.2 | Indices de diversité..... | 41 |
| 5.3 | Evaluation de la qualité hydro biologique des cours d'eau..... | 41 |
| 5.4 | Etude de la faune de macro-invertébrés..... | 42 |
| Conclusion..... | | 45 |

| | |
|---|-----------|
| Résumé..... | 47 |
| الملخص..... | 48 |
| Abstract..... | 49 |
| Références Bibliographiques..... | 50 |
| ANNEXES..... | 55 |

Introduction

L'Algérie est riche en zones humides, ces milieux qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et la productivité naturelle (**Direction Générale des Forêts, 2004**).

Le terme «biodiversité », contraction de «diversité biologique », a été introduit au milieu des années 1980 par des naturalistes s'inquiétant de la destruction rapide des milieux naturels et des forêts humides tropicales en particulier. Ils ont été entendus, en apparence puisqu'une convention internationale sur la diversité biologique a été discutée et signée par de nombreux états en 1992, dans le cadre de la conférence sur le développement durable de Rio de Janeiro (**Lévêque, 2008**).

Les invertébrés regroupent tous les animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou de cartilage. De ces animaux, les macro-invertébrés sont ceux visibles à l'œil nu. Les macro-invertébrés aquatiques vivent dans les ruisseaux, rivières, lacs ou marais. Ce sont principalement des vers, des crustacés, des mollusques et des insectes (1).

La biodiversité joue de nombreux rôles, à la fois source et produit du bon fonctionnement des écosystèmes dont dépendent les services écosystémiques. Dans un contexte de pressions toujours croissantes sur les milieux naturels, les études sur les valeurs de la biodiversité et les services écosystémiques aident à mieux comprendre les interactions entre nature et sociétés, à anticiper les bouleversements à venir et à concevoir des mesures de gestion appropriées (**Roche et al., 2016**).

La biodiversité est à la mode. Qui n'a pas ressenti de l'émotion devant le spectacle désolant d'une nature ravagée par les hommes ou les éléments naturels. Ou à l'occasion de reportages qui nous font vivre les derniers moments d'espèces en voie de disparition telle qu'elle nous est le plus souvent présentée, la biodiversité est ainsi la victime innocente de l'espèce humaine qui pille, ravage, détruit les écosystèmes et les ressources naturelles.

Du moins, tel est le discours un peu réducteur de nombreuses organisations de protection de la nature, relayé par certains scientifiques acquis à leur cause. Ce discours n'est pas entièrement faux pourtant, dans la vie quotidienne, la diversité biologique ne se résume pas à cette vision manichéenne du monde. Nous entretenons avec elle d'étroites relations faites d'amour.

La structure, les fonctions des écosystèmes aquatiques et l'expression du vivant sont indissociables (**Noss, 1990**). À l'intérieur d'un bassin versant, la fourniture et la répartition de l'eau, des sédiments et de la matière morte sont les processus physiques fondamentaux qui en

déterminent l'état fonctionnel. Dans ces milieux les cours d'eau sont composés de secteurs de têtes de bassins à fortes pentes de type torrentueux avec des peuplements rhéophiles, tandis que la progression vers l'aval correspond à une augmentation du débit, d'une réduction des vitesses et d'un glissement des peuplements vers des communautés plus lénitophiles. Ces communautés de macro-invertébrés aquatiques sont gravement touchées par les différentes formes de perturbations, naturelles ou anthropiques (**Zouggaghe, 2020**).

Notre travail porte comme objectifs d'identifier et de recenser les peuplements vivant dans les milieux aquatiques stagnants et courants dans notre région. Pour ce fait, nous avons choisi deux sites différents par leurs structures : l'oued Seybouse et le barrage Bouhamdane.

Notre mémoire présente dans sa première partie les données bibliographiques concernant les généralités sur les macro-invertébrés. La seconde partie est consacrée à la description générale des sites d'étude. Dans la partie pratique, nous décrivons les sites échantillonnés et exposons le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation du travail, les résultats obtenus et leur interprétation.

Chapitre 01
Généralités sur les
macro-invertébrés

1.1 Définition des macro-invertébrés

Le terme « macro-invertébré » rassemble les invertébrés aquatiques observables à l'œil nu. De façon pratique, ces animaux sont ceux retenus dans des filets de maille de 200 à 500 μm (**Rosenberg et Resh, 1993**). On trouve des macro-invertébrés dans tous les types de milieux aquatiques d'eau douce, bien qu'ils soient pauvrement représentés dans la zone pélagique des lacs. Par contre, dans les autres compartiments d'eau douce, à la zone benthique des plans d'eau permanents, des mares temporaires, des ruisseaux intermittents aux plaines d'inondation des grands fleuves, les macro-invertébrés forment des communautés importantes (**Lalonde et Downing, 1992**).

Les macro-invertébrés sont des organismes dépourvus de colonne vertébrale et visibles à l'œil nu. Les insectes aquatiques représentent près de 95% de tous les macro-invertébrés présents en zone lotique (**Lee et al., 2006**). On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers. Les principaux ordres d'insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Éphémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (**Gagnon, et Pedneau, 2006**).

Les macro-invertébrés sont généralement utilisés en tant qu'indicateurs biologiques pour élucider l'impact des changements des caractéristiques du milieu et les stratégies écologiques des différentes espèces pour restituer certaines de ces caractéristiques (**Lounaci, 2011**). Les études faunistiques écologiques (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et, d'autre part, dans l'évolution de l'état de la santé écologique des hydro-systèmes (**Haouchine, 2011**).

De nombreux travaux ont montré que la distribution spatiale des macro-invertébrés est régie par un complexe de facteurs environnementaux qui varient d'une station à une autre. Certains d'entre eux, comme la nature du substrat, la vitesse du courant, la hauteur de l'eau sont habituellement considérés comme facteurs écologiques susceptibles d'influencer directement la répartition de la faune aquatique (**Ramade, 1998, Lounaci, 2011 ; Haouchine, 2011 ; Rezougui, 2012**).

En plus, la distribution des peuplements de macro-invertébrés dépend étroitement des facteurs du milieu, leur composition et leur abondance étant conditionnées par les

caractéristiques physico-chimiques et écologiques du milieu physique (Zouggaghe *et al.*, 2014).

1.2 Présentation de quelques groupes de macro-invertébrés

1.2.1 Les Trichoptères

Les Trichoptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves et les nymphes sont aquatiques (**Figure 01**). La principale caractéristique des larves est la présence de deux crochets anaux. Ceux-ci sont situés au bout de l'abdomen de chaque côté ou sur des fausses pattes. La tête ainsi qu'au moins un segment thoracique sont sclérifiés. Plusieurs larves de trichoptères se construisent un étui. Les matériaux utilisés, qui sont d'origine végétale ou minérale, sont souvent typiques au genre. Il est donc très important de ne pas sortir les larves de leur étui avant l'identification. Les nymphes elles, sont toujours dans un étui. Elles possèdent de longues antennes et deux paires de fourreaux alaires (1).

De façon générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance moyenne à la pollution (**Tachet, 2010**).

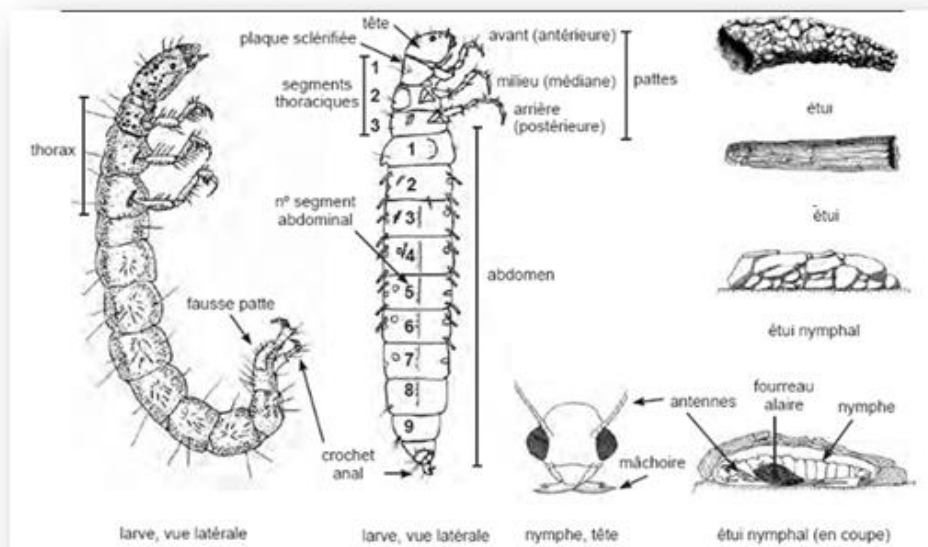


Figure 1: Larve de Trichoptère (Moisan *et al.*, 2008).

1.2.2 Les Éphéméroptères

Les éphéméroptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques. Ils sont caractérisés par la présence de deux (rare) ou trois queues (deux cerques et un paracerque) (**Figure 02**). Leurs pattes ne portent qu'une griffe, ce qui les distingue des plécoptères. En général, ils ont des branchies sur les segments abdominaux 1 à 7 ; chez quelques

espèces. Certains de ces segments n'en ont pas. La forme et la position de ces branchies sont capitales pour leur identification. De façon générale, ils sont sensibles à la pollution (**Bouchard, 2004**).

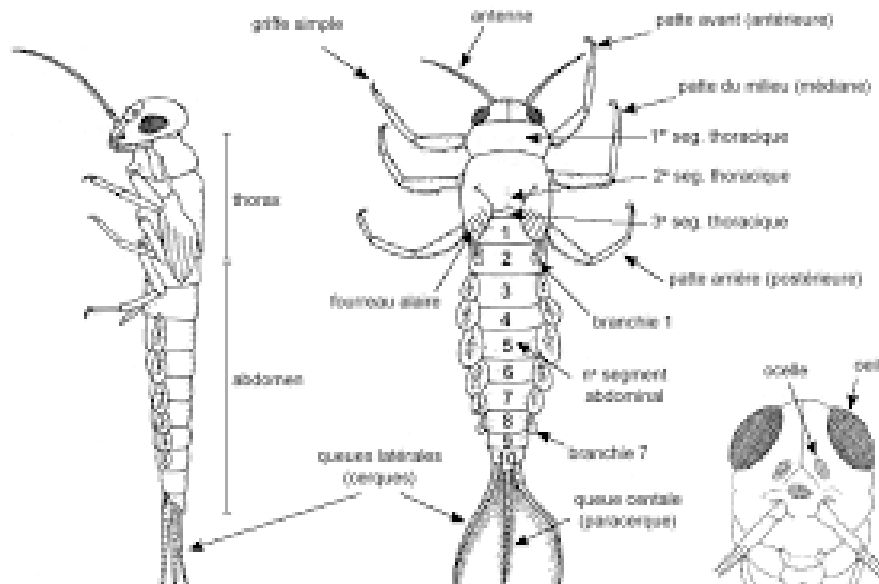


Figure 2: Larve d'Ephéméroptères (a : vue latérale, b : vue dorsale) (**Moisan et al., 2008**).

1.2.3 Les Hémiptères

Dans les habitats aquatiques ou semi-aquatiques, les hémiptères peuvent se retrouver sous forme adulte ou larvaire. Les larves et les adultes sont presque identiques si ce n'est que les adultes sont habituellement ailés. Il existe cependant des hémiptères adultes qui n'ont pas d'ailes. Les ailes, lorsqu'elles sont présentes, sont sclérifiées à la base (vers l'avant) et membraneuses au bout. La forme de leur corps varie de ovale à allongée. Les hémiptères ne possèdent pas de branchies. Leur principale caractéristique est la modification de leur appareil buccal. Celui-ci, appelé rostre, est soit en forme de bec allongé (adapté à un régime liquide), soit en cône (**Figure 03**). Leur tolérance à la pollution est moyenne (**Tachet, 2003**).

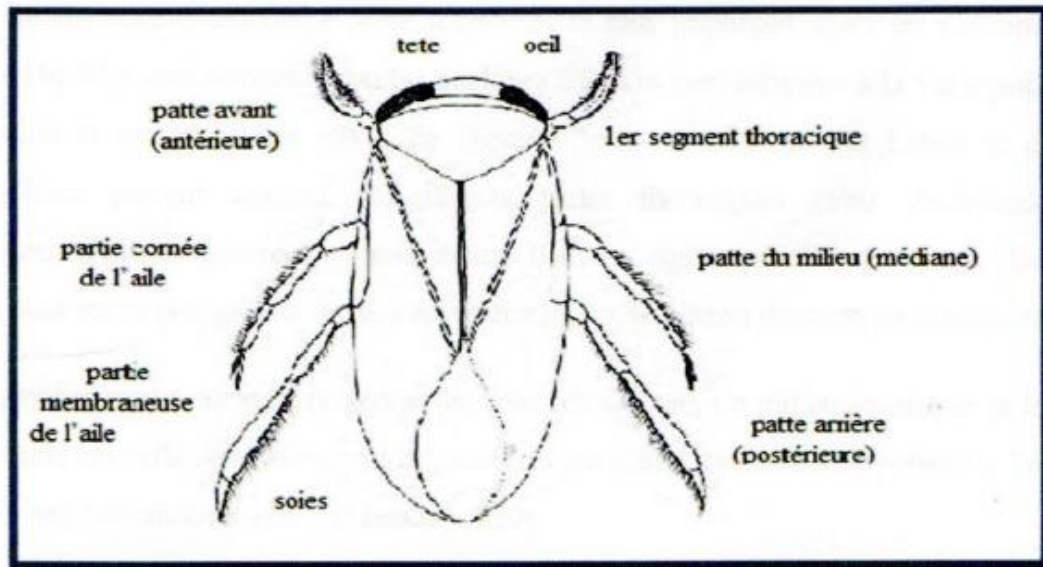


Figure 3: Vue dorsale d'hémiptère adulte (Moisan *et al.*, 2008).

1.2.4 Les Plécoptères

Les plécoptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques et principalement associées aux eaux fraîches et propres. Elles ressemblent aux éphéméroptères, dont on les distingue grâce aux deux griffes qu'elles ont au bout des pattes, alors que les larves d'éphéméroptères n'en ont qu'une seule. Les plécoptères ont deux cerques, alors que les éphéméroptères en ont trois et rarement deux. Les antennes sont multisegmentées et beaucoup plus longues que la tête. Les branchies peuvent être présentes ou absentes. Elles peuvent se situer à différents endroits : sous le cou (cervicales), à la jonction des pattes et de l'abdomen (coxales), sur le thorax (thoraciques), au bout de l'abdomen (anales) ou sur les deux premiers segments abdominaux (abdominales) (Bouchard, 2004) (Figure 04).

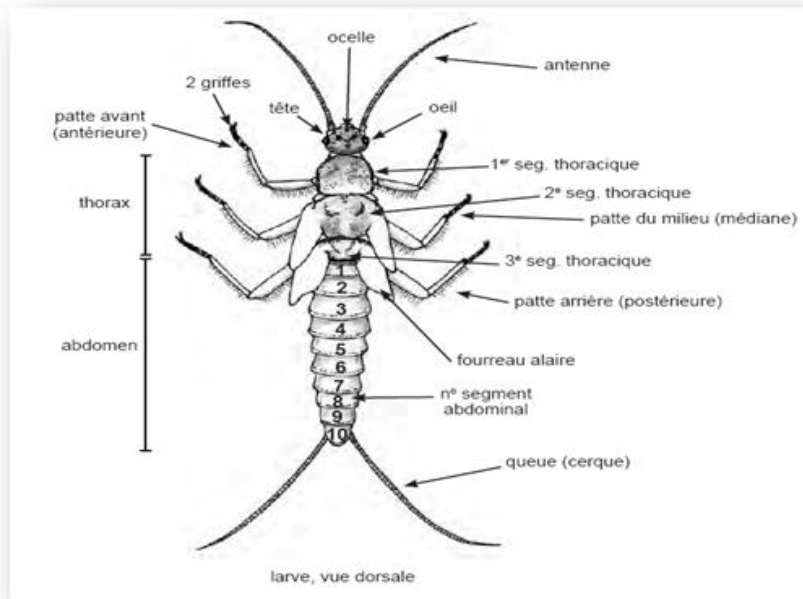


Figure 4: Larve de plécoptères (vue dorsale) (Moisan, 2006).

1.2.5 Les Coléoptères

L'ordre des coléoptères est sans aucun doute le plus imposant par sa diversité en espèces. Leurs adaptations à la vie aquatique sont multiples. Certaines familles sont exclusivement terrestres chez d'autres, les larves et les adultes sont aquatiques, ou encore seules les larves ou seuls les adultes le sont. Les adultes sont aisément reconnaissables à leur première paire d'ailes dures, les élytres. Les larves, quant à elles, présentent des formes diverses, ce qui les rend difficiles à cerner. Elles ont une tête distincte et dure ainsi que des mâchoires broyeuses. Leur tolérance à la pollution est moyenne (Ouchtati, 1993 ; Bouchard, 2004) (Figures 05 et 06).

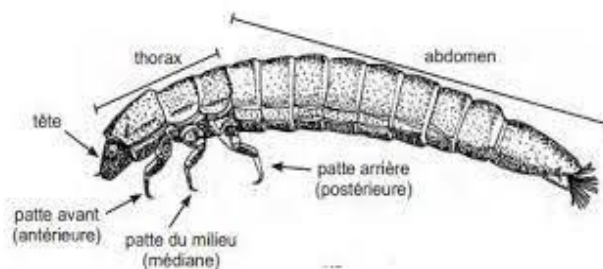


Figure 5: Une larve de coléoptère (Moisan *et al.*, 2008).

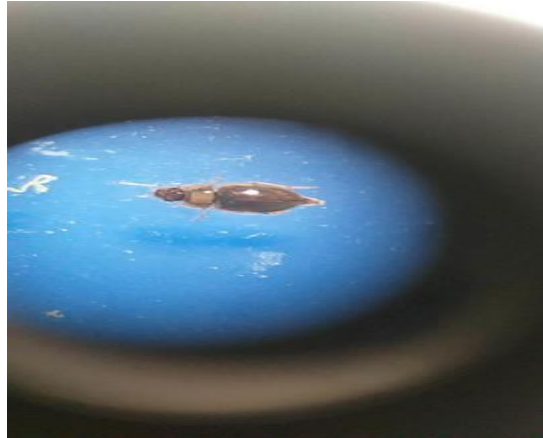


Figure 6: un Coléoptère adulte (observation personnelle, le 18/02/2023).

1.2.6 Les Odonates

Les odonates (libellules et demoiselles) appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques. Elles se divisent en deux sous-ordres : les Anisoptères et les Zygoptères. Leur principale caractéristique est indéniablement la lèvre inférieure (labium), qui est transformée en masque rétractable servant à capturer les proies. Elles possèdent également de gros yeux (Figure 07). Elles préfèrent les eaux calmes et sont souvent associées à la végétation. Le bout de l'abdomen permet de différencier les deux sous-ordres. Leur tolérance à la pollution est moyenne (société générale d'odonatologie, 2007 in Bouchelaghem, 2008)..

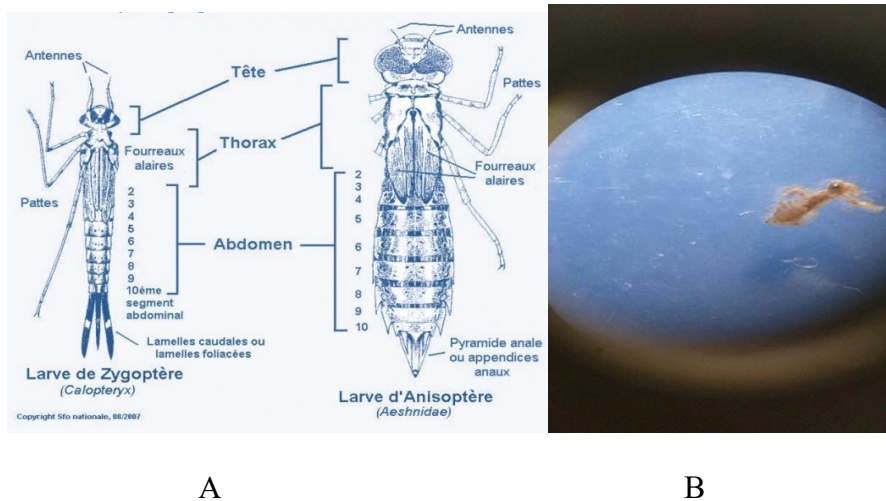


Figure 7: Morphologie générale des larves d'odonates (A : morphologie schématique des larves ; B : observation personnelle, le 18/02/2023) (société générale d'odonatologie, 2007 in Bouchelaghem, 2008).

1.2.7 Diptères

Les diptères sont le deuxième ordre d'insectes le plus important après les coléoptères. La plupart des diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal. Pour certaines familles seuls quelques genres ou espèces le sont. Les larves de diptères sont caractérisées par l'absence de pattes articulées (Tachet, 2010) (Figure 08).

En milieu aquatique, la famille la plus importante est celle des Chironomidae, qui est considérée tolérante à la pollution, les autres diptères ont une tolérance moyenne (Zerguine *et al.*, 2009).

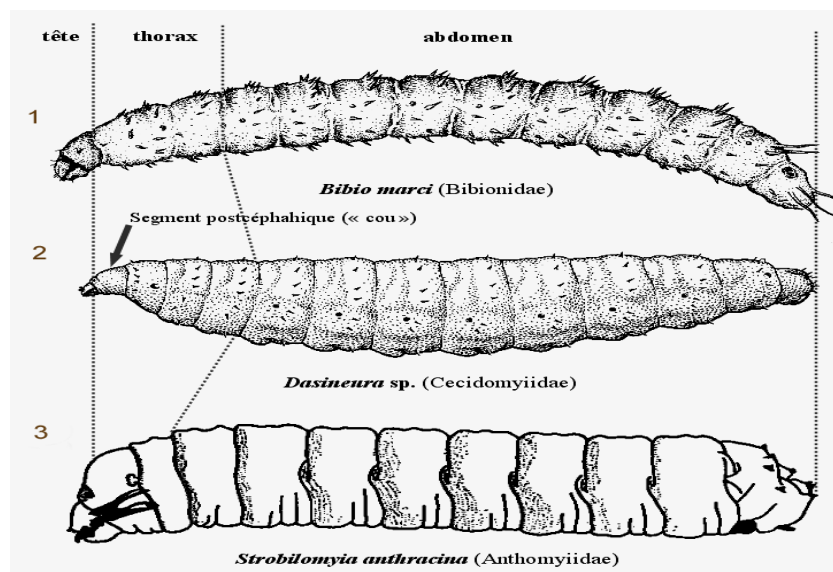


Figure 8: Différentes formes des larves des diptères (Moisan, 2006)

Chapitre 02
Description des sites
d'étude

2.1 Définition d'un cours d'eau

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques. Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes et dans le cycle de la matière organique. Les réseaux hydrographiques du monde entier ont été plus ou moins modifiés par les activités humaines. La plupart des cours d'eau ont souffert des effets anthropiques : régression d'espèces, diminution des stocks de poissons, épuisement des eaux souterraines, dégradation de la qualité de l'eau, crues de plus en plus fréquentes et intenses (**Dynesius et Nilsson, 1994 ; Everard et Powell, 2002**).

2.2 Définition d'un oued

Un oued est un cours d'eau des régions arides d'Afrique du nord dont l'écoulement est temporaire, le nom vient de l'arabe wad ou wadi c'est-à-dire rivière. Les oueds sont les vestiges des anciens réseaux hydrographiques qui couvraient les régions arides avant le début de la désertification, il y'a 4 à 5 millions d'années. Certains oueds atteignent la mer, cependant la plupart aboutissent dans des dépressions fermées ou disparaissent progressivement tant leur écoulement est temporaire (**Encarta, 2008 in Narsis, 2008**).

2.3 Les courants

Les courants sont les déplacements d'eau dans une certaine direction et à une certaine vitesse. Les forces d'impulsion sont multiples et la combinaison des différentes origines des courants n'est pas la même selon le corps hydraulique considéré : océan, mer, lac ou cours d'eau (**Tachet, 2003**).

2.4 Notion de la pollution des eaux

La pollution de l'eau peut être induite par les activités humaines ou par des phénomènes naturels. Dans la plupart des cas, elle est décrite comme un dépassement aux normes définies en fonction des usages de l'eau (**Kebich, 1999**).

La pollution aquatique a pour origines principales :

- L'activité humaine : pollution domestique.
- Les industries : pollution industrielle.
- L'agriculture : pollution agricole.

2.5 Description générale du bassin de la Seybouse

L'Oued Seybouse draine l'un des principaux bassins versants de l'Algérie. Ce bassin situé au Nord-Est d'Algérie couvre une superficie totale d'environ 6471 Km². C'est le bassin le plus vaste, après celui de la Medjerda, de la partie orientale de l'Afrique du Nord et il est subdivisé en six sous-bassins principaux. L'Oued Seybouse prend naissance de la commune de Medjez Ammar, wilaya de Guelma (36°26.587, N, 07°18.740 E) à l'ouest de la ville de Guelma et coule sur 134.74 Km avant de se déverser dans le mer Méditerranée, près de la commune de Sidi Salem wilaya d'Annaba (36°51.689, N, 007°46.066, E). Il traverse trois wilayas (Guelma, El-Tarf et Annaba) et reçoit en continue les rejets et les eaux usées des communes et des agglomérations du bassin versant et qui sont au nombre de 68 communes soit 1.300.000 habitants (Reggam *et al.*, 2015) (Figure 09).

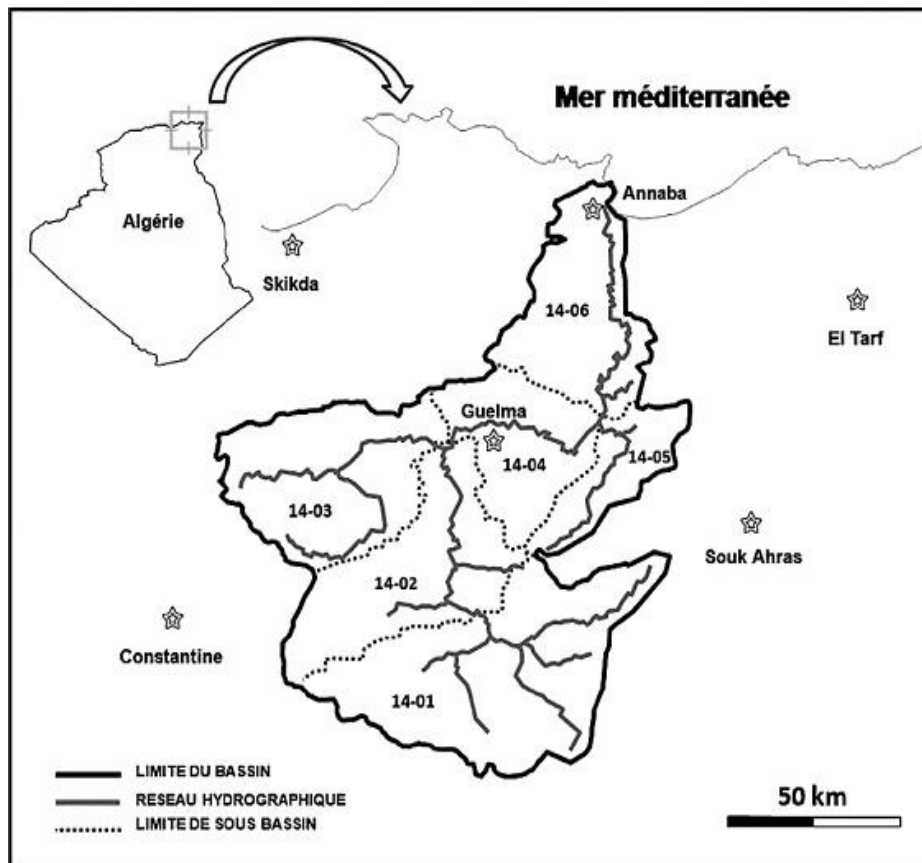


Figure 9: Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la moyenne Seybouse (A. B. H, 1999).

2.6 Description générale du bassin de barrage Bouhamdane

Le barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdane) est situé à 23 km de la wilaya de Guelma puisqu'il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, sur l'oued Bouhamdane, tire son nom de la zone des sources thermales.

Le plan d'eau du barrage de Bouhamdane est un grand lac, ayant son rôle à jouer dans le souci de sauvegarder l'environnement, en plus des finalités pour lesquelles il a été construit à l'origine, à savoir l'irrigation (34hm³ des deux périmètres Guelma-Boucheougouf (dont la superficie s'étend sur 13.000 ha) d'une part et Drean-Besbès dans la wilaya d'El Tarf, d'autre part L'alimentation en eau potable de la ville de Guelma et des centres avoisinants (19 hm³) (Zeghaba, 2018) (Figure 10).

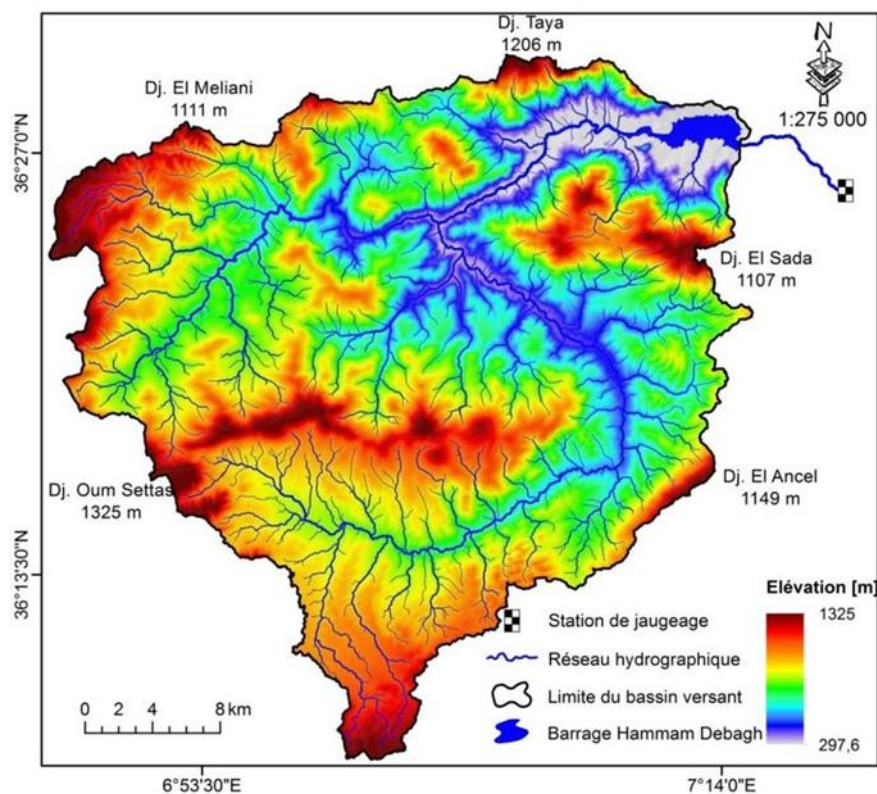


Figure 10: Carte hypsométrique du bassin versant de l'Oued Bouhamdane et position du barrage (Bouguerra *et al.*, 2017).

2.7 Choix des sites

Notre travail vise à faire une comparaison entre les communautés de macro-invertébrés de deux milieux différents. Pour ce fait on a choisi l'oued Seybouse qui est le principal cours d'eau dans la région, et le barrage Bouhamdane qui est le principal le milieu stagnant.

2.7.1 Le site : Oued Seybouse

Sur le site d'oued Seybouse a été choisie une station à Djbala (**Figure 11**).

➤ **Situation administrative**

Station : Djbala

Commune : Boumahra Ahmed.

Daïra : Guelma.

Wilaya : Guelma.

➤ **Coordonnées géographiques**

Latitude : (36° 27' 10.8N)

Longitude : (7° 36'26.7 E)

Profondeur maximale : 55mm

Profondeur minimale : 40 mm



Figure 11: La station de Djbala

2.7.2 Barrage Bouhamdane

Sur le barrage de Bouhamdane a été choisie une station.

➤ **Situation administrative**

Commune : Hammam Debagh.

Daira: Hammam Debagh.

Wilaya: Guelma.

➤ Coordonnées géographiques

Altitude : 358.3 m

Latitude : N 36° ; 28,080°

Longitude : E 007°, 11, 766°

.28 Climatologie de la région de Guelma

Le climat est certainement un facteur du milieu très important dans l'occurrence et la distribution des êtres vivants. Il a une influence directe sur la faune et la flore (**Touati, 2008**).

2.8.1 La température

Parmi les facteurs climatiques, la température est l'un des paramètres les plus importants, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques, elle agit de façon directe sur la vitesse de développement de l'insecte (**Ramade, 1984**). Lorsqu'elle s'élève, elle favorise les activités biochimiques de fermentation, elle détermine l'existence des grandes zones climatiques terrestres et intervient dans la limitation des espèces (**Dajoz, 1971**).

D'après les données de la **figure 12**, on remarque que la température la plus basse a été enregistrée au cours du mois de janvier, et la température moyenne élevée a été remarquée pendant le mois d'Avril (14,8°C).

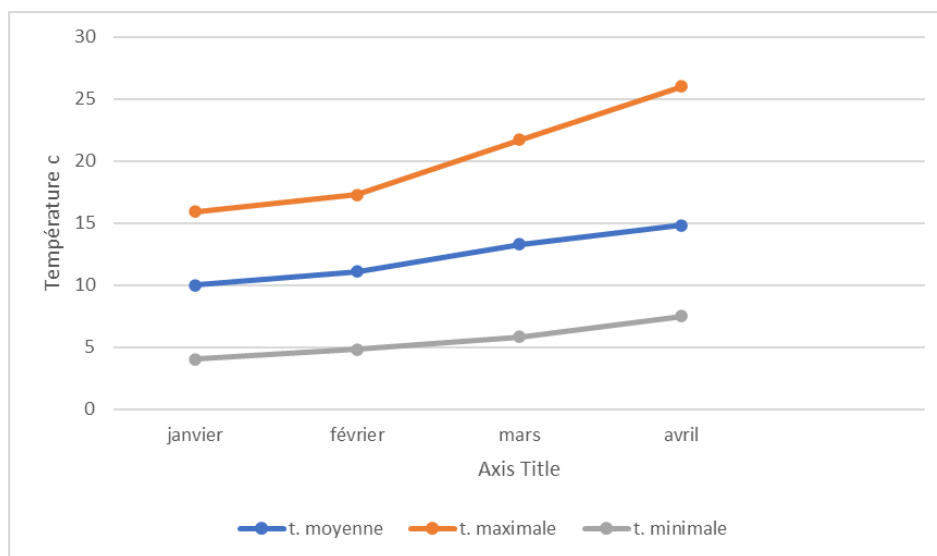


Figure 12: Variation des températures moyennes mensuelles de Guelma au cours de la période d'étude (Janvier-Avril 2023).

2.8.2 Les précipitations

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (**Dajoz, 2000**).

Les précipitations sont un élément fondamental en écologie. Le volume annuel des pluies conditionne la distribution des espèces dans les aires biogéographiques (**Ramade, 1984**). Les exigences en humidité des espèces animales sont très variables et peuvent être différentes suivant les stades de leur développement et suivant les fonctions vitales envisagées (**Dreux, 1980 in Kafi, 2015**).

Tableau 1: Variation des précipitations moyennes mensuelles dans la région de Guelma au cours de la période d'étude.

| Mois | Janvier | Février | Mars | Avril |
|----------------------------|---------|---------|------|-------|
| Précipitation moyenne (mm) | 65 | 78 | 92.4 | 121.8 |

2.9 Bioclimat

Les variations journalières de la température, de la pluviosité et de la force du vent sont aléatoires, non périodiques et non prévisibles. Cette variation aléatoire interdit toute adaptation rigoureuse des organismes et intervient dans la modification des cycles du développement, l'estivation ou l'hibernation, la migration, et les modifications morphologiques, provisoires et non héréditaires traduisant la plasticité phénotypique des espèces (**Dajoz, 2003**).

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour en tenir compte divers indices ont été proposés, principalement dans le but d'expliquer la répartition des êtres vivants. Les indices les plus employés font intervenir la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (**Dajoz, 2003**).

Chapitre 03
Matériel et Méthodes

3.1 Méthodologie de travail

3.1.1 Matériel

3.1.1.1 Sur le terrain

Au cours des sorties sur terrain, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Appareil multi-paramètres.
- Une épuisette pour la collecte des macro-invertébrés.
- Cuvettes
- Des fiches techniques
- Carnet de notes et des étiquettes.
- Bouteilles en plastique ou en verre
- éthanol (5%) pour la conservation des échantillons.
- Eau distillée et eau potable.
- GPS
- Des bottes
- Un appareil photo numérique

3.1.1.2 Au laboratoire

Au laboratoire nous avons utilisé le matériel suivant (**Figure 13**) :

- Une Loupe binoculaire.
- Des pinceaux et des pinces
- Des Boîtes de pétri.
- Des Etiquettes
- Guides pour l'identification des spécimens (**Tachet *et al.*, 2000 ; Bouchard, 2004**).
- Ethanol 70% (pour la conservation les espèces)
- Carnet de notes
- Une passoire



Guide entomologique



Loupe binoculaire



Ethanol



Flacons étiquetés



Boîtes de petri



pinces

Figure 13: Le matériel utilisé au laboratoire

3.1.2 Protocole et stratégie d'échantillonnage

3.1.2.1 Période de l'étude

Les prélèvements des macro-invertébrés ont été réalisés pendant une période de 04 mois de l'année 2023 (Janvier-Avril) comme suit :

- Premier prélèvement le 30/01/2023.
- Deuxième prélèvement le 12/02/2023.
- Troisième prélèvement le 08/03/2023.
- Quatrième prélèvement le 24/04/2023.

3.1.2.2 Choix des sites

Le choix des sites est basé sur les critères suivants :

1. Les stations choisies remplissent l'objectif principal du travail, qui est la comparaison entre les communautés de macro-invertébrés des eaux stagnantes et courantes dans la région de Guelma.
2. Les stations appartiennent à la même région (Nord-est de l'Algérie).
3. Elles partagent ainsi des conditions climatiques semblables.
4. Les stations sélectionnées ne partagent pas le même substrat ;
5. Paramètres régionaux et locaux, en particulier la physionomie ;
6. La diversité et la richesse biologique qui caractérisent ces stations ;
7. Accessibilité des stations (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense) permettant une visite régulière.

3.1.2.3 But d'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est de collecter le plus grand nombre possible d'invertébrés, de connaître la densité et la diversité dans la zone d'étude, et de mettre en lumière l'évolution de la composition animale de ces diverses espèces.

3.1.2.4 Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage consiste en la collecte de la diversité la plus représentative au niveau de chaque site visité. La technique de récolte consiste à utiliser une époussette de 1 mm de vide de maille. Les coups de filet étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses et même sous les pierres.

Le contenu du filet est conservé dans des flacons en plastique sur lesquels noms et dates des prélèvements sont inscrits. Les échantillons sont pré-triés sur place (éliminations des plus grands éléments minéraux et végétaux) et fixés dans du formaldéhyde à 5%. Sachant bien que chaque relevé est précédé par la mesure de la conductivité, la température, l'oxygène dissous et la turbidité.

➤ Au laboratoire

Nous avons procédé au dépouillement et au dénombrement des individus de chaque espèce animale récoltée, ce qui nous a permis de constituer une liste d'espèces des sites échantillonnés. Les spécimens sont conservés dans de l'éthanol.

Les espèces animales sont identifiées à l'aide d'une loupe binoculaire et un microscope. Des guides d'identification ont été utilisés pour la détermination des échantillons (**Tachet *et al.*, 2000 ; Bouchard, 2004**).

3.1.3 Paramètres synthétiques des peuplements

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs. En effet, il est possible de décrire la structure de la dominance, la diversité spécifique (**Ramade, 1984**). Les indices de diversité permettent de comparer entre eux des peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps.

o **L'abondance** : correspond au nombre d'individus échantillonnés.

o **Fréquence** : elle peut s'exprimer par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée durant toute la période de l'échantillonnage

$$C = (p*100) / p$$

P* : Nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

P : nombre total de relevés effectués.

o **Indice de diversité Schannon et Weaver**

De tous les indices, la formule de Schannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (**Blondel, 1979 ; Legendre et Legendre, 1979 ; Barbault, 1981**). L'indice de Schannon-Weaver H' (**Schannon et Weaver, 1963**) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème. Il a pour expression :

$$H' = - \sum (ni / N) \log_2 (ni / N)$$

ni= nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement.

Autrement dit, la diversité est minimale quant H' tend vers zéro (0), et est maximale quant H' tend vers ∞.

○ Indice d'équitabilité de pielou

Sachant que plus un peuplement est équilibré (pas de taxon largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'à l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

L'indice d'équitabilité a été mis au point pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon. Cet indice est dérivé de celui de Schannon-Weaver. On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équirépartition ou diversité maximale (H'_{\max}), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu.

Dans ce cas :

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

Parallèlement à l'indice de Schannon-Weaver et afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant de richesses spécifiques différentes (**Ramade, 2003**), nous utilisons l'équitabilité comme le rapport :

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

H' = indice de Schannon-Weaver

S = Richesse spécifique

\log_2 = logarithme à base 2

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce, et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus.

3.2. Indice biologique globale normalisé (IBGN)

Dans ce travail, nous avons utilisé l'IBGN comme méthode biologique dans l'évaluation de la qualité des cours d'eau étudiés. Cet indice permet d'évaluer la qualité hydro biologique d'un site aquatique en utilisant les peuplements d'invertébrés vivants sur divers habitats.

Le choix de cette méthode est basé sur ses principaux avantages (**Genin et al., 2003**).

- représentation synthétique de l'écosystème étudié
- prise en compte de tous les groupes de macro-invertébrés

- limites pratiques de détermination taxonomique est la famille pour la plupart des groupes faunistiques (insectes), embranchement ou classe dans certains cas (Crustacés et Mollusques)
 - facilité d'emploi et d'exploitation par rapport aux informations apportées
 - large possibilité d'application.
- **Principe de l'IBGN**

D'après la norme AFNOR T 90-350, parue en Décembre 1992, la mise en œuvre de l'IBGN se fait en 3 temps :

- ✓ Prélèvement de la macro faune aquatique (à l'aide d'un filet de vide de maille de 500 microns de diamètre) par site de prélèvement selon un protocole d'échantillonnage tenant en compte des différents types d'habitats, définis par la nature du support et la vitesse d'écoulement des eaux.
- ✓ Tri et identification des familles d'invertébrés prélevées.
- ✓ Détermination de l'IBGN par site de prélèvement.

Note de 0 à 20 obtenue à partir de deux composantes déduites de la liste des invertébrés collectés.

- Le groupe faunistique indicateur qui représente le groupe repère d'organisme selon sa sensibilité globale à la pollution.

-La variété taxonomique qui est le nombre de familles différentes d'invertébrés rencontrées. Il donne une indication sur la diversité du peuplement et la richesse en habitats de la rivière.

- **Calcul de l'IBGN** : le calcul de l'indice se fait en trois étapes :

La détermination de la classe de variété taxonomique qui sur la base des cinquante-deux taxons potentiellement présents est égale au nombre de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu, quatorze classes de variétés sont définies (**Annexe**).

Le calcul de l'indice on lui-même est obtenu par la formule suivante (**Archaibault et Dumont, 2014**) :

| |
|--|
| $\text{IBGN} = \text{N}^\circ \text{ du groupe faunistique indicateur} + (\text{N}^\circ \text{ de classe de variété} - 1) \text{ avec } \text{IBGN} \leq 20.$ |
|--|

➤ **Expression d'IBGN**

Dans la norme AFNOR la qualité hydro biologique est définie selon cinq niveaux de couleur, permettant une représentation cartographique. La correspondance avec les classes de qualité (grilles de 1990) se fait comme suit:

Tableau 2: Expression de la qualité biologique des cours d'eau (**Genin et al., 2003**).

| | | | | | |
|-----------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| La valeur de l'EBGN | ≥ 17 | 13-16 | 9-12 | 5-8 | ≤ 4 |
| Classe de qualité | 1A | 1B | 2 | 3 | HC |
| Couleur correspondant | bleu | Vert | jaune | orange | Rouge |
| Qualité d'eau | Excellente | Bonne | Moyenne | Médiocre | Mauvaise |

➤ **La définition des classes de qualité est suivante :**

1A : qualité excellente, absence de pollution

1B: qualité bonne, pollution modérée

2 : qualité moyenne, pollution nette

3: qualité médiocre, pollution importante

HC (Hors Classe) : qualité mauvaise, pollution excessive.

Chapitre 04
Résultats

4.1 Analyse des paramètres abiotiques

4.1.1 La température

La température des eaux de surface varie en fonction du climat, des saisons, de matières en suspension, de la nature du relief des terres à son voisinage (**Bordet, 2007**). La température joue un rôle important dans le développement, la croissance et le cycle biologique de la majorité des insectes aquatiques. Elle peut agir également sur la distribution des espèces et la densité des populations (**Dajoz, 2009**).

Les mesures de la température mensuelle du mois de janvier au mois d'avril 2023 ont été présentées et analysées. A partir du (**tableau 03**) nous pouvons constater que la température la plus élevée a été enregistrée à la station d'oued Seybouse pendant le mois d'avril (20°C). En outre, la valeur minimale de la température est de 6.8°C enregistrée à la station du barrage Bouhamdane pendant le mois de janvier. De plus, nous remarquons une variation de température d'ordre croissant pour les deux sites. Nous pouvons conclure que la station d'oued Seybouse présente les températures les plus élevées par rapport à l'autre station.

Tableau 3: Variation mensuelle de la température (°C) de l'eau des stations échantillonnées pendant la période de janvier-avril, 2003.

| Station | Janvier | Février | Mars | Avril | Moyenne |
|--------------------|---------|---------|------|-------|---------|
| Oued Seybouse | 14.6 | 16.4 | 18 | 20 | 17.25 |
| Barrage Bouhamdane | 6.8 | 6.9 | 7 | 7.9 | 7.15 |

4.1.2 Potentiel hydrogène (pH)

Le ph d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H⁺ ou OH⁻. Une eau équilibrée aura un ph neutre de 7. En fait, des variations trop élevées du ph par rapport à cette valeur constitue une pollution des eaux (**Soualmia et al., 2013**).

La **figure 14** représente la variation mensuelle du pH des deux stations échantillonnées, du mois de janvier au mois d'avril 2023.

On observe que le pH des deux stations d'oued Seybouse et le barrage Bouhamdane tend à être alcalin avec des valeurs comprises entre 7.5 et 10.3. Celle-ci a été enregistrée pendant le mois d'avril à la station d'oued Seybouse. Tandis que la valeur minimale a été enregistrée pendant le mois de février à la station du barrage Bouhamdane.

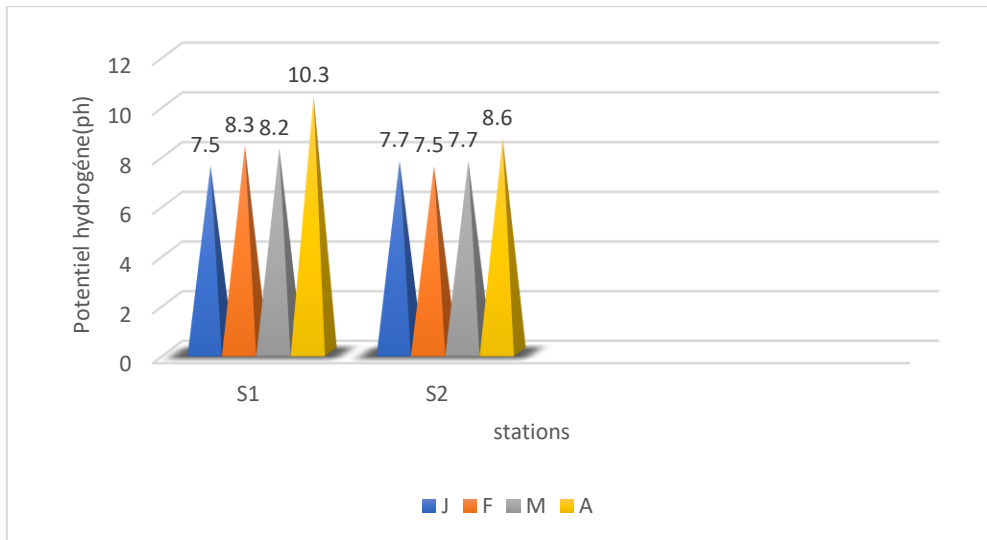


Figure 14: Variation temporelle du pH de l'eau des deux stations au cours de la période d'étude (S1 : station d'oued Seybouse ; S2 : station du barrage Bouhamdane).

4.1.3 Conductivité électrique

La conductivité est un paramètre très important pour la dynamique des peuplements. La conductivité nous indique le degré de minéralisation des eaux (**Touati, 2008**).

D'après la **figure 15** on observe que la conductivité de la station d'oued Seybouse est beaucoup plus élevée que celle du barrage.

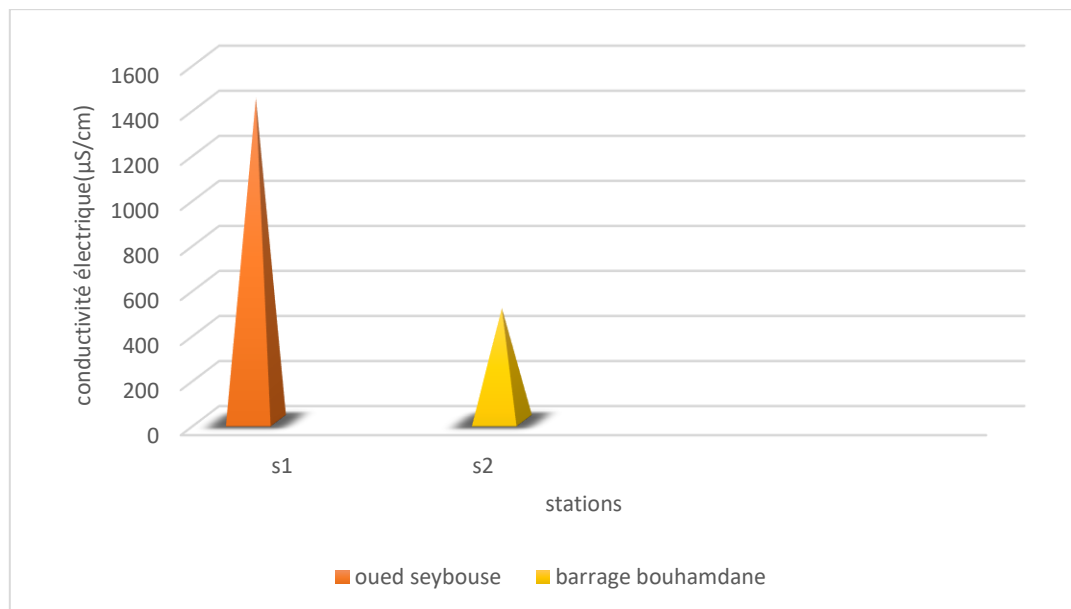


Figure 15: Variation de la conductivité électrique selon les stations pendant la période d'étude.

4.1.4 Oxygène dissous

La présence d'oxygène dans les eaux superficielles joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique. La diminution de la teneur en oxygène génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs nauséabondes (Chaib, 2002). L'oxygène dissous est indispensable à tous les organismes aquatiques, il provient : des échanges de l'interface (air-eau), de l'aération (mouvement de l'eau), et de la photosynthèse des plantes aquatiques et des algues (Satha, 2008). La concentration en oxygène existant dans les eaux est donc soumise à de fortes fluctuations (Chaib, 2002).

D'après les données de la **figure 16** on remarque que :

- Au niveau d'oued Seybouse : la concentration en oxygène la plus élevée a été observée pendant le mois d'avril avec une valeur de 6.7 mg /l. Une valeur minimale a été enregistrée pendant le mois de mars (0.4mg/l).
- Au niveau du barrage Bouhamdane : la concentration en oxygène la plus élevée a été observée pendant le mois de janvier avec une valeur de 0.4 mg /l.

En effet, on remarque clairement que les valeurs de la concentration en oxygène sont beaucoup plus élevées dans les eaux d'oued Seybouse par rapport à celles du barrage.

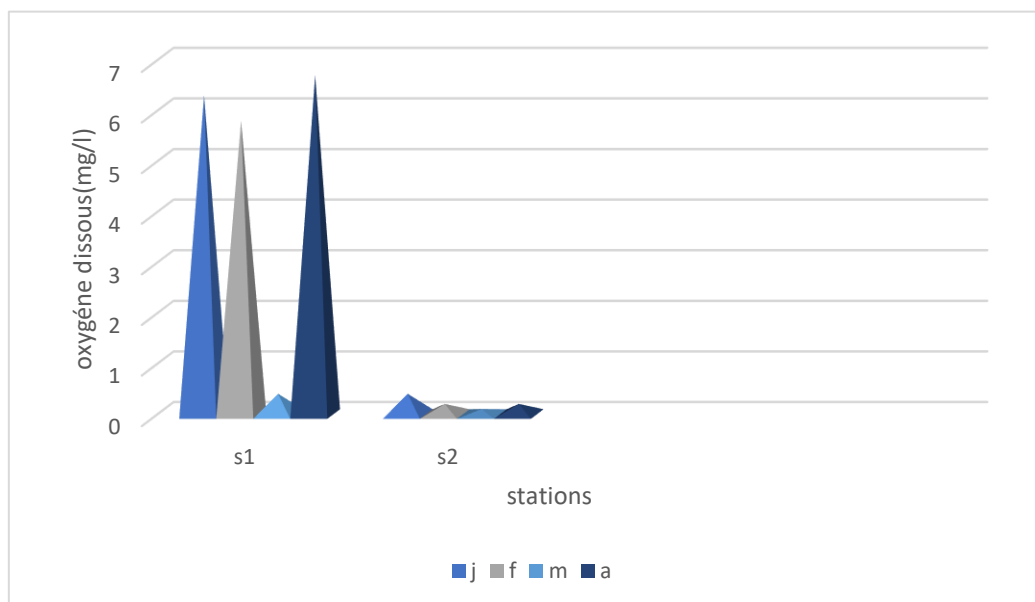


Figure 16: Variation mensuelle de l'oxygène dissous dans l'eau des deux stations pendant la période d'étude (janvier-avril, 2023).

4.2 Etude de la faune

4.2.1 Analyse globale

La totalité des macro-invertébrés capturés, triés, identifiés et considérés dans nos analyses est de (25) taxa faunistiques avec un nombre de 1715 individus aquatiques (**Tableau 3**).

Les peuplements des eaux courantes et stagnantes de la région de Guelma, sont composés par l'embranchement des Arthropodes (93.91%), les Mollusques (2.44%), les Nématelminthes (1.92%) et enfin les Annélides (1.69%) (**Figure 17**).

Tableau 4: Check –list des taxa faunistiques échantillonnés dans les eaux courantes et stagnantes de la région de Guelma pendant la période de 04 mois (janvier-avril, 2023).

| Embranchement | Classe et /ou ordre | Famille | Oued | Barrage |
|---------------|---------------------|---------------------|----------|------------|
| | | | Seybouse | Bouhamdane |
| Arthropodes | Plécoptères | Perlodidae | 30 | 00 |
| | | Leuctridae | 41 | 00 |
| | Ephéméroptères | Leptophebiidae | 76 | 110 |
| | | Baetidae | 145 | 24 |
| | | Caenidae | 98 | 150 |
| | | Heptagenidae | 34 | 06 |
| | Diptères | Simuliidae | 102 | 00 |
| | | Larves de moustique | 05 | 00 |
| | | Chironomidae | 201 | 182 |
| | Hémiptères | Notonectidae | 02 | 15 |
| | | Corixidae | 98 | 125 |
| | | Veliidae | 00 | 85 |
| | Coléoptères | Hydrophilidae | 35 | 06 |
| | | Dytiscidae | 00 | 07 |
| | | Helophoridae | 03 | 04 |
| | Trichoptères | Helicopsychidae | 22 | 00 |
| | Odonates | Zygoptères | 01 | 00 |
| | | Aeshnidae | 04 | 00 |
| Annélides | Oligochètes | Lumbricidae | 04 | 23 |
| | Achètes | Glossiphoniidae | 02 | 00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------|-------------|------------|------------|
| Mollusques | Gastéropodes | Ancylidae | 20 | 06 |
| | | Lymnaeidae | 04 | 01 |
| | | Viviparidae | 08 | 00 |
| | | Physidae | 00 | 03 |
| Némathelminthes | Nématodes | Mermithidae | 0 | 33 |
| Total | | | 935 | 780 |

D’après la **figure 17** on peut tirer les données suivantes :

- La classe des Insectes est composée de sept ordres : Ephéméroptères avec 37.49% du nombre total des individus échantillonnés ; puis les Diptères (28.57%) ; les Hémiptères (18.95%), les Plécoptères (4.13%), les Coléoptères (3.20%), les Trichoptères (1.28%) et les Odonates (0.29%).
- On a trouvé une classe dans l'embranchement des Mollusques : celle des Gastéropodes avec 2.44%.
- On a trouvé deux classes dans l'embranchement des Annélides représentées par les oligochètes (93.10%), et les Achètes (6.89%).
- On a trouvé une seule classe dans l'embranchement des Némathelminthes (1.92%) représentée par celle de nématodes et une seule famille des Mermithidae.

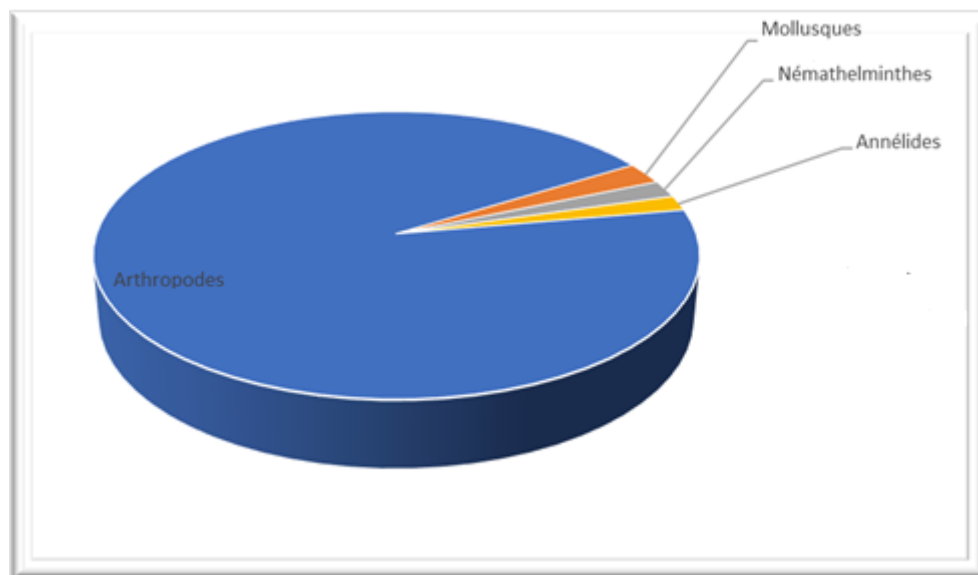


Figure 17: Pourcentage des embranchements des macro-invertébrés échantillonnés dans les eaux courantes et stagnantes de la région de Guelma (janvier-avril, 2023)

4.2.2 La Variation qualitative dans l'oued Seybouse

La **figure 18** illustre la variation stationnelle de la densité des taxons récoltés durant notre période d'étude. En effet, dans la station de Djbala qui se trouve au niveau d'oued Seybouse, nous pouvons remarquer que les éphéméroptères sont les plus échantillonnés avec un effectif de 353 individus, suivis par les Diptères avec 308 individus, et les hémiptères avec 100 individus, ensuite les autres taxons avec un faible effectif (les mollusques, les coléoptères, les annélides, et les plécoptères, les odonates).

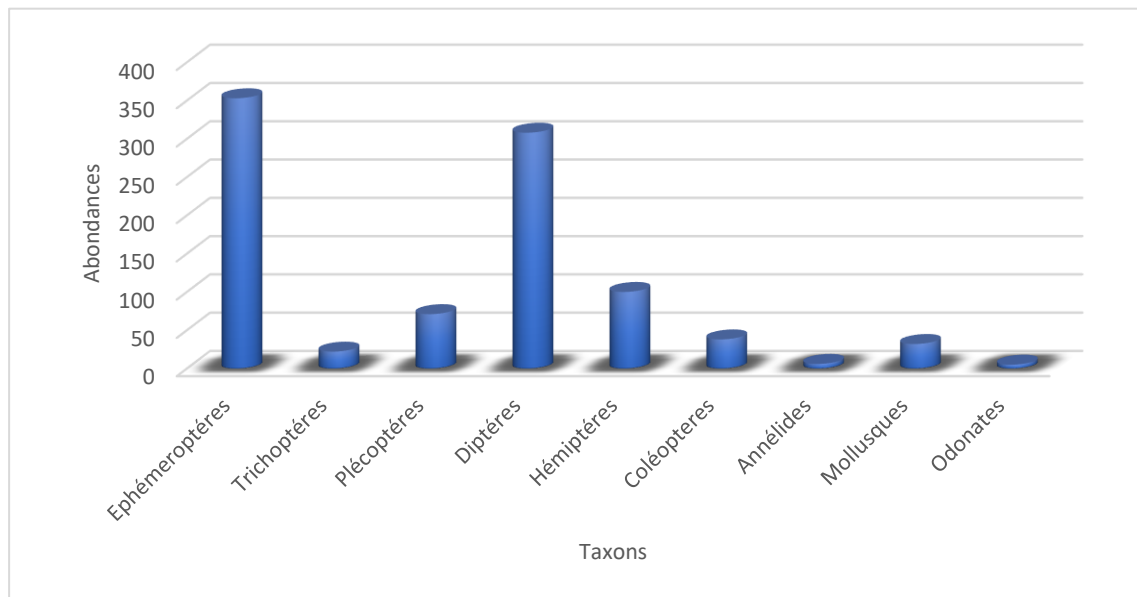


Figure 18: L'abondance des taxa faunistiques dans la station 1 (oued Seybouse-Djbala).

4.2.3 La Variation qualitative dans la Barrage Bouhamdane

La **figure 19** montre la variabilité des taxons récoltés dans la station 02 tout au long de notre période d'étude. En effet, la prospection des groupes récoltés nous a permis de constater que le nombre d'effectif des Ephéméroptères récoltés est relativement élevé par rapport aux autres groupes de macro-invertébrés, il compte, en fait, 290 individus, suivi par les Hémiptères (225 individus), les Diptères (182 individus). Les Mollusques, les Annélides et les Coléoptères ont une faible présence.

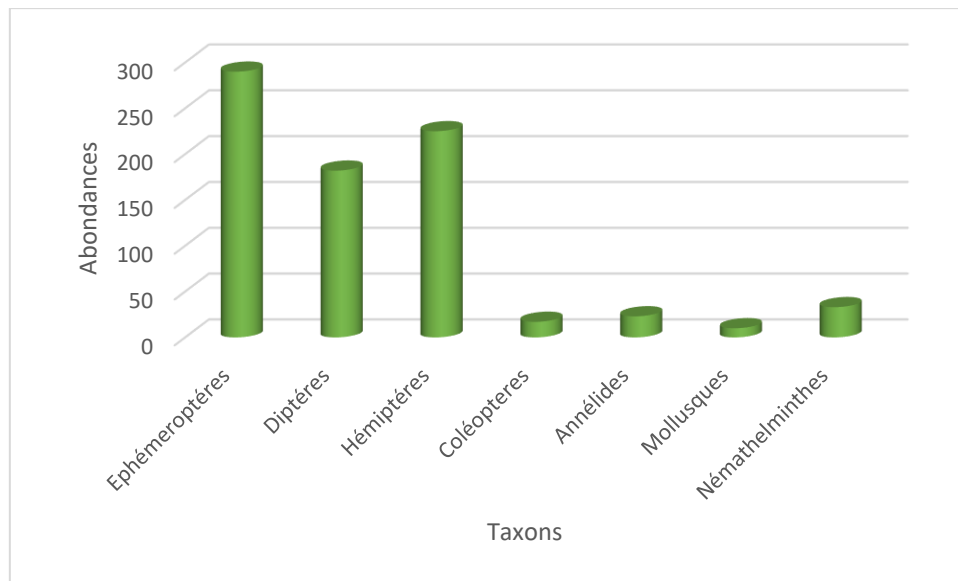


Figure 19: l’abondance des taxa faunistiques dans la station 2 (barrage Bouhamdane) pendant la période d’étude.

4.3 La structure d’un peuplement

4.3.1 L’abondance totale

D’après les données de la **figure 20**, on remarque qu’au cours de notre étude les familles les plus nombreuses sont, respectivement, les Chironomidae, les Caenidae et les Corixidae.

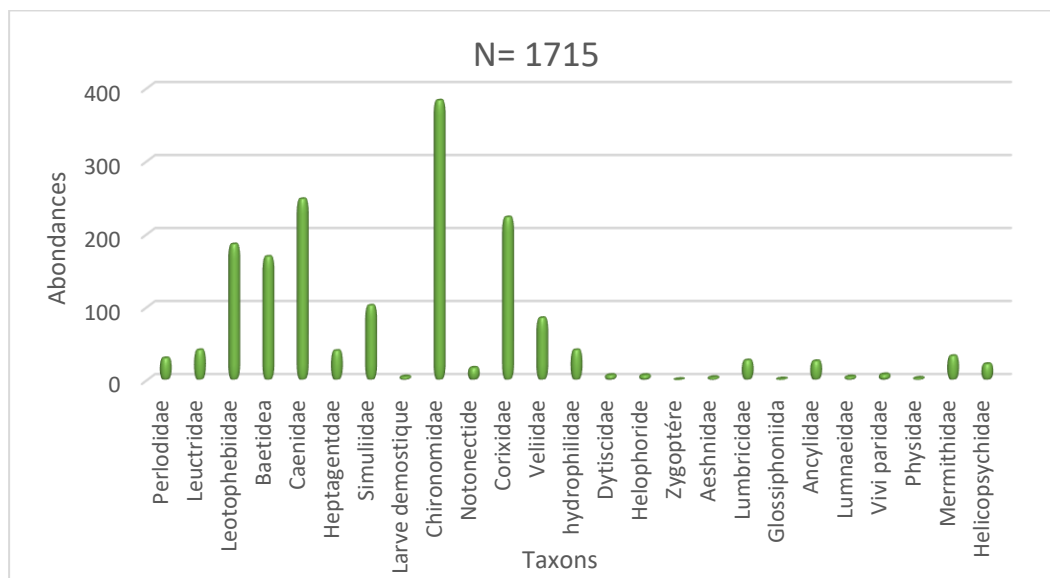


Figure 20: L’abondance totale des taxa faunistique échantillonnés dans les deux sites de l’étude

La **figure 21** montre que l’abondance des macro-invertébrés la plus élevée a été observée au cours des mois d’Avril et mars pour la station de Djbala, et le mois de mars pour la station du barrage Bouhamdane.

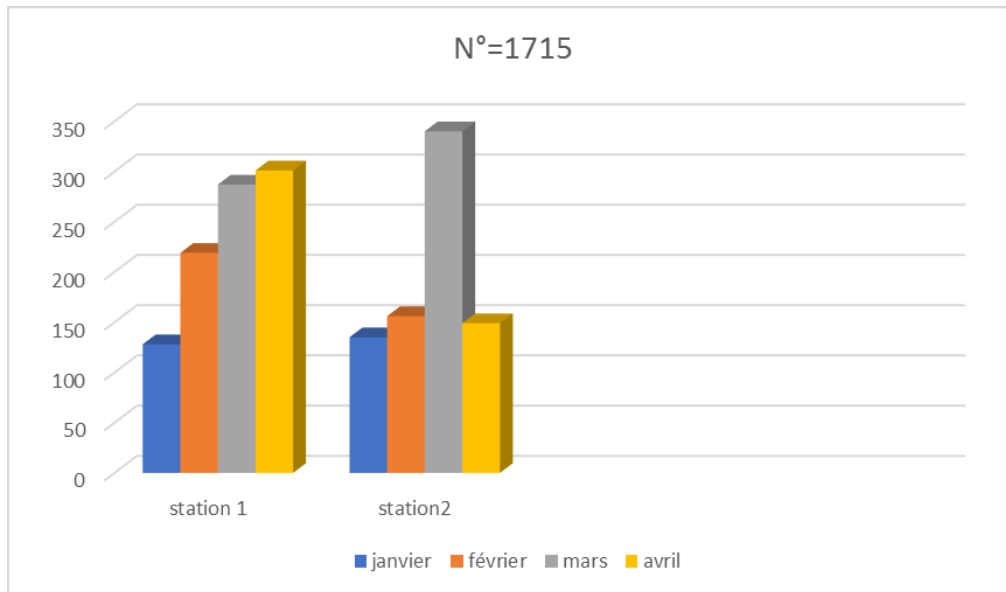


Figure 21: Variation temporelle de l'abondance pour les deux stations (oued Seybouse et barrage Bouhamdane).

4.3.2 L'abondance relative familiale de la faune aquatique

➤ Les Diptères

Les Diptères sont représentés par trois familles. En effet, on a prélevé 490 individus dont 383 appartiennent à la famille des Chironomidae et qui représentent 78.16%. Les Simuliidae en deuxième position avec 102 individus (à savoir 20.81%) et les larves de Culicidae avec 5 individus qui représentent 1.02% (**Figure 22**).

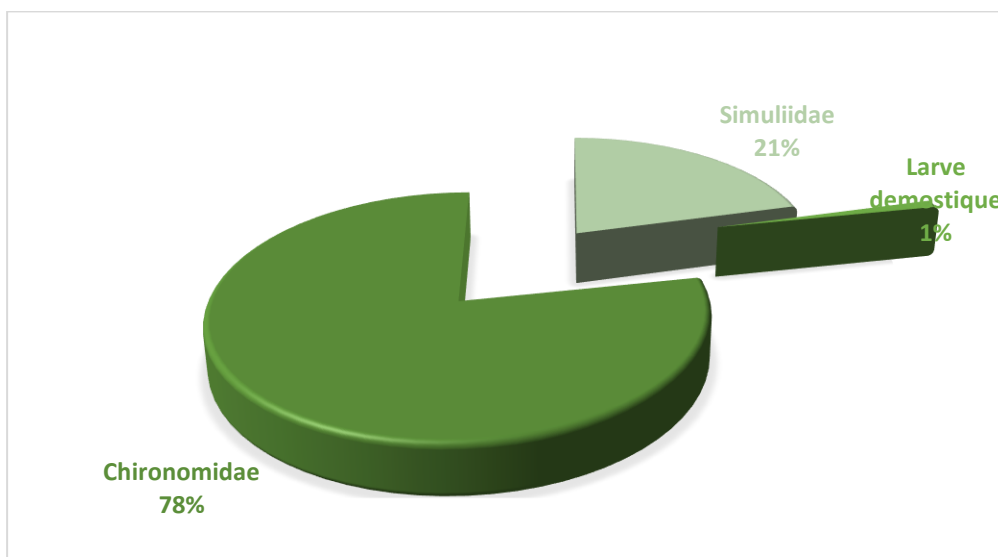


Figure 22: Pourcentage des différentes familles des Diptères au niveau de deux stations.

➤ Les Ephéméroptères

L'ordre de Ephéméroptères est représenté par 4 familles (**Figure 23**) avec un effectif total de 643 individus dont :

- 248 individus appartiennent à la famille des Caenidae (38.56%),
- 186 individus (28.92%) appartiennent à la famille des Leptophebiidae
- un effectif de 169 individus (26.28%) : la famille des Baetidae,
- et la famille des Heptagenidae avec un effectif 40 individus (6.22%)

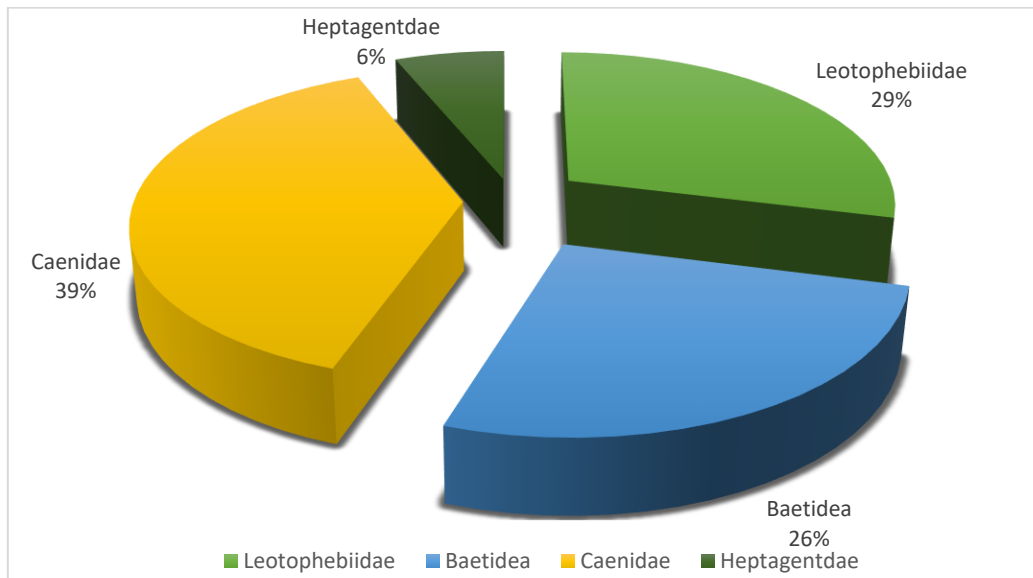


Figure 23: pourcentage des différentes familles des Ephéméroptères au niveau des deux stations.

➤ Les Coléoptères

L'ordre de Coléoptères est représenté par trois familles (**Figure 24**). Dans cet ordre on a prélevé 55 individus dont :

- les Hydrophilidae avec 41 individus (74.54%)
- les Dytiscidae avec 7 individus (12.72%) ;
- et Helophoride avec 7 individus(12.72%)

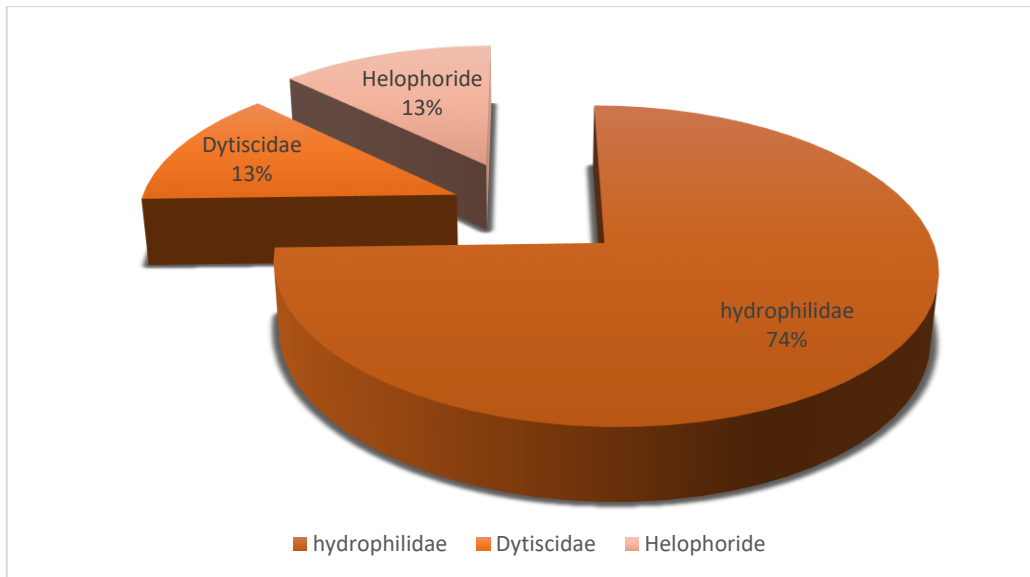


Figure 24: Pourcentage des différentes familles des Coléoptères au niveau des deux stations échantillonnées

➤ Les Hémiptères

Les Hémiptères sont représentés par trois familles. En fait, on a prélevé 325 individus dont 223 appartiennent à la famille des Corixidae (68.61%). Les Veliidae en deuxième position avec 85 individus (26.15%), et les Notonectidae avec 17 individus (5.23%) (**Figure 25**).

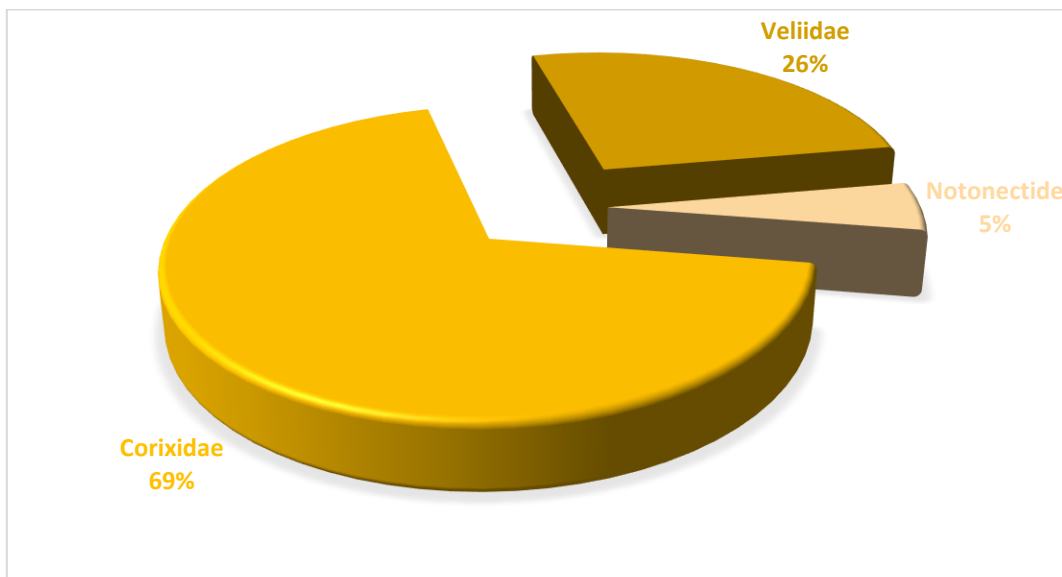


Figure 25: Pourcentage des différentes familles des Hémiptères échantillonnées au niveau des deux stations.

➤ Les Plécoptères

Au cours de notre campagne nous n'avons trouvé les Plécoptères qu'au niveau d'oued Seybouse. Ils sont représentés par deux familles. Dans cet ordre on a prélevé 71 individus dont

41 appartiennent à la famille des Leuctridae (57.74%), et 30 individus appartiennent à la famille des Perlodidae (42.25%) (Figure 26).

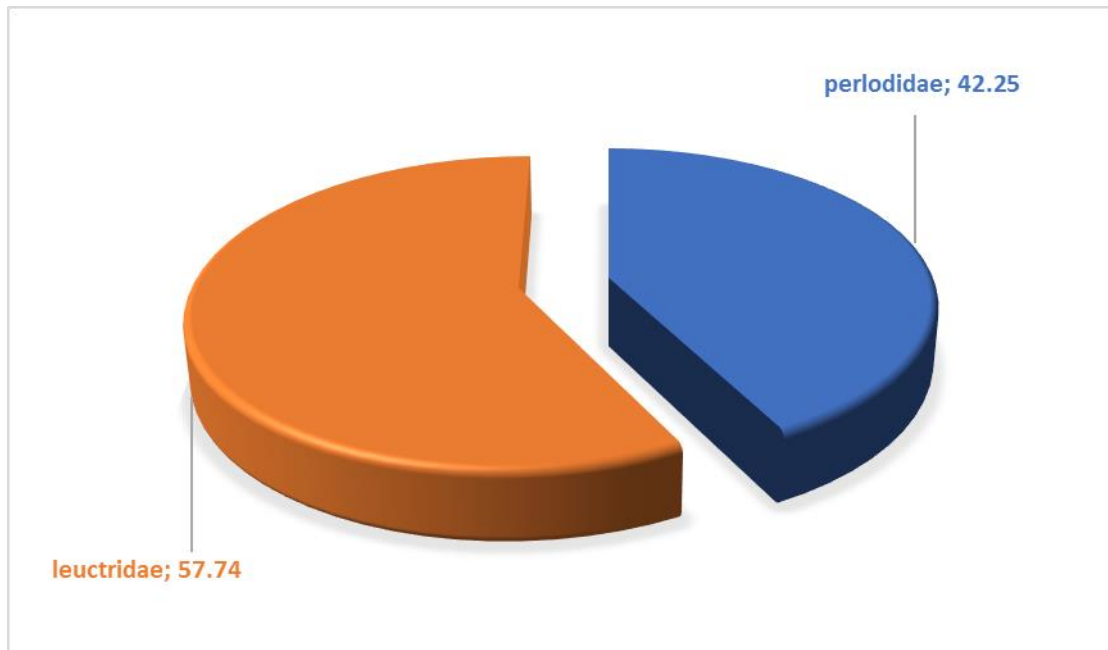


Figure 26: Pourcentage des différentes familles des Plécoptères au niveau d’oued Seybouse

➤ **Les Mollusques**

L’embranchement des Mollusques est représenté par une classe, celle des Gastéropodes.

La classe de gastéropodes est représentée par 4 familles avec un effectif total de 42 individus dont 26 appartiennent à la famille des Ancyliidae (61.90%), 8 individus appartiennent à la famille des Viviparidae (19.04%), les Limnaeidae et les Physidae ont un faible effectif avec, respectivement, 5 et 3 individus (Figure 27).

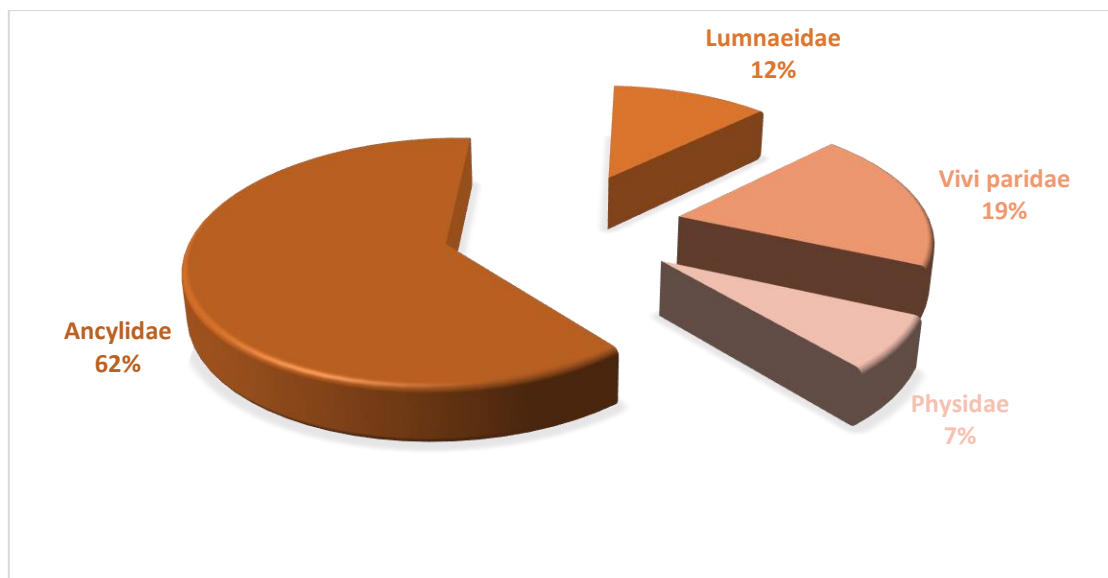


Figure 27: Pourcentage des différentes familles des Mollusques au niveau d'oued Seybouse et barrage Bouhamdane.

➤ **Les Annélides**

Au cours de notre échantillonnage au niveau des deux stations, nous avons récolté 9 individus d'Annélides se répartissant sur deux familles : Les Oligochètes avec 27 individus soit (93.10%) ; et les Achètes avec seulement 2 individus (6.89 %) (**Figure 28**).

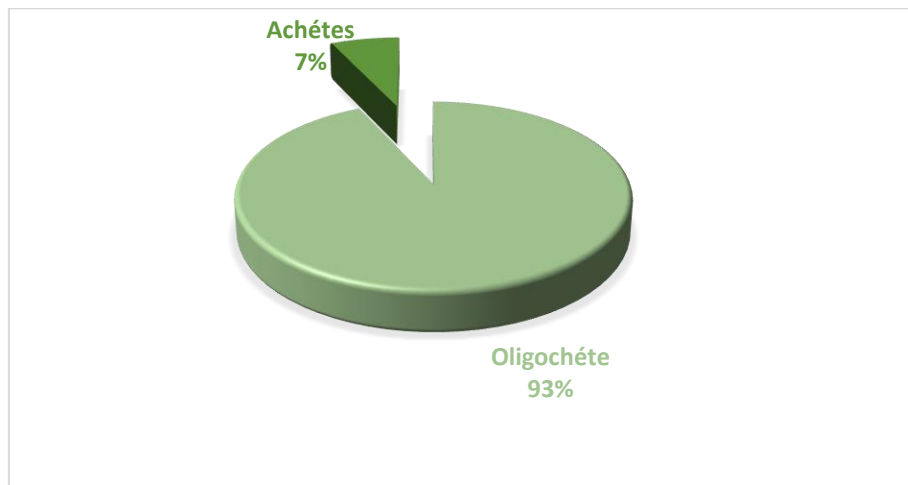


Figure 28: Pourcentage des différentes familles des Annélides échantillonnées au niveau d'oued Seybouse et barrage Bouhamdane.

➤ **Les Trichoptères et les Nématodes**

L'ordre des Trichoptères est représenté par une seule famille : celle des Helicopsychidae représentée par 22 individus.

Les Nématodes sont représentés par 33 individus appartenant à une seule famille, celle des Mirmithidae.

➤ **Les Odonates**

Durant toute la période de notre étude ; nous avons récolté 5 individus d'Odonates : un Zygoptère appartenant à la famille des Coenagrionidae ; et 4 Anisoptères appartenant à la famille des Aeshnidae.

4.4 Les indices biologiques

4.4.1 La richesse spécifique

D'après les données de la **figure 29**, on remarque que la richesse spécifique au niveau des eaux courantes de la région de Guelma (21 taxons) est supérieure à celle des eaux stagnantes (barrage Bouhamdane) (16 taxons).

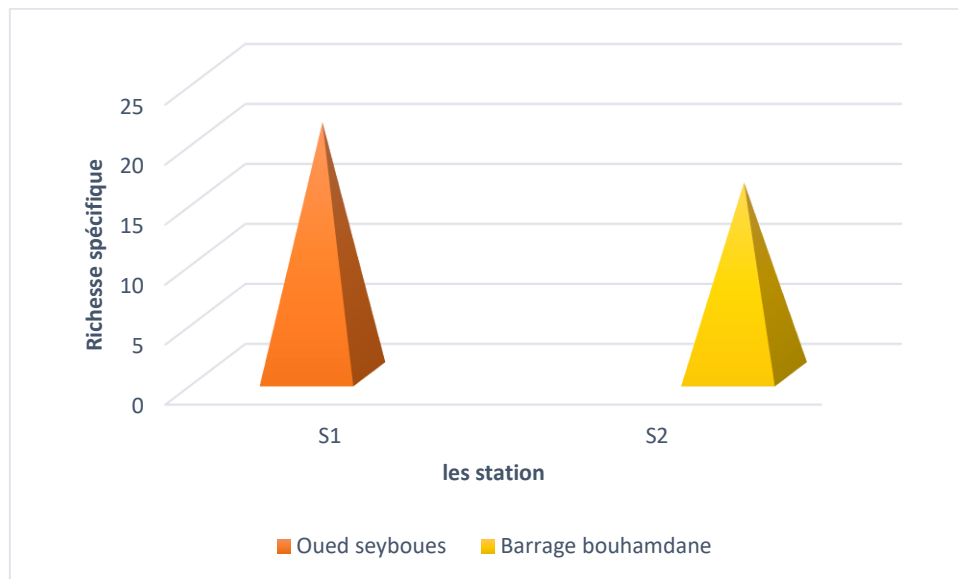


Figure 29: La richesse spécifique des deux stations échantillonnées dans la région de Guelma pendant une période de 4 mois.

➤ La richesse mensuelle

Au niveau d'oued Seybouse (station de Djbala) la richesse spécifique la plus élevée a été notée pendant le mois d'avril avec 7 taxons, 5 taxons en février, et 3 taxons seulement en janvier et mars.

Dans le barrage Bouhamdane la richesse spécifique la plus élevée a été notée pendant le mois de mars (9 taxons), 6 taxons en avril, 5 taxons pendant le mois de février, et 3 taxons en janvier (**Figure 30**).

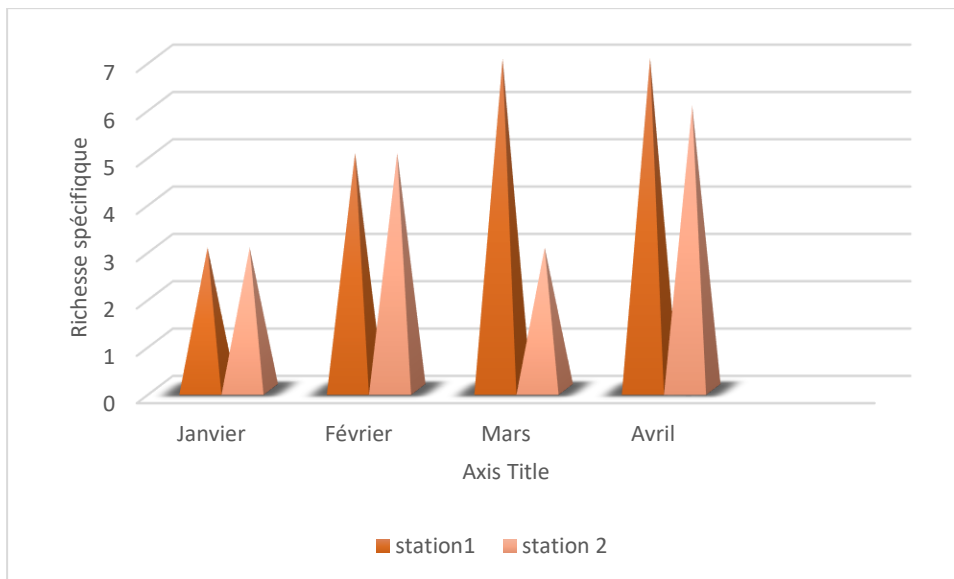


Figure 30: Variation mensuelle de la richesse spécifique par station.

4.4.2 Les indices de diversité

D'une manière générale, les indices H' et E augmentent avec le nombre d'espèces et avec la régularité de leur distribution d'abondance. Autrement dit, ces indices sont élevés lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée.

Dans ce travail, les profils de variation de H' et E , présentent la même allure. La diversité H' oscille entre un minimum de 0.73 (station S2) et un maximum de 0.76 (station S1). On peut constater aussi que la diversité et l'équitabilité suivent la même évolution spatiale (**Tableau 4 ; Figures 31 et 32**).

Tableau 5: Les variations spatiales des différents descripteurs de la diversité (S : la richesse spécifique ; H' : l'indice de Shannon ; E : l'équitabilité)

| Les stations | Station de Djbala | Barrage Bouhamdane |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| S | 21 | 16 |
| H' | 0.73 | 0.76 |
| H max | 1.32 | 1.20 |
| E | 0.55 | 0.63 |

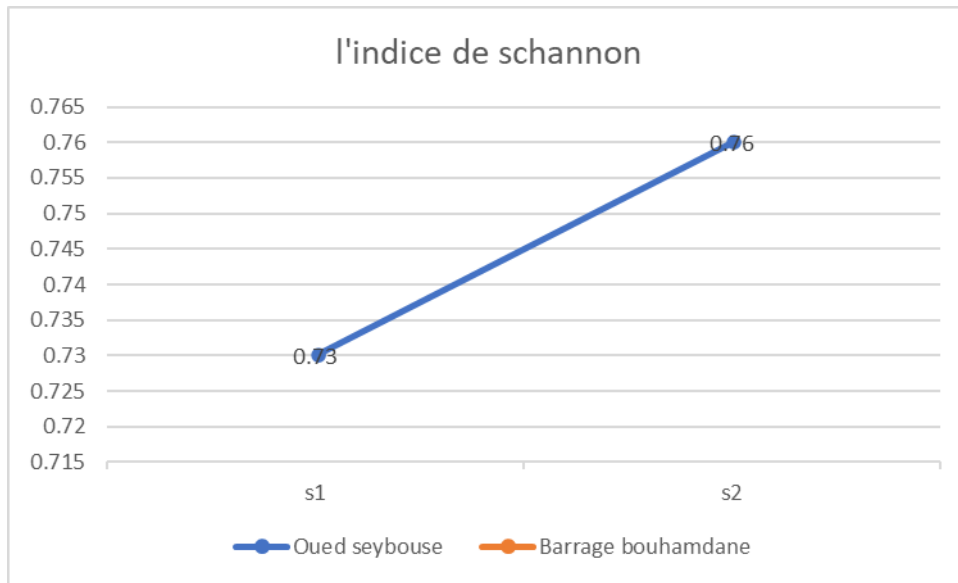


Figure 31: Évolution spatiale de l’indice de diversité de Shannon dans les deux stations échantillonnées (station 1 : oued Djbala ; station 2 : barrage Bouhamdane).

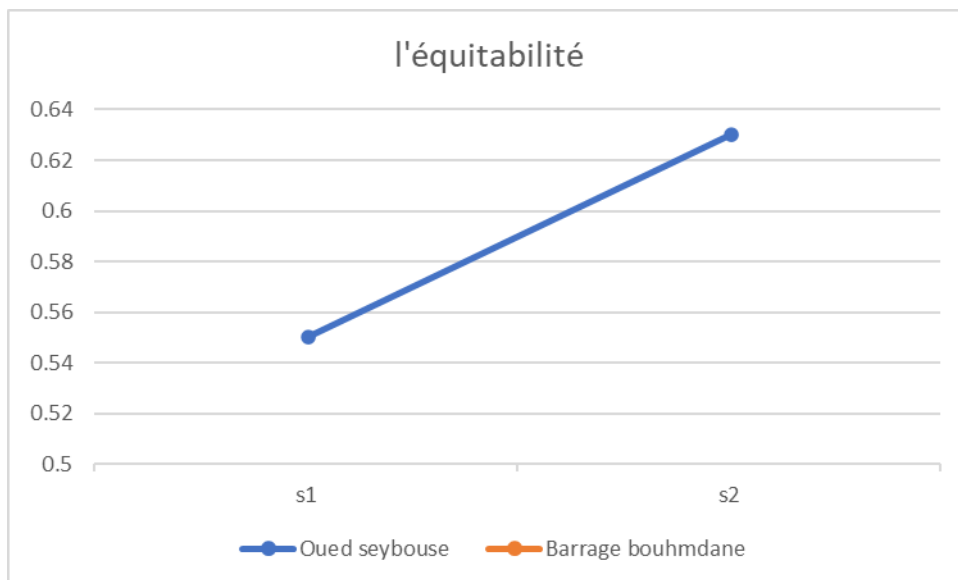


Figure 32: Évolution spatiale de l’indice de l’équitabilité de Piéλου dans les deux stations

4.4.3 Détermination de l'indice biologique global (IBGN)

Tableau 6: relevé des macro-invertébrés de la station de Djbala selon l'IBGN.

| Embranchement | Classe et / ou ordre | Famille | Abondance | Ja | fé | ma | avril | GI |
|---------------|-------------------------|------------|-----------|----|----|----|-------|----|
| | Plécoptères | Perlodidae | 30 | 26 | 04 | 00 | 00 | 9 |
| | | Leuctridae | 41 | 06 | 09 | 26 | 00 | 7 |

| | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-----|----|---------|----|-----|---|
| Arthropodes | Ephéméroptères | Leptophebiidae | 76 | 7 | 15 | 54 | 0 | |
| | | Baetidae | 145 | 3 | 10 2 | 39 | 1 | 2 |
| | | Coenidae | 98 | 58 | 0 | 0 | 40 | |
| | | Heptagientdae | 34 | 0 | 0 | 0 | 34 | 5 |
| | Diptères | Simuliidae | 102 | 0 | 0 | 11 | 91 | |
| | | Larv de moustique | 05 | 0 | 4 | 1 | 0 | |
| | | Chironomidae | 201 | 0 | 0 | 71 | 130 | 1 |
| | Hémiptères | Notonectide | 02 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| | | Corixidae | 98 | 30 | 42 | 15 | 11 | |
| | | Veliidae | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Coléoptères | Hydrophilide | 35 | 0 | 25 | 10 | 0 | |
| | | Dytiscidae | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Helophoride | 03 | 03 | 0 | 0 | 0 | |
| | Trichoptères | Helicopsychidae | 22 | 0 | 0 | 22 | 0 | |
| | Odonates | Zygoptère | 01 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| | | Aeshnidue | 04 | 0 | 3 | 1 | 0 | |
| Annélides | Oligochète | Lumbricidae | 04 | 0 | 0 | 4 | 0 | |
| | Achétes | Glossiphonudae | 02 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| | | Ancylidae | 20 | 14 | 2 | 4 | 0 | |

| | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|----|---|---|---|---|--|
| Mollusques | Gasteropodes | Limnaeidae | 04 | 1 | 3 | 0 | 0 | |
| | | Viviparidae | 08 | 0 | 5 | 2 | 0 | |
| | | Plysidæ | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Némathelminthes | Nématodes | Mermithidae | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Total | | 935 | | | | | | |
| Varié taxonomique ($\sum t$) | | | | | | | | |
| Classe de variété taxonomique (VT): 7 | | | | | | | | |

| | |
|---------------|---------------------|
| Vert bonne | IBGN=9 + 7 - 1 = 15 |
|---------------|---------------------|

L'IBGN est calculé: $IBGN=GI +VT-1$, avec $IBGN < 21$

Effectif total : 935

Variété taxonomique totale ($\sum t$) :

Classe de variété taxonomique (VT) : 7

Groupe faunistique Indicateur (GI) : 9

Les résultats de l'IBGN= 15, montrent que la station Djbala d'oued Seybouse est de qualité moyenne, avec (VT = 21), et un groupe d'indices (GI = 9), les Ephéméroptères représentent le taxon dominant durant toute la période d'étude avec 37.49%. Le reste des taxons sont représentés par les Diptères (Chironomidae) avec 28.57%.

Chapitre 05
Discussion

5. Discussion

Dans notre travail qui a duré 04 mois (janvier, février, mars et avril), entre dans le cadre de la connaissance des macro-invertérés et la qualité des eaux courantes et stagnantes de l'est algérien, et plus particulièrement d'oued Seybouse et le barrage Bouhamdane.

5.1. Les macro-invertérés en relation avec les facteurs environnementaux

Les espèces sélectionnent les habitats dans lesquels la survie et la reproduction sont optimales. L'un des objectifs les plus importants de l'écologie aquatique est de déterminer la distribution et l'abondance des invertérés et des facteurs régissant la sélection de l'habitat (**Rae, 2013**). Les facteurs influant sur la distribution spatiale de l'espèce dans un habitat sont principalement les conditions abiotiques (**Dajoz, 1985**).

La température joue un rôle important pour la vie et la distribution des organismes vivants. Au cours de notre étude on a noté que la température la plus élevée a été enregistrée au niveau de la station de Djbala pendant le mois d'avril (20 C°). En fait, on a remarqué que la station est asséchée par la rareté de la pluviométrie, en plus la station de Djbala est utilisée par les agriculteurs pour l'irrigation. Alors qu'au niveau de la station de Bouhamdane la température la plus élevée a été enregistrée pendant le mois d'avril (7.9 C°).

La chimie de l'eau des cours d'eau est dépendante des caractéristiques physiques et géologiques du bassin versant (**Bishop, 1973**). Ainsi, la constitution chimique de l'eau d'oued Seybouse et du barrage Bouhamdane dépend de la chimie de la roche mère à laquelle ils appartiennent. Selon les recherches l'abondance et la diversité des macro-invertérés aquatiques sont fonction de leurs exigences et tolérances éco-physiologiques. Ceci est en corrélation avec nos résultats, On peut raisonnablement penser que les éphéméroptères sont parmi les plus tolérants à la conductivité et la pollution du milieu qui traduit leur répartition dans les eaux courantes et stagnantes de notre région.

La mesure du pH détermine l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité de l'eau. L'échelle qui sert à le mesurer est comprise entre 0 et 14. Une eau dont le pH est inférieur à 7 est dite acide. Lorsque son pH est supérieur à 7, on dit qu'elle est basique (alcaline) et s'il est égal à 7, l'eau est dite neutre. Dans notre étude les valeurs observées du pH présentent des eaux relativement neutre à alcaline, variant entre 8.6 à 10.3. Le pH des échantillons obtenus sur l'ensemble des prélèvements sont tous inférieurs à la valeur recommandée et classent les eaux d'oued Seybouse et barrage Bouhamdane de bonne qualité c'est-à-dire que ces eaux sont adéquate pour la survie des macro-invertérés.

Pour l'ensemble des stations échantillonnées que ce soit dans les eaux courantes ou stagnantes, les teneurs en oxygène dissous sont relativement faibles à élevées. En effet, elles varient entre une valeur minimale de 0.1mg/l et une valeur maximale allant jusqu'à 6.7 mg/l.

5.2 Indices de diversité

Par l'indice de Shannon et d'Equitabilité on peut savoir si un écosystème est en santé ou s'il est en difficulté. Les indicateurs biologiques peuvent servir à caractériser de façon simple et concise l'état d'un écosystème (**Lamri et Belghyti, 2011**). Dans la pratique, les indices de diversité et de régularité (Equitabilité) sont couramment utilisés pour comparer différents peuplements ou différents états (variations...etc). Leur signification fonctionnelle est loin d'être clairement explicite ou évidente et des confusions subsistent encore dans la littérature traitant la biodiversité (**Buckland et al., 2005**).

L'étude de diversité des peuplements de macro-invertébrés aquatiques des deux stations fait appel au calcul de l'indice de diversité de Shannon, de l'Equitabilité. Les stations d'Oued Seybouse et le barrage Bouhamdane, affichent des valeurs de $H' < 1,5$; Elles traduisent une diversité moyenne des peuplements où tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (**Frontier, 1983**). Ceci s'explique par un faible nombre d'espèces ou une dominance de certaines espèces dans la communauté. Nos résultats en témoignent puisqu'on a noté une grande différence dans l'occurrence et l'abondance de certains taxons par rapport à d'autres : les Ephéméroptères et les Diptères par rapport aux Trichoptères et les odonates.

Les résultats de l'indice d'Equitabilité confirment ce qui a été démontré par l'indice de diversité de Shannon puisqu'il présente les mêmes variations d'une station à une autre.

5.3 Evaluation de la qualité hydro biologique des cours d'eau

L'indice biologique global normalisé (IBGN) est un outil de diagnostic basé sur l'étude de la faune des macro-invertébrés benthiques d'eau douce, l'IBGN permet de caractériser l'état écologique de l'eau, plusieurs paramètres sont à prendre en compte : la richesse en macro-invertébrés la diversité des taxons présents, et l'absence ou la présence de certains taxons plus particulièrement indicateurs de la présence de pollution (**Davies et al., 1962 ; Camargo, 1992**).

Les résultats de l'indice biologique global normalisé (IBGN) ont montré une valeur de station d'Oued Seybouse (Djبالا), malgré la différence de la période d'échantillonnage, ce qui indique une bonne qualité hydro biologique. C'était la valeur la plus élevée enregistrée dans l'Oued, (GI = 9) et la variété taxonomique (VT= 7), conduisant à un IBGN=15 et ceci par rapport à d'autres

travaux réalisés (**Boulfedjrel, 2015 ; Boudour et Habiles, 2017**). En effet, on note la présence particulière d'espèces sensibles à la pollution comme : les Ephéméroptères (Caenidae et Heptageniidae), les Diptères Simuliidae et les Trichoptères. En fait, une biocénose formée de larves et nymphes d'Heptageniidés et de Trichoptères à fourreaux fixes ainsi que les Simuliidae est indicatrice d'eau propre; son absence dénote d'ordinaire l'existence d'une pollution ou tout au moins d'un faible approvisionnement en oxygène (**Villant, 1966**).

5.4 Etude de la faune de macro-invertébrés

Cette étude nous a permis de recenser un peuplement faunistique très diversifié, il est constitué de 1715 individus qui appartiennent à 25 classes, dont la majorité sont des insectes.

De nombreuses études réalisées sur les macro-invertébrés aquatiques, rapportent qu'ils sont les communautés les plus abondantes dans l'eau. Nos résultats confirment ceux réalisés précédemment par d'autres chercheurs au niveau de notre université et à l'extérieur. En effet, la présence et l'abondance des Ephéméroptères et des Diptères dans les eaux du barrage mettent en évidence leur importance dans les zones des hautes altitudes là où l'habitat est caractérisé par une température relativement faible, cette présence indique aussi que ces taxons sont de bons indicateurs de la qualité biologique des eaux, car ils sont très sensibles aux perturbations des habitats.

Nos résultats sur les macro-invertébrés d'oued Seybouse montrent que la biodiversité ainsi que l'abondance des taxons est inférieure par rapport à celles observées dans les travaux précédents : **Zeghdoudi (2014)** : 2535 individus, **Boulfedjghal (2015)** : 2776 ; Ceci est peut-être dû aux conditions climatiques qui deviennent de plus en plus sévères ces dernières années. En effet, on a enregistré une faible pluviométrie et une température élevée de l'eau. Ces conditions entravent le développement des macro-invertébrés et surtout ceux sensibles aux conditions sévères de l'environnement (**Boulaaba et al., 2014**).

La phénologie des taxa montre que les Ephéméroptères sont présents tout au long de la période d'étude. Il est fort probable qu'il s'agit de plusieurs espèces multivoltines. Ceci s'accorde avec les résultats d'**Arab (2004)** dans les deux réseaux hydrographiques Chelif et Mezafran. D'après **Tachet et al. (2000)** les Chironomidae et les Ephéméroptères semblent pouvoir supporter de larges variations de température.

Parmi les Ephemeropteres, la famille des Baetidae est celle la plus abondante et la plus frequente. En effet, on a echantillonne 145 individus, en plus ils sont presents dans tous les echantillons, les Baetidae sont tolerants a la pollution.

Les Dipteres occupent la 2^{eme} position dont les familles les plus observees sont celles des Chironomidae et les Simuliidae. En effet, la famille des Chironomidae representee par 201 individus dans les eaux courantes, et 182 individus dans l'eau du barrage. Les Chironomidae est une famille de Dipteres qui existent dans les milieux aquatiques, terrestres et semi-terrestres (**Ferrington, 2008**). En plus, ils sont caracterises par leur abondance et diversite et englobent beaucoup d'especes tolerantes a la pollution et aux conditions severes de l'environnement (**Morais et al., 2004**). Ce taxon est dit euryeces, car il ne semble pas presenter d'exigences ecologiques particulieres (**Verneaux, 1976**). De plus, ils sont tres resistants a la pollution trophique (**Angelier, 2000**). Les Simuliidae sont completement absents dans l'eau du barrage Bouhamdane et on a enregistre 102 ou 182 individus dans la station d'oued Seybouse-Djbal.

La presence des Simuliidae dans le site de Seybouse est en relation avec leur biologie. En effet, ces insectes ne peuvent vivre que dans des eaux bien oxygenees et a vitesse elevee du courant (**Williams et Feltmate, 1992**). Ceci est en accord avec nos resultats sur les parametres physiques de l'eau de cette station. En effet, la station de Seybouse est celle qui montre un taux d'oxygene et une vitesse du courant les plus eleves par rapport a l'autre site explore.

Les Hemipteres occupent la 3^{eme} place et la famille de Corixidae est la plus frequente surtout dans la station de Bouhamdane ou on a enregistre 125 individus, et 98 individus pour la station d'oued Seybouse-Djbal.

Les Plecopteres occupent la 4^{eme} place et la famille de Leuctridae est la plus frequente surtout dans la station de Seybouse par contre il n'existe aucun individu dans la station de Bouhamdane. Les plecopteres appartiennent a un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques et principalement associees aux eaux fraiches et propres (1).

Les Coleopteres occupent la 5^{eme} position dont la famille la plus observee est celle des Hydrophilidae. Nos resultats indiquent que les coleopteres sont presents dans la station de Seybouse avec 38 individus dans le barrage avec 17 individus.

Les Gastropodes occupent la 6^{eme} position concernant l'abondance des macro-invertebres. La famille des Ancylidae representee par 26 individus est la plus nombreuse. Les Physidae et les Limnaeidae et Viviparidae sont moins abondantes. Ce sont tres bons bio

indicateurs de la pollution (**Boening, 1999 ; Bresler *et al.*, 2003**). En plus, la présence des Gastéropodes dans nos milieux confirment nos résultats sur la chimie de ces eaux où on a noté que le pH des deux stations d'oued Seybouse et le barrage Bouhamdane tend à être alcalin avec des valeurs comprises entre 7.5 et 10.3. De même, pour la conductivité qui est un paramètre très important pour la dynamique des peuplements. La conductivité nous indique le degré de minéralisation des eaux (**Touati, 2008**), la présence des Gastéropodes en est donc relative dans nos milieux.

Les Nématodes occupent la 7^{ème} place et la famille de Mermithidae est la plus fréquente surtout dans la station de Bouhamdane par contre il n'existe aucun individu dans l'autre station.

Les oligochètes, les Achètes et les Trichoptères et les Odonates viennent en dernière position avec un nombre moins faible. Ces résultats ne reflètent pas sûrement la réalité; et c'est peut-être dû à la période ou la méthode d'échantillonnage ou bien aux chevauchement de leurs cycle de vie et la période de l'étude.

Conclusion

L'inventaire faunistique réalisé dans la présente étude constitue une base de données importante. La faune étudiée est caractérisée par une diversité taxonomique variable selon le degré de pollution des eaux.

Dans notre travail qui a duré du mois de janvier à avril 2023, nous avons analysé les communautés de macro-invertébrés sur les deux sites d'étude oued Seybouse (station de Djbala : S1) et le barrage Bouhamdane (S2).

L'objectif de cette étude était de réaliser un inventaire de la biodiversité des macro-invertébrés de deux milieux aquatiques différents. Elle nous a permis de recenser un total de 1715 individus répartis en 4 groupes zoologiques (Mollusques, Arthropodes, Annélides, Nématelminthes) et 25 familles.

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indications sur la qualité de l'eau, la comparaison des moyennes au niveau des deux stations étudiées a permis de savoir que la température et le pH sont favorables à la survie des espèces, la variation de l'oxygène entre les stations (la valeur la plus faible au niveau de station 02 et la plus forte dans la station 01).

Le peuplement faunistique recensée dans ce travail se compose de 1715 individus où la classe des insectes est la plus dominante dans la station d'oued Seybouse (Djbala). Dans cette classe on a échantillonné les ordres suivants : les éphéméroptères (350 individus), les Diptères (308 individus), les Plécoptères (71 individus), les Hémiptères (100 individus) et les Coléoptères (38 individus) et les Odonates (05 individus). En plus il y a les Annélides (06 individus) et les Gastéropodes (32 individus). Les taxa qui dominent dans la station du barrage Bouhamdane sont des taxa résistants à la pollution et aux conditions défavorables comme la température élevée et le niveau d'oxygène dissous bas : les Diptères (402 individus), les Ephéméroptères (290 individus) et les Nématelminthes (33 individus).

La station de Djbala est également riche en Simuliidae. En effet, cet ordre d'insectes est inféodé aux eaux courantes. La présence des Mollusques dans les stations étudiées témoignent d'une bonne minéralisation de ces eaux.

La présence des Trichoptères et les Plécoptères reflètent une meilleure qualité des eaux courantes de notre région. Cependant la présence des Chironomidae (54%) et leur prédominance dans certaines stations explorées (eaux stagnantes) est une indication de la dégradation de la qualité des eaux liées à la présence de matières organiques.

La richesse taxonomique couplée aux différents indices étudiés (indices de diversité, indice Schannon,...), dépend des conditions écologiques de chaque station, est d'autant plus élevée que le biotope est hétérogène et moins influencé par les activités humaines. En effet, nos résultats montrent que la station de Djbala possède la richesse spécifique la plus élevée avec 21 taxons.

D'autre part, le calcul de la richesse spécifique, des indices de diversité de Shannon et l'Equitabilité montre que nos milieux sont assez stables et équilibrés, ceci est en accord avec les résultats sur l'IBGN.

Résumé

Dans le bassin versant du Cébous, les ressources en eau sont devenues remarquablement insuffisantes pour répondre à la demande croissante, notamment dans la région de Guelma. La vallée du Cébous est également considérée comme l'un des fleuves les plus importants d'Algérie.

Ce travail porte sur la biodiversité et les caractéristiques des macroinvertébrés dans l'Oued Sibous (Station de Gebala) et le Barrage de Bu Hamdan. Grâce à des échantillons prélevés mensuellement entre janvier 2023 et avril 2023. Avec la sélection de zones soigneusement étudiées qui conviennent à notre travail. Les animaux enregistrés ont été inventoriés pendant la saison des pluies selon un protocole particulier, et les prélèvements ont été effectués selon l'indicateur biologique (IBGN). Avant le prélèvement, les variables physiques et chimiques (température, pH, concentration en oxygène dissous...) ont été Dans l'étude, nous avons pu inventorier 1715 individus répartis en 25 familles appartenant à 4 grands groupes animaux (Insectes ; Mollusques ; Annélides ; Némathelminthes). Les Odonates, les Annélides, les Mollusques et les Nématodes sont moins abondants. Les résultats de l'indice (IBGN) ont montré que l'eau de Cebous est de bonne qualité, et cela est dû à la présence de plécoptères en faible pourcentage au mois de janvier. Ephéméroptères et Diptères ont également été retrouvés en grand pourcentage au mois de février. Ils résistent à la pollution et témoignent de la qualité médiocre de l'eau de Cebos. En outre, cette année a été marquée par une détérioration significative du niveau d'eau à Sibous et au barrage de Bu Hamdan en raison du manque de précipitations. Ce qui a fait augmenter la pollution organique en mars et avril. Ainsi que l'utilisation humaine de l'eau de Cebous pour l'abreuvement et l'irrigation, qui a eu une incidence sur la baisse du niveau d'eau. Notre but de cette étude était de présenter un état des lieux sur la diversité biologique des invertébrés dans deux stations différentes en termes de qualité de l'eau et échantillon (pur et pollué) pour la wilaya de Guelma pour l'année 2023.

Mots clés : macro-invertébrés , bio indicateurs , Guelma, Seybouse, barrage Bouhamdane , Guelma.

المخلص

في مستجمعات مياه سييوس اصبحت الموارد المائية غير كافية بشكل ملفت وذلك لتلبية الطلب المتزايد . لا سيما في منطقة قالمة. كما يعتبر وادي سييوس من اهم الانهار في الجزائر.

يركز هذا العمل على التنوع البيولوجي و خصائص اللافقاريات الكبيرة في وادي سييوس (محطة جبالة) و سد بوحمدان . من خلال العينات المأخوذة شهريا بين يناير 2023 و أبريل 2023. مع اختيار المناطق المدروسة بدقة التي تناسب عملنا . تم جرد الحيوانات المسجلة خلال موسم الأمطار وفق بروتوكول خاص به كما تأخذ العينات بالمؤشر البيولوجي (IBGN). قبل أخذ العينات تم قياس المتغيرات الفيزيائية و الكيميائية (درجة الحرارة . درجة الحموضة . تركيز الأوكسجين المذاب) في المحطتين. من خلال هذه الدراسة استطعنا جرد 1715 فردا مقابل 25 عائلة تنتمي الى 4 مجموعات حيوانية رئيسية (Insectes; Moullusques ; Annélides ; nemathelmites). لقد أظهر الجرد أن Ephéméroptères و Diptères و Hémiptères هما الأكثر جردا عدديا . و تشكل Odonates و Annélides و Moullusques و Nématodes أقل جردا. كما أظهرت نتائج مؤشر (IBGN) أن مياه سييوس ذات نوعية جيدة و هذا بسبب وجود plécoptères بنسبة صغيرة في شهر جانفي . كما وجد Ephéméroptères و Diptères بنسبة كبيرة في شهر فيفري و هي مقاومة لتلوث و تشهد على الجودة المتواضعة لمياه سييوس. كما أن هذه السنة شهدت تدهور كبير في منسوب المياه في سييوس و سد بوحمدان بسبب قلة تساقط الأمطار . ما جعل التلوث العضوي ازدادا في شهر مارس و أفريل . و كذلك استعمال الانسان لمياه سييوس لسقي و الري مما أثر على نقص في منسوب المياه . كان غرضنا من هذه الدراسة هو تقديم تقرير على التنوع البيولوجي لللافقاريات في محطتين مختلفتين من حيث نوعية المياه (راكدة و منحركة) و (نقية و ملوثة) لولاية قالمة لسنة 2023.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات الكبيرة، المؤشرات الحيوية ، سييوس ، سد بوحمدان ، قالمة.

Abstract

In the watershed of Cebous, the water resources became remarkably insufficient to meet the increasing demand, especially in the Guelma region. The Cebous Valley is also considered one of the most important rivers in Algeria.

This work focuses on the biodiversity and characteristics of macroinvertebrates in Wadi Sibous (Gebala Station) and Bu Hamdan Dam. Through samples taken monthly between January 2023 and April 2023. With the selection of carefully studied areas that suit our work.

The recorded animals were inventoried during the rainy season according to a special protocol, and the samples were taken according to the biological indicator (IBGN). Before sampling, the physical and chemical variables (temperature, pH, dissolved oxygen concentration...) were measured at the two stations. Through these In the study, we were able to inventory 1715 individuals against 25 families belonging to 4 major animal groups (Insectes; Moullusques; Annélides; Nematelmithes). The inventory showed that Ephéméroptères, Diptères, and Hemiptères are the most numerically inventive. Odonates, Annélides, Moullusques and Nématodes constitute less inventory. The results of the (IBGN) index showed that the waters of Cebus are of good quality, and this is due to the presence of plécoptères in a small percentage in the month of January. Ephéméroptères and Diptères were also found in high proportion in February, which are resistant to pollution and testify to the poor quality of the waters of Cebos. Also, this year witnessed a significant deterioration in the water level in Sibus and Bu Hamdan Dam due to the lack of rainfall. Which made organic pollution increased in March and April. As well as the human use of Cebous water for watering and irrigation, which affected a decrease in the water level. Our purpose of this study was to present a report on the biological diversity of invertebrates in two different stations in terms of water quality (stagnant and moving) and (pure and polluted) for the wilaya of Guelma for the year 2023.

Keywords: macro-invertebrates, bioindicators, Seybouse, Bouhamdane dam , Guelma.

Références
Bibliographiques

A

A. B. H. 1999. Agence des Bassins Hydrographiques-Constantinois – Seybouse– Mellegue., Cahiers de l'Agence (Ministère de l'Aménagement du Territoire.)

Angelier E., 2000. Ecologie des eaux courantes. Technique et documentation. Paris 199 p.

Arab A., 2004. Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographique du Chelif et du bassin du Mazafran. Thèse de Doctorat, USTHB. 173 p.

B

Barbault R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson Ed. Paris : 208 p

Blondel J., 1979. Biogéographie et écologie. Masson Ed., Paris : 173 p.

Bordet 2007. L'eau dans son environnement rural: hydraulique et cycle de l'eau - L'assainissement de agglomérations. Journal (ISBN 978-2-90086-71-1).

Boudour A. et Habiles R., 2017. La qualité de l'eau en relation avec les macro-invertébrés (cas oued Seybouse). Mémoire de fin d'études, Université de Guelma, 65p.

Boulaaba S., Zrelli S., Boumaiza M., Rossaro B., 2014. Relationships between physical and chemical factors and aquatic macroinvertebrates in perennial streams in the arid northern mountain basin El Batina, Oman. *Journal of Entomological and Acarological Research*; 46:1936.

Boulfedjghal N., 2015. Evaluation de la qualité de l'eau et le degré de pollution d'Oued Seybouse en utilisant les communautés macro-invertébrés. Diplôme de Master: Santé, Eau et Environnement :Microbiologie de l'Environnement. Guelma : université de 08 Mai 1945 Guelma.107p

Buckland ST., Magurran AE., Green RE., Fewster RM., 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2005 Feb 28;360(1454):243-54.

C

Chaib N, 2002. Contribution à l'étude écologique et hydrochimique de quelques hydrosystèmes de la Numidie (Région d'El Kala et de Guerbès-Sanhadja). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.

D

Dajoz R, 2003. Précis d'écologie. Cours et exercices résolus. Dunod. Paris.

Dajoz R., 1971. Précis d'écologie Ed. Dunod, Paris : 434 p.

Dajoz R., 1985. Précis d'écologie Ed. Dunod, Paris : 489 p.

Dajoz R., 2000. Précis d'écologie: Cours Et Exercices Résolus. 7 ème édition. Paris: Dunod.

DGF., 2004 —« Atlas IV des Zones Humides Algériennes d'importance internationale ». Ed : Direction générale des forêts, Ben Aknoun.89 p.

Dynesius M., Nilsson C. 1994. Fragmentation et régulation du débit des systèmes fluviaux dans le tiers nord du monde. *Science* , 266 5186 , 753-762.

E

Everard M., Powell A. 2002. Les rivières en tant que systèmes vivants. *Conservation aquatique : écosystèmes marins et d'eau douce* , 12 (4), 329-33.

F

Ferrington LC Jr. 2008. Global diversity of nonbiting midge (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595:447–455

G

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

H

Haouchine S., 2011. Recherches sur la faune et l'écologie des macro invertébrés des cours d'eau de Kabylie (magister, Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou).

K

Kafi F. 2015. Structure et écologie des Tourterelles nicheuses dans l'extrême Nord-est de l'Algérie. Thèse Doctorat. Université de 08 Mai 1945, Guelma.

L

Lamari D & Belghyti D., 2011. Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographique du Chelif et du bassin du Mazafran. Thèse de Doctorat, USTHB. 173 p.

Lee S. J., Park, J. H. et Ro, T. H. 2006. Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keumho River.

Legendre L. & Legendre P., 1979. *Ecologie numérique. Le traitement multiple des Données écologiques.* 2ème Edition Masson, Paris : 206 p.

Lévêque C., 2008. La biodiversité au quotidien: le développement durable à l'épreuve des faits. *La biodiversité au quotidien*, 1-304.

Lounaci A. 2011 Congrès annuel de la SZF, Parc Phoenix, Nice, 13-16 septembre 2011.

M

Moisan J., Gagnon E., Laporte, Y., Baillargeon, J.P., Pelletier L. Piedboeuf, F & André, M., 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-53591-1 (version imprimée), 86 p.

Moisan, J., 2006. Guide d'identification des principales macro- invertébrées benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, direction. 82 p.

Morais M, Pinto P, Guilherme P, Rosado J, Antunes I. 2004. Assessment of temporary streams: the robustness of metric and multimetric indices under different hydrological conditions. In: Hering D., Verdonschot P.F.M., Moog O., Sandin L. (eds.). Integrated Assessment of Running Waters in Europe. *Hydrobiologia*. 516:229–249.

N

Narsis S., 2008. Contribution à l'étude de la pollution de l'oued Seybouse «suivi physicochimique des eaux de séquence finale». Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie et Environnement. Université Badji Mokhtar-Annaba. 79p.

O

Ouchtati, 1993. Inventaires et écologie des Cinindelidae, Carabidae, Branchinidae ordre : Coleoptera }du Parc National d'EL-KALA. Thèse de magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. 145 p.

R

Ramade F., 1984. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, paris: 397.

Reggam A., Bouchelaghem H et Houhamdi M, (2015) : Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie) : Caractérisation et Analyse en composantes Principales. *Journal of Materials and Environmental sciencd*.1417-1425p.thème de mémoire . Université Guelma.

Rezougui A., 2012. Contribution a l'analyse des tendances de peuplement de macro invertébrée benthique dans un contexte de réchauffement climatique. Cas de sous bassin de TAFNA.

Roche P., et al. Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques. Perspectives interdisciplinaires, Quae (Ed.), Versailles, 2016.

Rosine S., 1955 in Lalonde, S., and J. A. Downing, 1992. Phytofauna of eleven macrophyte beds of differing trophic status, depth, and composition. *Can. JFish. Aquat.*

S

Satha A, 2008. Caractérisation du peuplement odonatologique des Bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

Shannon C. E., Weaver W., 1963.The mathematical theory of communications.

Soualmia, A., Jouini, M., & Dartus, D., 2013. Study of flow through rockfill in channel= Etude des écoulements dans une mèche en canal. *Physical and Chemical News*, 68, 86-91.

T

Tachet H., 2003. Invertébrées d'eau douce : systématique, biologie, écologie, ed. Du CNRS, bayeux, 607p.

Touati L., 2008. Distribution spatio-temporelle des Genres Daphnia et Simoncephalus dans les mares temporaires de la Numidie. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

V

Verneaux, J., Fassel, & Malesieu. 1976. Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes . Trav. Lab.Hydrobiol. Univ. Besançon et CTGREF ,Roneo. 14 p.

Z

AR A.,2022. Les macroinvertébrés benthiques bioindicateurs de la qualité

Zeghaba N ., 2018. Etude et suivi de la qualité des eaux du barrage Hammam Debagh (Nord-Est Algérien).Thèse Doctoraten .Université Badji Moktar Annaba .p 4.

Zeghdoudi., O., 2014. Etude systématique et écologique des macroinvertébrés d'Oued Seybouse : cas d'Oued Zimba.

Zerguine K., Samraoui B. et Rossaro B., 2009. A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northern Algeria. Boll Zool Agr Bachic; 2 suppl 3: 167-74.

Zouggaghe F., 2020"Structure et distribution des macro-invertébrés aquatiques e la kabylie de la Soummam (nord de l'Algérie)." Bulletin de la Société Zoologique de France 145.3.

Webographie :

1. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/guide.pdf
2. https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/guide.pdf (consulté le 3 février 2023).
3. https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTF8qiawyFJ782kCabSYj_kYXMwHgZHveZCLw&usqp=CAU
4. https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ29s0AwDHUgcLbz6tNjpFEGeVn_LuEcgDZ9Q&usqp=CAU (consulté le 22 février 2023).
5. [http://www.donnees.paca.developpement-durable.gouv.fr/docHTML/bilanlabo/IBGN.html#:~:text=L'indice%20biologique%20global%20normalis%C3%A9%20\(IGBN\)&text=L'Indice%20Biologique%20Global%20Normalis%C3%A9%20ou%20IBGN%20permet%20d'%C3%A9valuer,\(couple%20support%20Fvitesse\)](http://www.donnees.paca.developpement-durable.gouv.fr/docHTML/bilanlabo/IBGN.html#:~:text=L'indice%20biologique%20global%20normalis%C3%A9%20(IGBN)&text=L'Indice%20Biologique%20Global%20Normalis%C3%A9%20ou%20IBGN%20permet%20d'%C3%A9valuer,(couple%20support%20Fvitesse))

ANNEXES



Annexe 1 :Liste des 138 taxons (extrait de la norme AFNOR T 90-350, 1992).

| | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| INSECTES | HETEROPTERES | STRATIOMYIDAE | PHYSIDAE |
| PLECOPTERES | Aphelocheiridae | Syrphidae | Planorbidae |
| Capniidae (8) | (3) Corixidae | Tabanidae | Valvatidae |
| Chloroperlidae (9) | Gerridae Hebridae | Thaumaleidae | Viviparidae |
| Leuctridae (7) | Hydrometridae | Tipulidae | ACHETES (1) |
| Nemouridae (6) | Naucoridae | ODONATES | Erpobdellidae |
| Perlidae (9) | Nepidae | Aeschnidae | Glossiphonidae |
| Perlodidae (9) | Notonectidae | Calopterygidae | Hirudinae |
| (9) Taeniopterygidae | Mesoveliidae | Coenagrionidae | Piscicolidae |
| TRICHOPTERES | Pleidae Veliidae | Cordulegasteridae | TRICLADES |
| Beraeidae (7) | COLEOPTERES | Corduliidae | Dendrecalidae |
| Brachycentridae (8) | Curculionidae | Gomphidae | Dugesidae |
| Ecnomidae | Donaciidae | Lestidae | Planariidae |
| Glossosomatidae (7) | Dytiscidae | Libellulidae | OLIGOCHETES (1) |
| Goeridae (7) | Eubridae Elmidae | Platycnemididae | NEMATHELMINTH |
| Helicopsychidae | (2) Gyrinidae | MEGALOPTERES | ES |
| Hydropsychidae (3) | Haliplidae | Sialidae | HYDRACARIENS |
| Hydroptilidae (5) | Helodidae | PLANIPENNES | HYDROZOAIRE |
| Lepidostomatidae | Helophoridae | Osmylidae | SPONGIAIRES |
| (6) Leptoceridae (4) | Hydraenidae | Sysyridae | BRYOZOAIRE |
| Limnephilidae (3) | Hydrochidae | HYMENOPTERES | NEMERIENS |
| Molannidae | Hydrophilidae | LEPIDOPTERES | |
| Odontoceridae (8) | Hydroscaphidae | Pyalidae | |
| Philopotamidae (8) | Hygrobidae | CRUSTACES | |
| Phryganeidae | Limnobiidae | BRANCHIOPODES | |
| Polycentropodidae | Spercheidae | AMPHIPODES | |
| (4) Psychomyidae | DIPTERES | Gammaridae (2) | |
| (4) Rhyacophilidae | Anthomyidae | ISOPODES | |
| (4) | Athericidae | Asellidae (1) | |
| Sericostomatidae (6) | Blephariceridae | DECAPODES | |
| Thremmatidae | Ceratopogonidae | Astacidae Atyidae | |
| EPHEMEROPTERE | Chaoboridae | Grapsidae | |
| S Baetidae (2) | Chironomidae (1) | Cambaridae | |
| Caenidae (2) | Culicidae Dixidae | MOLLUSQUES (2) | |
| Ephemerellidae (4) | Dolichopodidae | BIVALVES | |
| Ephemeridae (6) | Empididae | Curbiculidae | |
| Heptageniidae (5) | Ephydriidae | Dreissenidae | |
| Leptophlebiidae (7) | Limoniidae | Sphaeriidae | |
| Oligoneuriidae | Psychodidae | Unionidae | |
| Polymitarcidae (5) | Plychopteridae | GASTEROPODES | |
| (5) Potamanthidae | Ragionidae | Ancylidae | |
| Prosopistomatidae | Cordulegasteridae | Bithynidae | |
| Siphonuridae | Scatophagidae | Bythinellidae | |
| | Sciomyzidae | Hydrobiidae | |
| | Simuliidae | TRICLADES | |
| | | Lymnaeidae | |
| | | Neritidae | |

Annexe 2 : Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) selon Afnor, 1992

| | | | | | |
|---------------|------------|-------|---------|----------|---------|
| IBGN | 20à16 | 16à12 | 12à8 | 8à4 | 4à0 |
| Couleur | Bleu | vert | jaune | Orange | Rouge |
| Qualité d'eau | Très bonne | Bonne | Moyenne | Médiocre | Mauvais |

Annexe 3 : L'indice de Shannon de la station de Seybous.

| Oued seybouse | Abondance | | | |
|-----------------------|------------|--------------|---------------|---------------|
| Taxon | Nembre(ni) | Pi=ni/N | Log2 pi | -(Pi*log2 Pi) |
| Perlodidae | 30 | 0.0320855615 | -0.0096587164 | 0.0003099053 |
| Leuctridae | 41 | 0.0438502674 | -0.0132002458 | 0.0005788343 |
| Leptophebiidae | 76 | 0.0812834225 | -0.0244687483 | 0.0019889036 |
| Baetidea | 145 | 0.155080213 | -0.0466837958 | 0.007239733 |
| Caenidae | 98 | 0.1048128342 | -0.031551807 | 0.0033070343 |
| Heptagentdae | 34 | 0.0363636364 | -0.0109465614 | 0.0003980568 |
| Simuliidae | 102 | 0.1090909091 | -0.0328396359 | 0.0035825057 |
| Larve de moustique | 5 | 0.0053475936 | -0.0016097861 | 0.0000086085 |
| Chironomidae | 201 | 0.214973262 | -0.0647134001 | 0.0139116507 |
| Notonectide | 2 | 0.0021390374 | -0.0006439144 | 0.0000013774 |
| Corixidae | 98 | 0.1048128342 | -0.031551807 | 0.0033070343 |
| Helicopsychidae | 3 | 0.0032085561 | -0.0009658716 | 0.0000030991 |
| Hydrophilidae | 35 | 0.0374331551 | -0.0112685025 | 0.0004218155 |
| Helicopsychidae | 22 | 0.0235294118 | -0.0070830587 | 0.0001666602 |
| Zygoptère | 1 | 0.0010695187 | -0.0003219572 | 0.0000003443 |
| Aeshnidae | 4 | 0.0042780749 | -0.0012878289 | 0.0000055094 |
| Lumbricidae | 4 | 0.0042780749 | -0.0012878289 | 0.0000055094 |
| Glossiphoniida | 2 | 0.0021390374 | -0.0006439144 | 0.0000013774 |
| Ancylidae | 20 | 0.0213903743 | -0.0064391443 | 0.0001377357 |
| Lymnaeidae | 4 | 0.0042780749 | -0.0012878289 | 0.0000055094 |
| Viviparidae | 8 | 0.0085561497 | -0.0025756577 | 0.000220377 |
| Total | 935 | | | |

Indice de Shannon H = 0.73

S = 21

Indice d'Equitabilité E : 0,55 ou 55%

Annexe 4: Détermination de la classe de variété taxinomique

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

Annexe 5 : Détermination du groupe faunistique indicateur

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

En gras les taxons représentés par au moins 10 individus