

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



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Science de la Nature et de la Vie

**Filière :** Ecologie et Environnement

**Spécialité/Option :** Biodiversité et Environnement

**Département :** Écologie et Génie de l'Environnement

**Thème :**

### Contribution à l'étude écologique des macro-invertébrés dans un écosystème aquatique (Région de Guelma)

**Présenté par :**

- MAKHLOUFI Saida
- KADDECHE yassamina

**Devant le jury composé de :**

- **Président :** YALLES. Amina M.C.A Université de Guelma
- **Examineur :** ROUIBI. Abd elhakim M.C.A Université de Guelma
- **Encadreur :** ATHAMNIA. Mohammed M.C.A Université de Guelma

**Juin 2023**

# Remerciements

---

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude  
, avant tout à Dieu et le tout puissant qui nous avons aidé et nous avons donné le  
Courage pour mener à terme ce modeste travail.

Tout d'abord, nous sincères aux remerciements tous les membres du jury :  
La Présidente, Mme **YALLES SATHA Amina**, d'avoir accepté l'honneur de présider ce jury et évaluer ce  
Modeste travail.

**Mr.ROUIBI Abdelhakim** d'avoir d'accepter à participer à ce jury et d'examiner ce travail.

Nous sincères remerciements et respects vont à notre encadreur **Mr. ATHAMNIA MOHAMMED** Nous  
le remercions de tout cœur pour sa patience et sa confiance qu'elle a toujours accordée durant notre  
travaux. Nous le remercions également pour sa disponibilité sans faille, des précieux conseils et  
ses encouragements qui nous a aidé notre travaille, de nous avoir assistés en mettant à notre  
disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants de Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et  
Sciences de la terre et d'univers depuis la première année. Merci aussi à toutes les personnes qui ont  
contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail, Merci à nos proches.

Enfin, nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos collègues de promotion du Master2 :  
Biodiversité et environnement "BE".

# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à Mes parents : mon père pour leur soutien et encouragement durant toute ma vie et ma mère la source de mes efforts, mon soutien moral et source de joie, que dieu le garde.*

*Que dieu leur procure bonne santé et longue vie, que ce travail soit le symbole de ma gratitude.*

*A mes frères et mes sœurs A toute ma famille.*

*A mon professeur Mr. Athamnia Mohammed*

*A mes chers amies et proches*

*A mon cher binôme et mon amie KADDECHE YASSMINA.*

*À tous mes amis et mes professeurs.*

*Merci...*

*SAIDA*

# *Dédicace*

*Je Dédie ce travail.*

*À mon père et ma mère et grande mère, grande Père Je les remerciens à leurs encouragements pour leur amour inestimable, leurs sacrifices, leurs confiance, leurs soutien.*

*À ma sœur et mes frères issmail rafik*

*À mes tantes et mes oncles de la famille kaddèche ainsi que la famille hadji et aidaoui pour leur mots d'encouragement et leurs gentillesse et leur soins*

*À ma tante janatt, Aïcha, zina Et leurs filles Yasmine, soujoud, widad Malak, Jana, Ayoub nada, Amira ; Hassiba khairou, Salah*

*Et tous ceux que nous aimons et que nous aime*

*Et surtout mon ami et ma sœur heureux, que nous avons longtemps accompli ensemble et les meilleurs jours et de mon mieux*

*Merci.*

**YASSAMINA**

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Larve d'un plécoptère.(Moisan et al,2010) .....	6
<b>Figure 2:</b> morphologie d'une larve éphéméroptère.....	6
<b>Figure 3:</b> Un coléoptère (Adulte et larve) .....	8
<b>Figure 4:</b> Larve d'un anisoptère (vue dorsal).....	8
<b>Figure 5:</b> Morphologie de la coquille des Mollusques .....	9
<b>Figure 6 :</b> morphologie d'un diptère .....	10
<b>Figure 7 :</b> morphologie de trichoptère.....	10
<b>Figure 8 :</b> morphologie de trichoptère .....	11
<b>Figure 9 :</b> Larve de trichoptère .....	12
<b>Figure 10 :</b> <i>Nepa apiculata</i> , Hémiptères .....	12
<b>Figure 11 :</b> Localisation géographique de la région d'étude.....	14
<b>Figure 12 :</b> Le réseau hydrographique du bassin- versant de la Seybouse.....	15
<b>Figure 13 :</b> Précipitation à Guelma(2022).....	16
<b>Figure 14 :</b> La température moyenne mensuelle à la station Guelma (2022) .....	17
<b>Figure 15 :</b> L'humidité mensuelle la région de Guelma (2002_ 2017).....	18
<b>Figure 16 :</b> Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la ville de Guelma (2002-2018).....	19
<b>Figure 17 :</b> Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2015) .....	20
<b>Figure 18 :</b> Localisation des deux stations d'Oued Zimba.....	22
<b>Figure 19 :</b> Localisation de la station Oued Hammam Bradaa:(Station 3) .....	22
<b>Figure 20 :</b> Vu générale de station 01 oued zimba.....	23
<b>Figure 21 :</b> Vu générale de station 02 Oued Zimba .....	23
<b>Figure 22 :</b> Vu générale de station 03 Hammam Bradaa .....	23
<b>Figure 23 :</b> Planche présente le matériel utilisé au terrain et au laboratoire .....	25
<b>Figure 24 :</b> Localisation des stations .....	28
<b>Figure 25 :</b> Méthode d'échantillonnage de la faune en zone humide : un coup de filet.....	30
<b>Figure 26 :</b> Variation mensuelle de la température des trois stations.....	33
<b>Figure 27 :</b> Variation mensuelle de pH des trois stations.....	35
<b>Figure 28 :</b> Variation mensuelle de la conductivité des trois stations .....	35
<b>Figure 29 :</b> Variation mensuelle de l'oxygène dissous de l'eau des trois stations .....	37
<b>Figure 30 :</b> Variation mensuelle de la salinité des trois stations .....	37
<b>Figure 31 :</b> Variation mensuelle de la vitesse des trois stations.....	37

<b>Figure 32</b> : Répartition globale des principaux embranchements des macroinvertébrés (%) .	<b>39</b>
<b>Figure 33</b> : Répartition globale des principales classes de macroinvertébrés (%) .....	<b>39</b>
<b>Figure 34</b> : Répartition globale des principaux ordres de macroinvertébrés (%).....	<b>41</b>
<b>Figure 35</b> : Répartition des taxons faunistiques dans les stations 01 et 02 d'Oued Zimba.....	<b>43</b>
<b>Figure 36</b> : Répartition des taxons faunistiques dans la station 03 d'Oued Hammam Bradda	<b>43</b>
<b>Figure 37</b> : Répartition mensuelle des taxons faunistiques d'Oued Zimba.....	<b>44</b>
<b>Figure 38</b> : Répartition mensuelle des stations d'Oued Zimba .....	<b>44</b>
<b>Figure 39</b> : L'abondance des taxa faunistiques dans la station 01(oued zimba) .....	<b>46</b>
<b>Figure 40</b> : L'abondance des taxa faunistique dans la station 02 (oued zimba).....	<b>46</b>
<b>Figure 41</b> : L'abondance des taxa faunistique dans la station 03 (hammam bradaa).....	<b>47</b>
<b>Figure 42</b> : Répartition globales des familles des macrosinvertébrées .....	<b>48</b>
<b>Figure 43</b> : L'abondance taxinomique des plécoptères .....	<b>49</b>
<b>Figure 44</b> : L'abondance taxinomique des éphéméroptères.....	<b>50</b>
<b>Figure 45</b> : L'abondance taxinomique des coléoptères.....	<b>51</b>
<b>Figure 46</b> : L'abondance taxinomique des diptères .....	<b>52</b>
<b>Figure 47</b> : L'abondance taxinomique des hygrophilla.....	<b>54</b>
<b>Figure 48</b> : L'abondance taxinomique des hétéroptères.....	<b>54</b>
<b>Figure 49</b> : Variation mensuelle de l'abondance par station.....	<b>55</b>
<b>Figure 50</b> : La richesse spécifique générale des stations.....	<b>56</b>
<b>Figure 51</b> : Variations mensuelles de la richesse spécifique par station .....	<b>56</b>
<b>Figure 52</b> : Variations spatiale de l'indice de Shannon.....	<b>58</b>
<b>Figure 53</b> : Variations spatiale de l'indice d'équitabilité .....	<b>58</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : La précipitation mensuelle à la station de Guelma (2022).....	<b>16</b>
<b>Tableau 2</b> : Les températures moyennes mensuelles à la station guelma (2022).....	<b>17</b>
<b>Tableau 3</b> : l'humidité mensuelles la région de Guelma (2002_ 2017) .....	<b>18</b>
<b>Tableau 4</b> : Les coordonnées GPS d'oued zimba .....	<b>27</b>
<b>Tableau 5</b> : Check-list des taxons faunistiques récolté durant la période d'étude .....	<b>41</b>
<b>Tableau 6</b> : La similitude entre les stations d'oued zimba .....	<b>59</b>
<b>Tableau 7</b> : La similitude entre les stations d'oued zimba et hammam bradaa.....	<b>60</b>

# Résumé



## Résumé

---

Notre étude est une contribution à l'inventaire de la diversité biologique des invertébrés et la détermination de la qualité physico-chimique des eaux de deux cours d'eau, l'Oued Zimba et un affluent de Hammam Bradaa. A cet effet nous avons réalisé une analyse physico-chimique et un inventaire des invertébrés benthiques le long de l'oued Zimba, ainsi qu'au niveau de l'affluent du hammam Bradaa, pour la période de février à mars 2023. L'étude des invertébrés benthiques peut fournir des informations précieuses sur la santé et l'écosystème des cours d'eau. L'indice de diversité de Shannon est un outil couramment utilisé pour évaluer la diversité biologique d'un échantillon ou d'un site. Il est basé sur la richesse spécifique (nombre d'espèces) et l'abondance relative des espèces présentes. Un indice de Shannon élevé indique une grande diversité, c'est-à-dire une variété d'espèces avec des effectifs relativement équilibrés. Notre travail met en évidence l'importance des communautés benthiques de l'Oued Zimba, qui sont composées de 2312 individus répartis en 39 groupes d'animaux, classés par leur embranchement et leur famille. Nous avons également étudié l'influence des facteurs biotiques et abiotiques sur ces communautés dans les sites d'étude.

**Mots clés :** Diversité, Oued zimba, Hamam bradaa, macroinvertébrés, analyse physicochimique, la richesse spécifique.

## **Abstract**

---

Our study is a contribution to the inventory of the biological diversity of invertebrates and the determination of the physico-chemical quality of the waters of two rivers, Oued Zimba and a tributary of Hammam Bradaa. To this end, we carried out a physico-chemical analysis and an inventory of benthic invertebrates along the Oued Zimba, as well as at the level of the Hammam Bradaa tributary, for the period from February to March 2023. The study of benthic invertebrates can provide valuable information on the health and ecosystem of watercourses. The Shannon diversity index is a commonly used tool for assessing the biological diversity of a sample or site. It is based on the specific richness (number of species) and relative abundance of the species present. A high Shannon index indicates high diversity, i.e. a variety of species with relatively balanced numbers. Our work highlights the importance of the benthic communities of Oued Zimba, which are made up of 2312 individuals divided into 39 groups of animals, classified by phylum and family. We also studied the influence of biotic and abiotic factors on these communities in the study sites.

**Key words:** Diversity, Oued zimba, Hamam brada, macroinvertebrates, physicochemical analysis, species richness.

ركزت دراستنا على جرد التنوع البيولوجي لللافقاريات وتحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه في ضاحية قالمة. لهذا الهدف قمنا بإجراء تحليل فزيائي كيميائي وجرى لللافقاريات الموجودة في واد زينبه والمجرى المائي لحمام برادع خلال الفترة الممتدة ما بين فيفري 2023 الى مارس 2023 على مستوى محطتين في واد زينة، والثالثة على مستوى حمام برادع. ولتقييم الثراء النوعي للمنطقة المدروسة ومعرفة العلاقة بين التقلبات الزمنية والمكانية، مع تقدير التطور الزمني والتنوع وكثافة اللافقاريات باستعمال المؤشرات البيئية، اظهر لنا مؤشر شانون ان المحطات المدروسة لديها تنوع معتبر. وقد أسفرت نتائج عملنا أن التنوع المدروس يعد معتبرا نظرا لضيق الزمن والمحطات المدروسة، كما اظهر لنا مؤشر جاكار تشابه نسبي في توزيع التنوع بين محطتي واد زينبه، ولا وجود لتشابه في توزيع الأنواع بين واد زينبه اجمالا ومجرى حمام برادع. كما بينت النتائج أن اجمالي العشائر الحيوانية تتكون من 2312 فرد موزع على 39 مجموعة حيوانية (عائلة) تحت تأثير العوامل الحيوية واللاحيوية التي كان لها دخل في توزيع هذه الكائنات.

الكلمات المفتاحية: التنوع البيولوجي. وادي زينبه. مجرى حمام برادع. التحليل الفزيائي والكيميائي للماء.

# Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumés	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Table des matières	
Introduction	

## *Chapitre I : Synthèse bibliographique*

1	Limnologie.....	1
1.1	Historique.....	1
1.2	Définition.....	1
1.3	Les zones humides.....	2
1.3.1	Définition des zones humides.....	2
1.3.2	Importance des zones humides.....	2
1.3.3	Les eaux courantes.....	2
1.3.4	Les écosystèmes aquatiques continentaux.....	3
1.3.5	La pollution des eaux.....	3
2	Les macroinvertébrés.....	4
2.1	Définition des macroinvertébrés.....	4
2.2	Pourquoi les étudier ?.....	4
2.3	Les macroinvertébrés comme bio-indicateur.....	4
2.4	Quelque taxonomie des macroinvertébrés.....	5
2.4.1	Les plécoptères.....	5
2.4.2	Les éphéméroptère.....	5
2.4.3	Les coléoptères.....	7
2.4.4	Odonates.....	7
2.4.5	Les gastéropodes.....	8
2.4.6	Les diptères.....	9
2.4.7	Trichoptères.....	9
2.4.8	Hémiptères (hétéroptères).....	10
2.5	Effets de la pollution sur les macroinvertébrés benthiques.....	11

## **Chapitre II : Description du site d'étude**

1	Présentation de la zone d'étude.....	13
1.1	La région de Guelma .....	13
1.2	Situation géographique.....	13
1.3	Situation Hydrographie .....	14
1.4	Couvert végétal .....	15
2	Climatologie .....	15
2.1	Les précipitations .....	16
2.2	La température.....	17
2.3	L'humidité.....	18
2.4	Diagramme Ombrothermique .....	19
2.4.1	Climagramme d'Emberger :.....	20
3	Description du site d'étude :.....	20

## **Chapitre III : Matériel et méthodes**

1.	Matériel.....	24
1.1	Sur le terrain .....	24
1.2	Matériel de laboratoire.....	24
2	Méthodologie de travail.....	26
2.1	Période d'études .....	26
2.2	Choix des stations.....	26
2.3	Localisation et description de la zone étudiée .....	27
2.4	L'échantillonnage .....	28
2.5.1	Sur place .....	29
2.5.2	Au laboratoire .....	29
2.6.	Mesure les caractéristiques physico-chimiques .....	30
2.6.1	Mesure de la température .....	30
2.6.2	La Conductivité.....	30
2.6.3	Mesure du pH.....	30
2.6.4	Mesure de l'oxygène.....	31
2.6.6	La vitesse de l'eau .....	31
2.7	Analyse des données.....	32

## Chapitre IV : Résultats et discussion

1	Analyse des paramètres physico-chimique de l'eau .....	33
1.1	La Température .....	33
1.2	Le potentiel d'hydrogène (pH).....	34
1.3	La Conductivité électriques (CE) .....	34
1.4	L'oxygène dissous.....	36
1.5	Salinité.....	36
1.6	La vitesse.....	36
2	Analyse de la faune benthique .....	38
2.1	Abondance de la faune benthique .....	38
2.2	Répartition globale des taxons faunistiques dans les stations .....	42
2.3	L'abondance taxonomique de la faune benthique dans les stations .....	45
2.3.1	La Variations qualitative dans la station 01 .....	45
2.3.2	La Variations qualitative dans la station 02 .....	45
2.3.3	La Variations qualitative dans la station 03 .....	46
2.4	L'abondance relative familiale de la faune benthique .....	48
2.4.1	Les plécoptères .....	48
2.4.2	Les éphéméroptères .....	49
2.4.3	Les coléoptères .....	51
2.4.4	Les diptères .....	52
2.4.5	Les Hygrophilla (gastéropodes).....	53
2.4.6	Les hétéroptères .....	53
2.5	L'abondance totale mensuel par station .....	55
3	Indices de structure .....	55
3.1	Richesse taxonomique .....	55
3.2	L'indice de Shannon et d'équitabilité.....	57
3.3	Indice de Jaccard .....	59
3.3.1	La similitude entre station 01 et 02 d'oued zimba.....	59
3.3.2	La similitude entre les stations oued zimba et oued hammam bradaa ....	60
	Conclusion .....	61
	Références bibliographiques.....	62

# Introduction

La limnologie est la science des eaux superficielles continentales ou intérieures (eau douce ou salée, stagnante ou mouvante, dans les lacs, rivières...). La limnologie est la science qui étudie tous les phénomènes physiques et biologiques se rapportant aux lacs et, plus généralement, aux eaux douces.

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème. Le maintien de sa qualité est une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants, et ce, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. En Algérie du Nord, la pollution de l'eau connaît une évolution inquiétante notamment dans les cours d'eau qui subissent des contrastes climatiques (régression de la pluviométrie, élévation de la température) accentuées par les fortes perturbations d'origine anthropiques (rejets urbains et industriels, agricultures, extraction du gravier...etc.).

En Algérie du nord, la complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés avec une perte de la diversité et/ou des déséquilibres démographiques (Lounaci, 2005).

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 matière organique. (Dynesius et Nilsson, 1994).

Les macroinvertébrés sont de bons bio-indicateurs en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat, et reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement (Haouchine, 2011).

L'étude bioécologique des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de la région de Guelma peut fournir des informations importantes sur la biodiversité, l'écologie et la santé des écosystèmes aquatiques locaux. Ces études peuvent aider à la gestion et à la conservation des ressources en eau.



L'objectif de ce travail était donc d'étudier la diversité taxonomique et la structure de la macrofaune benthique du réseau hydrographique du Oued Zimba et Oued hammam Bradaa, et d'évaluer la qualité écologique de ses eaux en utilisant différentes méthodes d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes aquatiques et en s'appuyant sur les macroinvertébrés comme modèle biologique d'études.

→ Le présent travail s'articule autour de 4 chapitres :

- Le premier chapitre est un aperçu sur les zones humides et les macroinvertébrés, afin de mieux comprendre les concepts et bien diriger notre étude.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation générale de la région d'étude, il renferme la description des trois stations d'étude.
- Le troisième chapitre matériel et méthode, est consacré au matériel utilisé et aux méthodes employées, ainsi que les techniques d'échantillonnages utilisées sur le terrain et le travail réalisé au laboratoire.
- Le dernier chapitre consacré aux résultats que nous avons obtenus et de leurs discussions. Une conclusion générale et des perspectives terminent ce travail.

Chapitre I  
*Synthèse bibliographique*

## 1 Limnologie

### 1.1 Historique

Limnologie est une science ancienne qui a commencé à être étudiée à partir d'un lac appelé "Léman" et a suscité un grand intérêt de la part de nombreux scientifiques « *The history of limnology has steadily Evolved over the last 120 years, both conceptually and technically. Beginning with Forel's classic work on Lac Léman, published in three volumes (1892, 1895 and 1904), and Forbes' classic work on lakes as microcosms (1887), scientific interest in limnology - which encompasses the physics, chemistry and biology of lakes - has continued to grow. Since the early 20th century, research laboratories in many countries in the Northern Hemisphere have continuously promoted limnological research and training of human resources. Initially regarded as the science of lakes, limnology now encompasses freshwater and saline lakes in the inland of continents, rivers, estuaries, reservoirs, wetlands, marshes and all physical, chemical and biological interactions in these ecosystems. Limnology has contributed significantly to the grounding and expansion of theoretical ecology, and modern management of aquatic systems cannot ignore the need for a limnological knowledge base for effective long-term management* »t. (Jose Galizia, Takako Matsumura, 2012).

### 1.2 Définition

La limnologie est science qui étudie les eaux superficielle continentales et soutériene stagnante et courante et tous les phénomènes physique et biologique « *Limnology is the scientific study of all inland waters around the world, including lakes, reservoirs, rivers, ponds, swamps, saline lakes and also estuaries and marsh- lands in coastal regions. There are several definitions of limnology: Forel (1892) defined it as the oceano- graphy of lakes, Lind (1979) as non-marine aquatic ecology, and Margalef (1983) as the ecology of non-oceanic waters. Limnology and oceanography address parallel problems and processes, as the liquid medium (i.e., the substrate water) is common to oceans, lakes, and rivers and has certain fundamental properties. Another definition of limnology is from (Baldi, 1949 in Jose Galizia, Takako Matsumura, 2012). He defined limnology as the scientific study of the interrelated processes and methods by which matter and energy are transformed in a lake. He considered the essence of limnology to be the study of movement of matter in a body of water.* » (Jose Galizia, Takako Matsumura, 2012).

### 1.3 Les zones humides

#### 1.3.1 Définition des zones humides

La convention de Ramsar 1971, relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitat de la sauvagine et auquel a souscrit l'Algérie, définit les zones humides comme « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières, d'eaux naturelles ou superficielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est statique ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres» (Samraoui & De Belair, 1997).

#### 1.3.2 Importance des zones humides

- Protection contre les tempêtes
- Rétention d'éléments nutritifs
- Rétention de sédiments nutritifs
- Rétention de sédiments et de produits toxiques Création d'un mésoclimat favorable pour le maintien d'une activité agro-pastorale.
- Epuration des eaux Voies de communication
- Habitat de la flore et de la faune
- Pêche en eau douce
- Conservation des ressources génétiques
- Tourisme contribution à la promotion d'une image de marque du pays au niveau international (Samraoui & De Belair, 1997)

#### 1.3.3 Les eaux courantes

##### 1.3.3.1 Définition d'un cours d'eau

Les cours d'eau, de par leur aspect dynamique, constituent le principal vecteur de transport de l'eau liquide de la terre vers les océans. Au-delà de cet aspect, il ne faut pas oublier que ces derniers permettent aussi de stocker de l'eau de manière temporaire (Musy et Higy, 2004).

##### 1.3.3.2 Importance des eaux courantes

- Hydroélectricité
- Eau potable
- Dilution des eaux usées
- Navigation
- Reproduction d'espèces d'importance commerciale (Musy & Higy, 2004).

### 1.3.3.3 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, wadi (rivières). Les oueds peuvent se transformer rapidement en torrent lorsque surviennent les pluies rares mais violentes dans ces régions dont le ruissellement n'est freiné ni par les arbres ni par les herbes, généralement absentes de ce type d'écosystèmes. 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. (Encarta 2008 *in* Narsis, 2008).

### 1.3.3.4 Le bassin versant

Le bassin versant est une unité géographique définie à partir d'une section droite d'un cours d'eau et qui comprend toute la surface en amont de cette section de telle sorte que toute l'eau qui arrive sur cette surface transite, du moins en théorie, par cette section droite. Cette dernière est appelée émissaire ou exutoire du bassin versant, le bassin versant est ainsi caractérisé par son exutoire, à partir du quel nous traçons le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite (Musy et Higy, 2004).

## 1.3.4 Les écosystèmes aquatiques continentaux

Bien que les écosystèmes aquatiques continentaux (eau douce de surface) représentent moins d'un pourcent de l'hydrosphère sur la Terre, ce sont des milieux très diversifiés Ces milieux peuvent être regroupés en deux grandes catégories que sont les systèmes lentiques et les systèmes lotiques en fonction du renouvellement de leurs eaux (Four, 2017).

### 1.3.4.1 Milieux lentique

Un système lentique est caractérisé par des eaux stagnantes ou à faible débit, comme les mares, les lacs ou même des cours d'eau à très faible débit. (Pinay *et al*, 2018).

### 1.3.4.2 Milieux lotiques

Un système lotique est caractérisé par un plus fort débit, comme les fleuves, les rivières et les ruisseaux. (Pinay *et al*, 2018).

## 1.3.5 La pollution des eaux

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'Homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques ; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique. Les cours d'eau naturels, ainsi que les lacs et les étangs

offrent de bien plus grandes facilités de régénération. Normalement, la plus grande partie des substances organiques se trouve oxydées par des micro-organismes ou par les plantes qui garnissent le cours et les rives. (Larousse, 1973).

## 2 Les macrosinvertébrés

### 2.1 Définition des macrosinvertébrés

Les macrosinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu. 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 (Touzin, 2008).

#### ○ **Classification :**

Les principaux niveaux de classification sont :

- Règne (animal)
- Embranchement, ou phylum (arthropodes, mollusques, annélides...)
- Classe (insectes, crustacés, arachnides...)
- Ordre (éphéméroptères, coléoptères, trichoptères...)
- Super-famille (Hydrophiloidea)
- Famille (Ephemerellidae, Elmidae, Goeridae...) [1]

### 2.2 Pourquoi les étudier ?

Les macrosinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan *in al*, 2010).

### 2.3 Les macrosinvertébrés comme bio-indicateur

- Les méthodes biologiques reposent sur l'utilisation de bio-indicateurs dans les milieux aquatiques. Un bio-indicateur est composé d'une espèce ou d'un groupe d'espèces qui nous

renseigne sur les modifications biotiques ou abiotiques d'un cours d'eau et donc sur les variations de différents facteurs du milieu. (Touzin, 2008).

○ Les macroinvertébrés benthiques sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, leur cycle de vie varié, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (Moisan ,et Pelletier ,2008).

## 2.4 Quelques taxonomies des macroinvertébrés

### 2.4.1 Les plécoptères

Les plécoptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques et principalement associées aux eaux fraîches et propres. Dont on les distingue grâce aux deux griffes qu'elles ont au bout des pattes, et ont deux queues (cerques), 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) (Moisan *et al*, 2010) (figure 1).

### 2.4.2 Les éphéméroptères

Les éphéméroptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques. 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. La forme et la position de ces branchies sont capitales pour leur identification. Les larves ont tous dix segments abdominaux. On détermine leur numéro (le même que celui des branchies) en comptant à partir du dixième, c'est-à-dire de l'extrémité de l'abdomen. De façon générale, ils sont sensibles à la pollution (Moisan *et al*, 2010) (figure 2).

- **Classification**

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Ephemeroptera (Tachet, 2010)

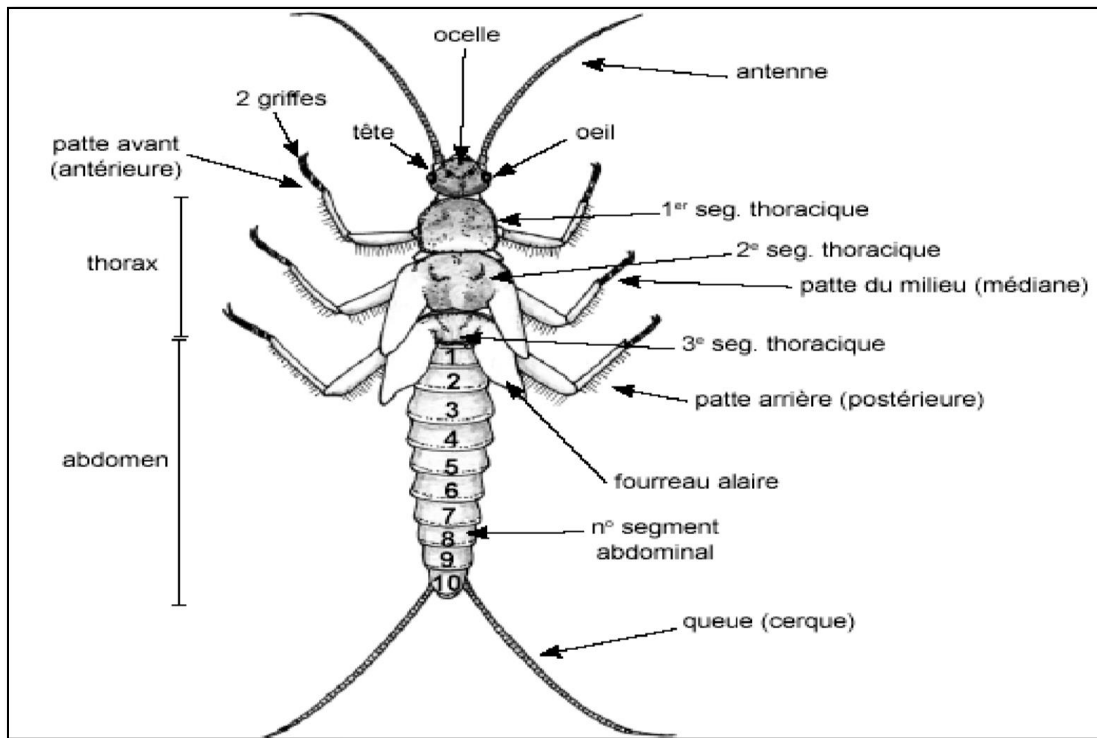


Figure 1: Larve d'un plécoptère. (Moisan *et al*, 2010)

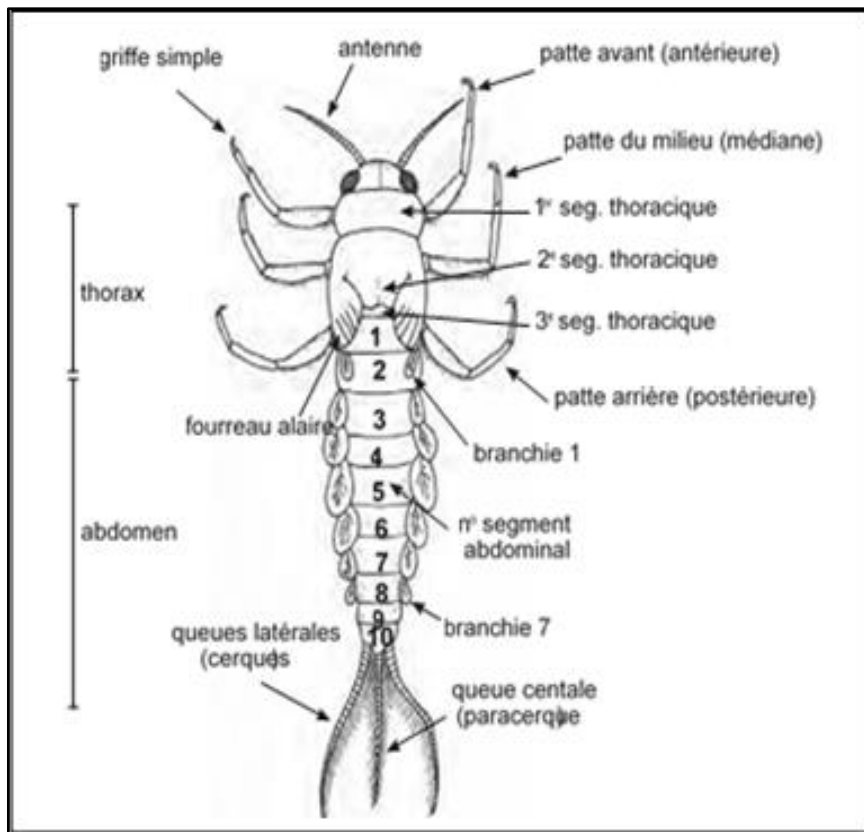


Figure 2: morphologie d'une larve éphéméroptère (Moisan *et al*, 2010).



### 2.4.3 Les coléoptères

Les Coléoptères constituent en nombre d'espèces le principal ordre d'insectes. Les Coléoptères constituent l'un des ordres les plus riches en espèces de la classe insectes (Ouchtati, 1993). Ils sont holométaboles, c'est –à-dire qu'ils ont des métamorphoses complètes et passent au moins par 4 états : œuf, larve, nymphe et imago (Auber, 1999) (Figure3).

- **Classification**

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous - embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Sous – classe : Pterigota
- Ordre : Coleoptera (Tachet, 2010)

- **Morphologie**

- **Les larves**

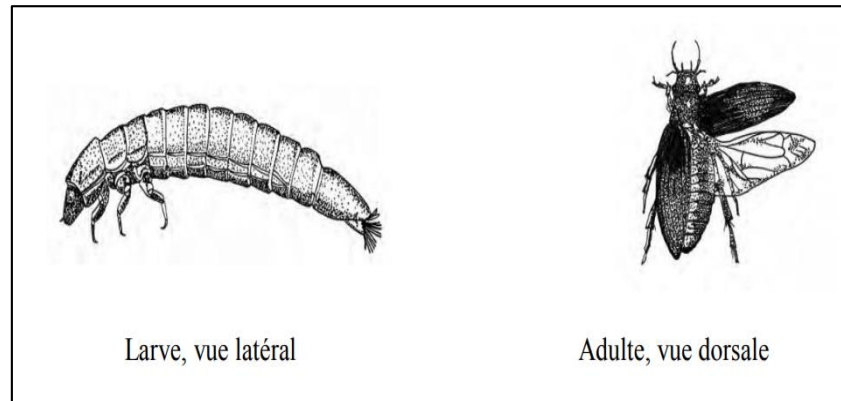
Les larves de Coléoptères sont très polymorphes. Elles sont également de tailles variées du millimètre pour *Hydroscapha* à 6 centimètres pour *Hydrophilus*. La tête est entièrement sclérifiées (Tachet *et al*, 2012). La tête Constitue une capsule céphalique entièrement sclérifiée, yeux constitués destemmates. Les antennes sont à quatre articles ; Les mandibules de type broyeur. La morphologie des 3 paires de pattes est souvent similaire. L'abdomen comprend de 8 à 10 segments visibles. L'extrémité de l'abdomen peut présenter des variations importantes (figure 3) (Tachet *et al*, 2000).

### 2.4.4 Odonates

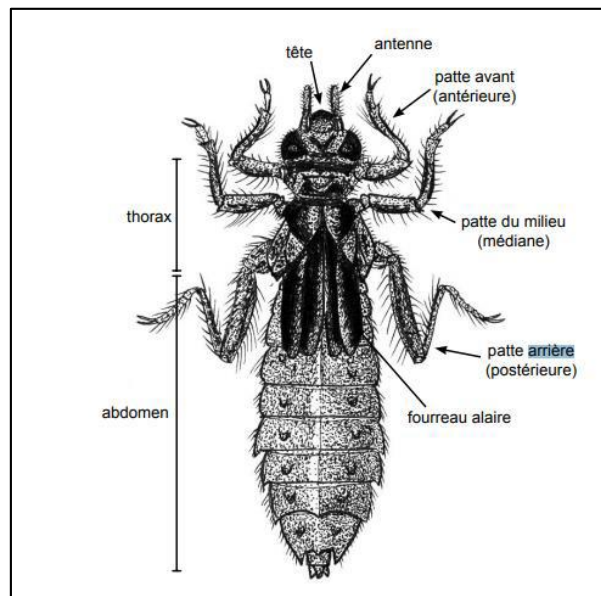
Les Odonates constituent un ordre d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques. Ils sont paléotologiquement un peu plus récents que les éphéméroptères. Ils sont connus depuis le Carbonifère, il constitue trois sous-ordres : Zygoptères, Anisozygoptères et Anisoptères (figure 4) (Tachet *et al*,. 2012)

- **Classification**

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous – embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Sous – classe : Pterigota
- Ordre : Odonata (Tachet, 2002)



**Figure 3 :** Un coléoptère (Adulte et larve) (Moisan *et al*, 2008)



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

#### 2.4.5 Les gastéropodes

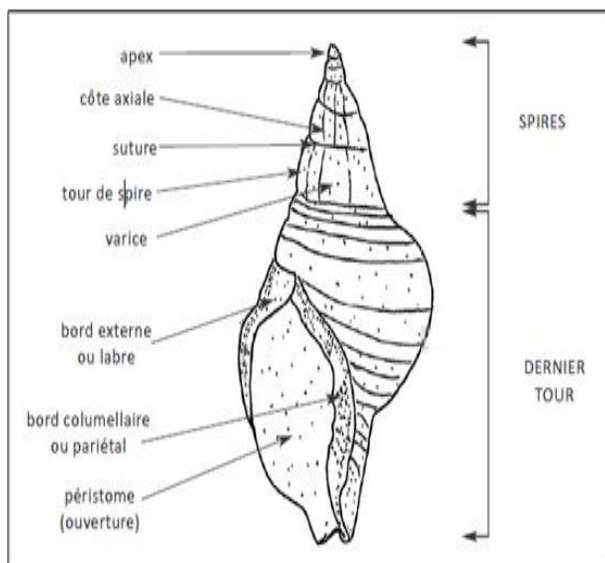
Les gastéropodes sont une classe de mollusques caractérisée par la présence d'une seule coquille habituellement spiralée comme celle des escargots. Certains possèdent une plaque cornée ou calcaire appelée opercule qui ferme l'ouverture de la coquille quand l'animal est à l'intérieur.

Un seul groupe possède une forme vraiment différente, soit une forme de petit chapeau. Les gastéropodes avec un opercule (prosobranches) ont une tolérance moyenne à la pollution, et ceux sans opercule (pulmonés) sont considérés comme tolérants (figure5) (Moisan *et al*, 2010).

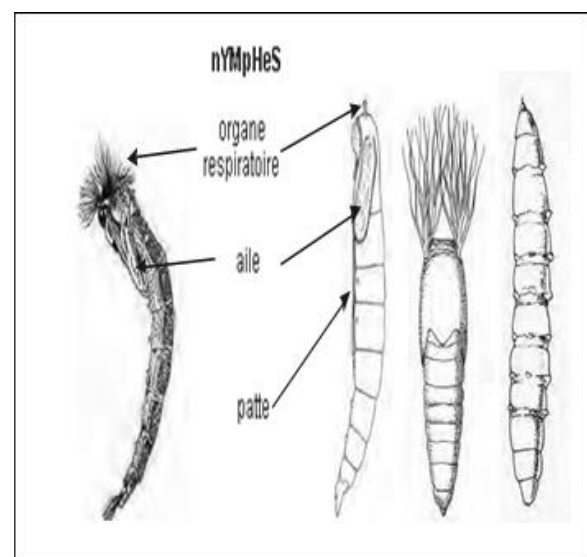
### 2.4.6 Les diptères

Les diptères (mouches) 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. Les larves de diptères sont caractérisées par l'absence de pattes articulées.

Des protubérances, la fin de l'abdomen peut porter des soies et/ou des appendices. La tête est soit distincte). Elle est reconnaissable à ses trois paires de pattes articulées accolées au corps et à son unique paire d'ailes. Elle peut être libre). 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. (Moisan *et al*, 2010)



**Figure 5 :** Morphologie de la coquille des Mollusques (Mary, 2017).



**Figure 6 :** morphologie d'un diptère (Moisan *et al*, 2010).

### 2.4.7 Trichoptères

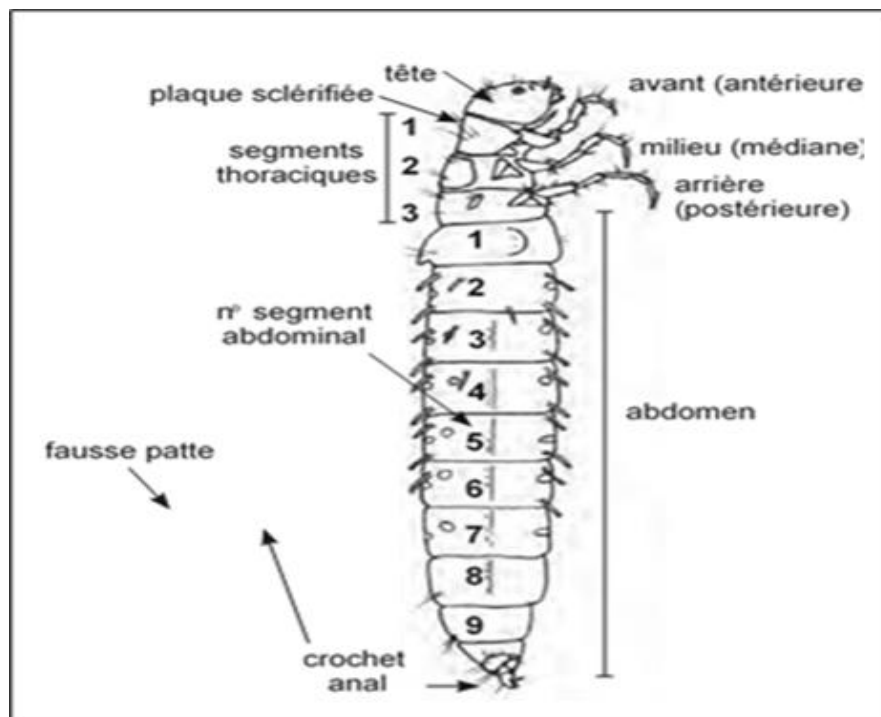
Les trichoptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves (et les nymphes (sont aquatiques. La principale caractéristique des larves est la présence de deux crochets anaux. Ceux-ci sont situés au bout de l'abdomen de chaque côté ou sur des fausses pattes.

La tête ainsi qu'au moins un segment thoracique sont sclérifiés (durs). L'abdomen est mou comme celui d'une chenille. Plusieurs larves de trichoptères se construisent un étui. Les matériaux utilisés, Les nymphes, elles, sont toujours dans un étui. Elles possèdent de longues antennes et deux paires de fourreaux alaires. Leurs mâchoires sont longues et se croisent

habituellement. De façon générale, les trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance moyenne à la pollution. (figure7). (Moisan *et al*, 2010).

- **Classification**

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embr : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Trichoptera (Tachet, 2002)

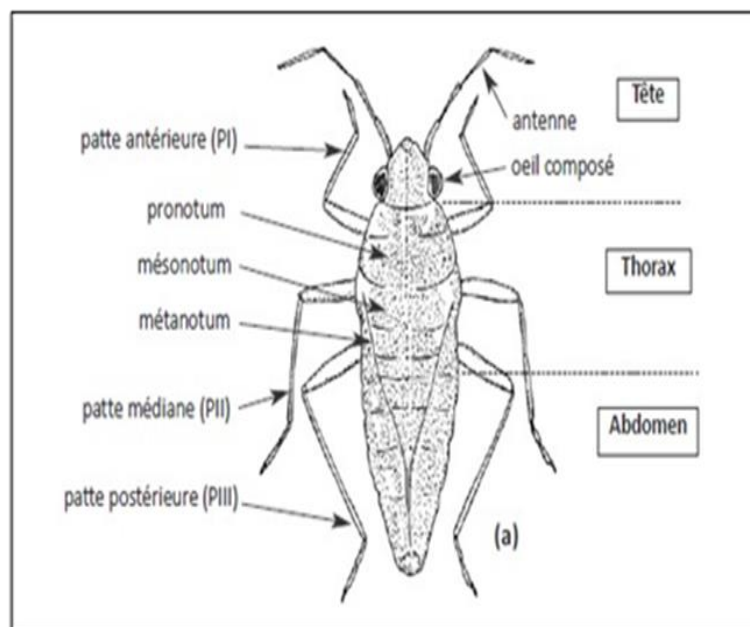


**Figure 7** : morphologie de trichoptère (Moisan *et al*, 2010)

#### 2.4.8 Hémiptères (hétéroptères)

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. 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. Leur tolérance à la pollution est moyenne. (Moisan *et al*, 2010)(figure8).

- **Classification**
  - Règne : Animalia
  - Embranchement : Arthropoda
  - Sous-embr : Hexapoda
  - Classe : Insecta
  - Ordre : Hemiptera (Tachet, 2002)



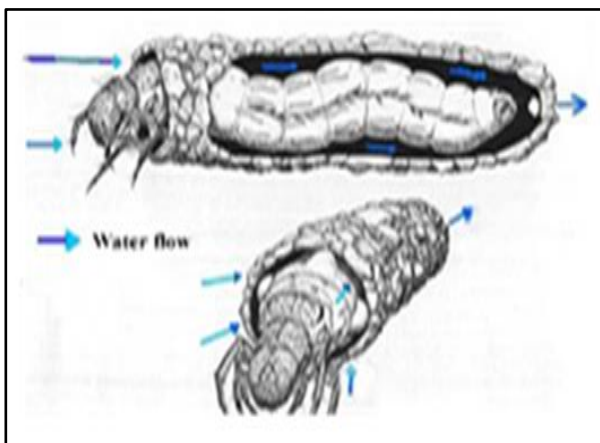
**Figure 8** : morphologie de trichoptère (Moisan *et al*, 2010)

## 2.5 Effets de la pollution sur les macroinvertébrés benthiques

La structure des communautés de macro invertébrés benthiques est souvent utilisée comme indicateur des effets de l'activité humaine sur les écosystèmes des cours d'eau, et pour fournir une foule d'informations sur la qualité de l'eau et de l'habitat. On peut les utiliser pour identifier plusieurs types de pollution. Il est déjà bien connu que les Plécoptères, les Trichoptères à fourreau et les Éphéméroptères sont les groupes les plus sensibles aux polluants. Ils ont besoin d'une eau bien oxygénée et peu polluée à une température assez fraîche. Au contraire, les Tubificidées, les Chironomidées et les Syrphidées sont les groupes les plus tolérants. Comme les macroinvertébrés benthiques vivent en relation intime avec les sédiments,

ils subissent de façon plus importante une pollution, selon leur régime trophique.(Touzin et Roy, 2008).

Par exemple, comme vous pouvez le voir sur (figure9), les larves des trichoptères à fourreau ont des branchies filamenteuses sur leurs segments abdominaux qu'ils protègent en se construisant un fourreau. Lorsqu'il y a pollution, les particules entrent dans le fourreau et empêchent ainsi une circulation adéquate de l'eau ce qui réduit les échanges d'oxygène entre l'eau et l'hémolymphe du trichoptère. À l'opposé, les hémiptères aquatiques (figure10) sont très résistants à la pollution organique, puisqu'ils respirent directement à la surface de l'eau à l'aide de tube respiratoire situé à l'extrémité de leur abdomen. (Touzin et Roy, 2008).



**Figure 9** : Larve de trichoptère. (Woodcock et Huryn, 2007).



**Figure 10** : *Nepa apiculata*, Hémiptères (Dubuc, 2002)

# Chapitre II

## Présentation du site d'étude

## 1 Présentation de la zone d'étude

### 1.1 La région de Guelma

La wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa), outre la proximité du territoire Tunisien à l'Est.

Sur une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup> et abrite une population de 494079 habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du Chef-Lieu de Wilaya (estimée à fin 2009).

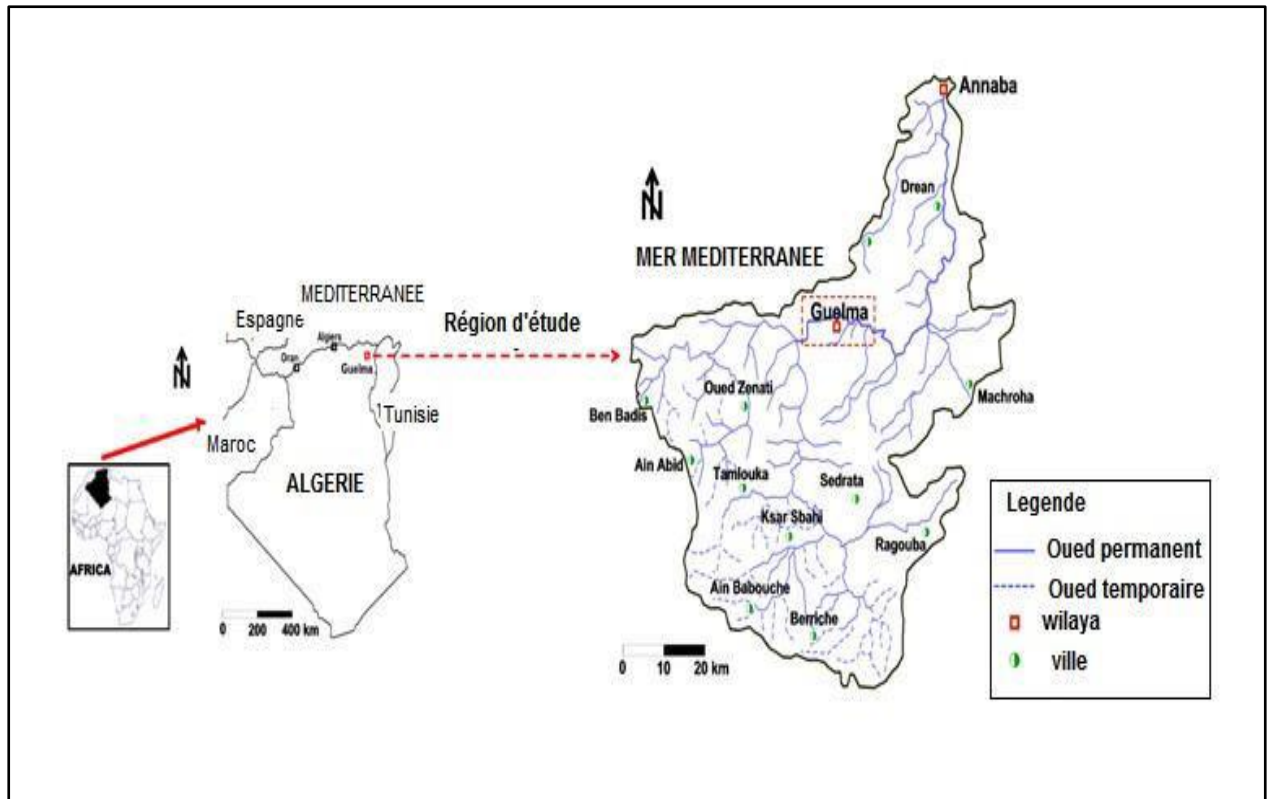
La densité moyenne de cette population est de 132 Hab. /Km<sup>2</sup>. La Wilaya de Guelma, créée en 1974, comprend 10 Dairate et 34 Communes [1].

### 1.2 Situation géographique

Oued Seybouse est une rivière du Nord-Est De l'Algérie qui prend naissance à l'ouest de la ville de Guelma précisément à Medjez Amar où se rencontre ses deux principaux affluents : oued Cherf et oued Bouhamdane et se termine au nord dans la mer Méditerranée après un parcours de 150 Km. Le bassin de L'oued Seybouse est l'un des plus grands bassins hydrographiques en Algérie (troisième oued d'Algérie après oued El Kebir du Rhumel et Medjerdah-Mellegue), Sa superficie est de l'ordre de 6471 Km<sup>2</sup> (Debiche, 2002 ; Satha, 2008) (figure11).

- ✓ Localité : Guelma.
- ✓ Longitude : 07° 28' E.
- ✓ Latitude : 36° 28' N.
- ✓ Altitude : 227m (Mouassa, 2006).





**Figure 11** : Localisation géographique de la région d'étude (Houcine et Hamouda, 2016).

### 1.3 Situation Hydrographie

La Wilaya de Guelma dispose d'un réseau hydrographique très développé dont les principaux points d'eau sont (figure12) :

- Oued Seybouse qui traverse la plaine de Guelma ; Bouchegouf sur plus de 45 Km du sud au Nord-est avec un apport total estimé à 408 Hm<sup>3</sup> /an à la station Boudaroua. Ses principaux affluents sont : Oued Maiz ; Oued Zimba, Oued Boussoua et Oued Helia.
- Oued Bouhamdene qui prend naissance au niveau la commune de Bouhamdane à l'Ouest de la wilaya avec un apport de 96 Hm<sup>3</sup> /an (Station Medjez Amar II).
- Oued Charef prend sa source au sud de la wilaya son apport est estimé à 107 Hm<sup>3</sup>/an (Station Medjez Amar I). La rencontre de ces deux oueds au niveau de Medjez Amar constitue le point de départ de l'oued Seybouse. La moyenne annuelle des précipitations varie de 400 à 600 mm (Anonyme, 2013).



pendant la saison humide (Octobre –Mai). Quant au nombre de jours de gelées blanches, il est de l'ordre de 11 jours /an à la station de Guelma, Ce climat dont jouit la Wilaya de Guelma est assez favorable à l'activité agricole et d'élevage. (Anonyme, 2013).

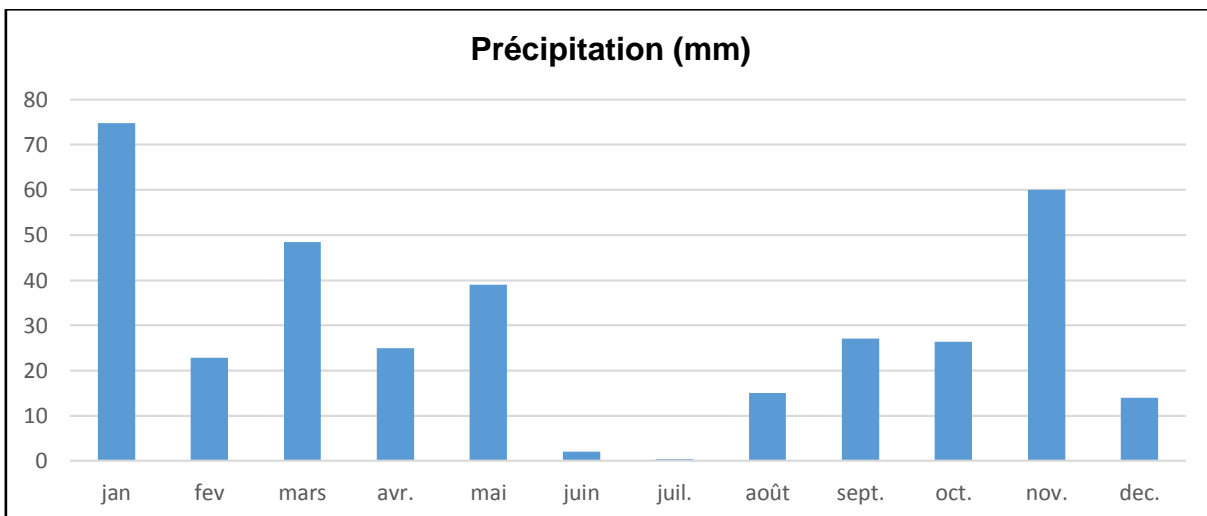
## 2.1 Les précipitations

Les précipitations sont l'élément le plus important dans l'établissement du bilan hydrique parce qu'elles reflètent la circulation des eaux de surface et souterraines. De plus, toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations, car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des eaux de surface et souterraines, Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe de 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).

D'après la figure n°2, la plus grande valeur de précipitations moyenne mensuelle, a été enregistré au mois de janvier 74,8mm. Par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec 0,4 mm (Figure13).

**Tableau 1** : La précipitation mensuelle à la station de Guelma (2022)

Mois	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec
Pré (mm)	74,8	22,8	48,4	25	39	2	0,4	15	27,1	26,4	60	14



**Figure 13** : Précipitation à Guelma(2022) [2]

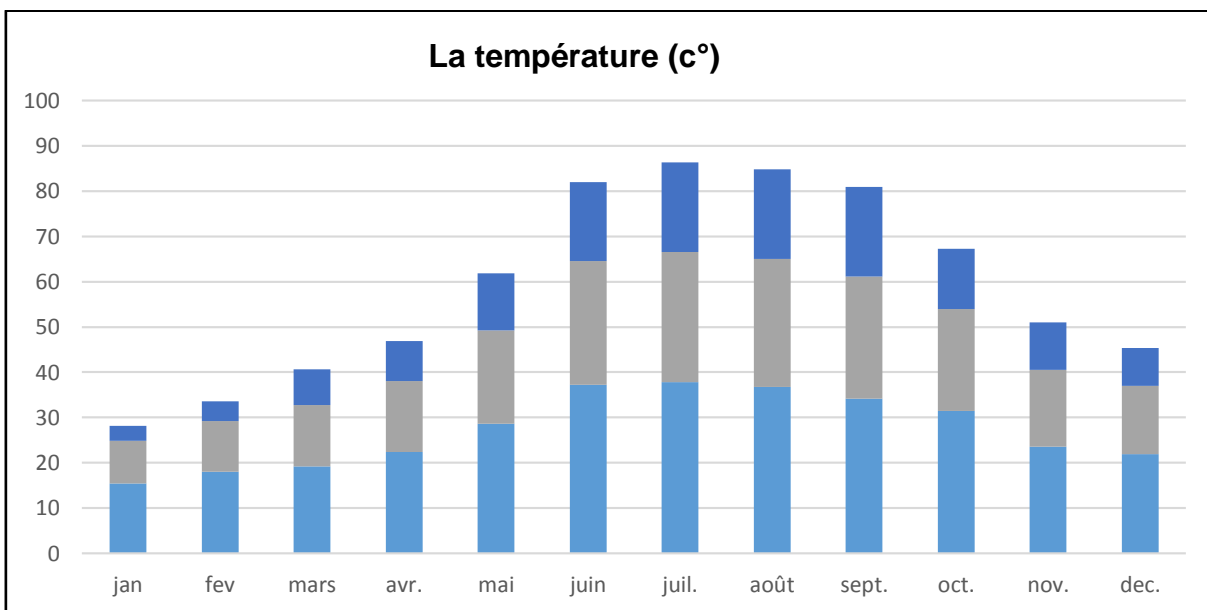
## 2.2 La température

La température est le deuxième élément important dans l'étude du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration (Meddour, 2010).

A partir de l'histogramme des températures moyennes mensuelles nous constatons que la température moyenne mensuelle la plus élevée est observée pendant l'été au mois de juillet avec une température de 28,6°C. Par contre la température la plus basse 9,4°C a été observée au mois de janvier. Pour les autres mois des températures intermédiaires ont été enregistrés (Figure 14).

**Tableau 2** : Les températures moyennes mensuelles à la station Guelma (2022)

Mois	jan	fev	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	dec.
Tempé. maxi	15,4	18	19,2	22,4	28,6	37,2	37,8	36,7	34,2	31,5	23,5	21,9
Tempé. moy	9,4	11,2	13,5	15,7	20,6	27,3	28,8	28,3	26,9	22,4	17	15,1
Tempé. mini	3,3	4,4	7,9	8,8	12,6	17,5	19,8	19,8	19,8	13,4	10,5	8,3



**Figure 14** : La température moyenne mensuelle à la station Guelma (2022) [2]

### 2.3 L'humidité

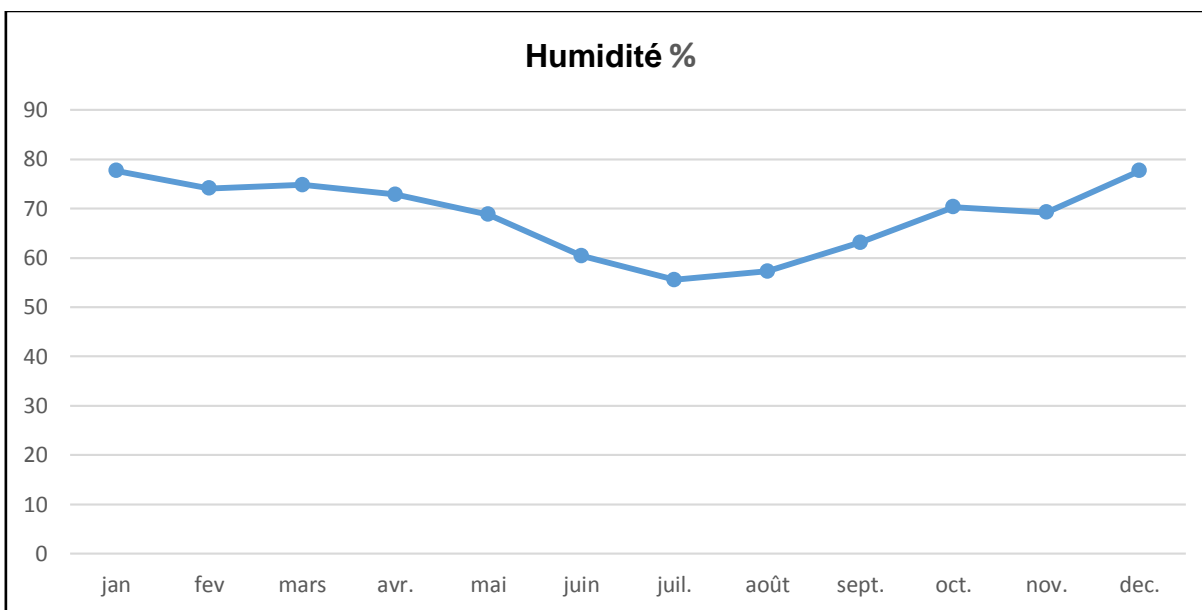
L'humidité relative, appelée aussi le degré hygrométrique est une caractéristique quantitative de l'humidité de l'air, mesure le rapport en pourcentage de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air à la pression de vapeur saturante qu'elle y aurait si elle se trouvait à l'état de saturation à la même température (Mostarih, 2006).

Les données d'humidité moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (2002\_ 2017), sont consignées dans le tableau 03.

L'humidité relative mensuelle les plus élevées sont observées pendant la période allant de Décembre à Avril. Par contre les plus basses Sont observées pendant la période allant de Mai à Novembre. (figure15)

**Tableau 03** : l'humidité mensuelles la région de Guelma (2002\_ 2017)

Mois	jan	fev	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	dec.
H%	77,65	74,1	74,79	72,85	68,79	60,41	55,55	57,26	63,12	70,3	69,24	77,68



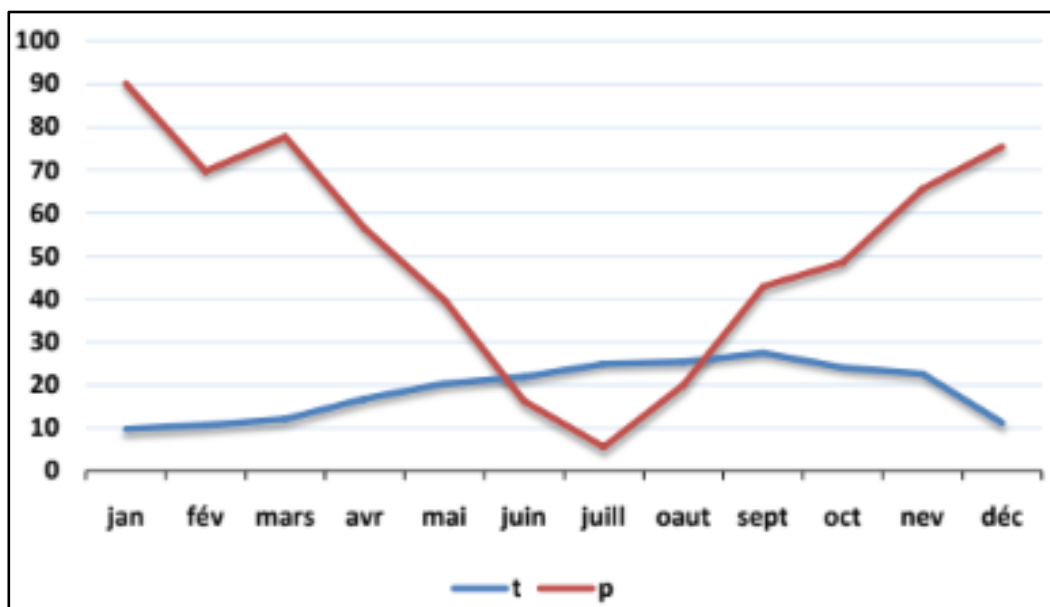
**Figure 15** : l'humidité mensuelle la région de Guelma (2002\_ 2017) [2]

## 2.4 Diagramme Ombrothermique

Selon Bagnols et Gausсен, une période sèche est due au croisements des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un graphe pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations, (Figure 16).

D'après ce diagramme établi à partir des données des températures et des précipitations de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes :

- La première froide et humide qui s'étale sur 8 mois, du mois d'octobre jusqu'au mois de mai.
- La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de juin jusqu'au mois de septembre.
- La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.



**Figure 16 :** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la ville de Guelma (2002-2018) (Haddada *et al*, 2021).

### 2.4.1 Climagramme d'Emberger :

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) (Dajoz, 2000).

$$Q = 1000 \cdot P / \frac{(M + m) \cdot (M - m)}{2}$$

D'où :

M : Température maximale du mois le plus chaud ( $M = 36,34^{\circ}\text{C} = 309,34 \text{ K}$ ).

m : Température minimale du mois le plus froid ( $m = 4,62^{\circ}\text{C} = 277,62 \text{ K}$ ).

P : Précipitation moyenne annuelle  $P = 606,1 \text{ mm}$ .

Notre région (Guelma) présente un  $Q_2 = 65.10$  ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais.

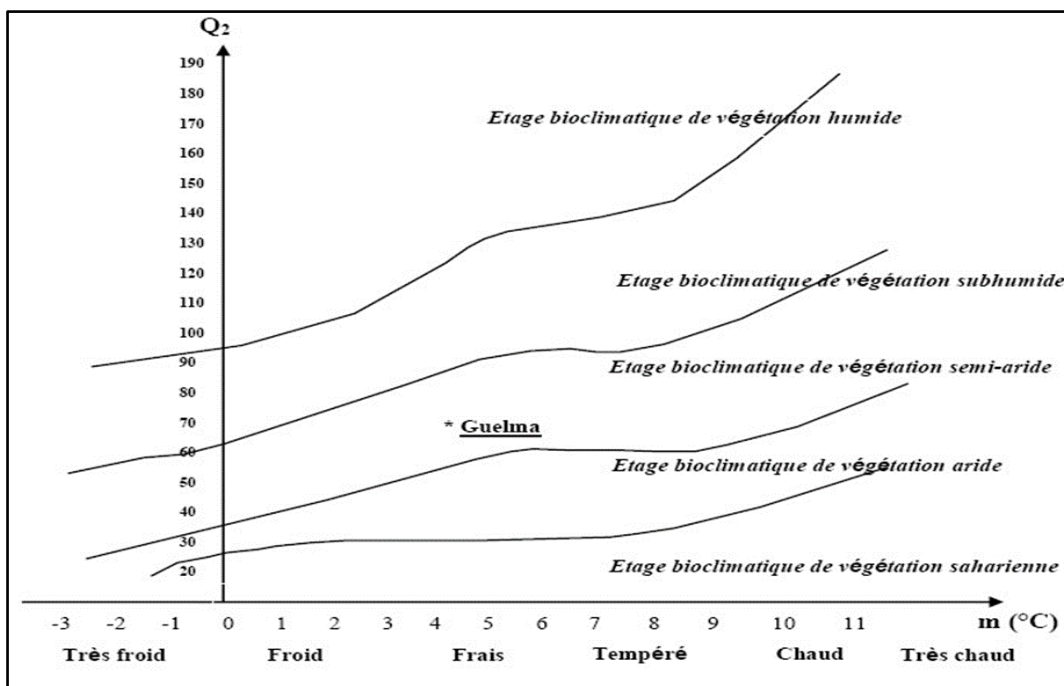


Figure 17 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2015)

### 3 Description du site d'étude :

- Oued Zimba (station 1 et station 2) : La majorité des cours d'eau de la Seybouse sont petits voire très petits, ce qui les rend sensibles à toute perturbation qu'elle soit d'origine naturelle ou humaine (Housseyn, 2016) (figure 18).

- Limitée à nord par Guelma, au sud par Aïn Larbi et Khezara, l'est par Boumahra, à l'ouest par Bendjerrah.
- Situation administrative :
  - ✓ Commune : Belkhir.
  - ✓ Wilaya : Guelma.
  - ✓ Superficie de la commune : 9400 Ha.
  - ✓ Nombre d'habitants : 18057.

Il est situé dans la commune de hammam bradaa, d'Héliopolis, adjacente à la route nationale N21. C'est l'embouchure des canaux d'égouts de la commune d'Héliopolis.(figure19).

**Commune** ; Heliopolis

**Daïra** ; Heliopolis.

**Wilaya** de Guelma.

Le cours d'eau de oued Bradaa est faible, mais très rapide, c'est qu'en effet, après un parcours de montagne( Hoara932m),coupe la vallée de Guelaat Bou Sbaa, en passant par les monts Chettah(536m), l'allure d'un synclinal à bords assez redressées et très démantelés par les torrent, creusant un lit profond à rives abrupts, recouverte de végétations , pour se rendre à la Seybouse au sud de Héliopolis (Bocheleghem2008).



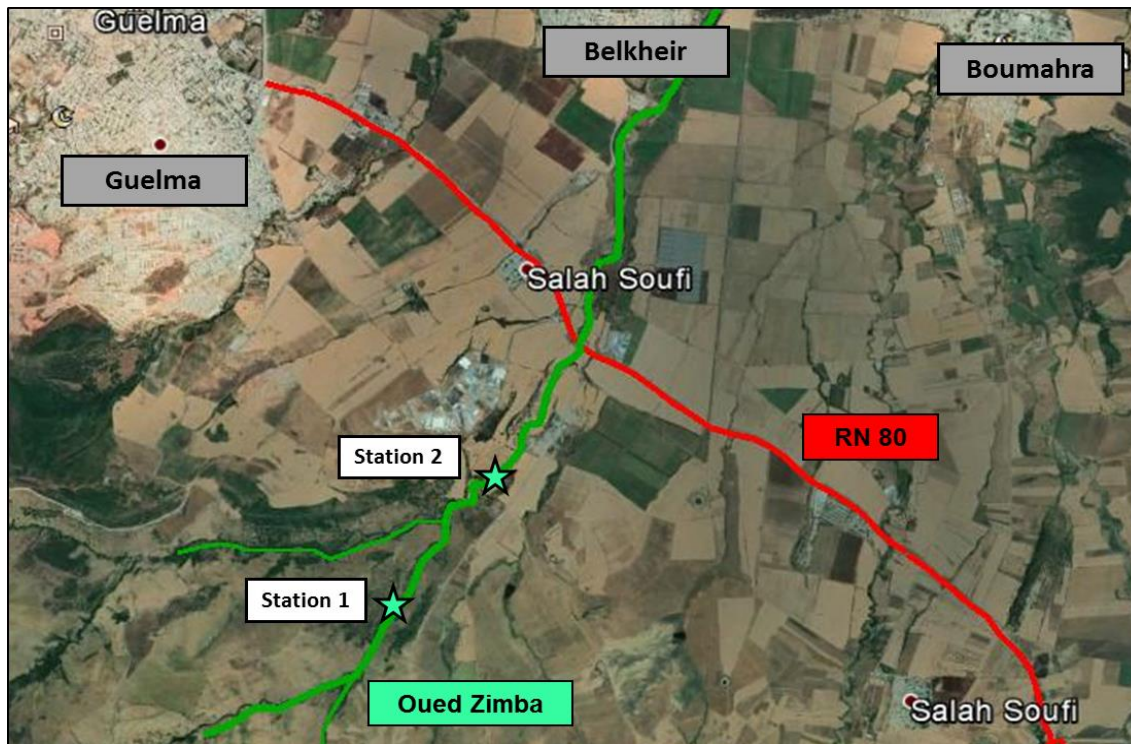


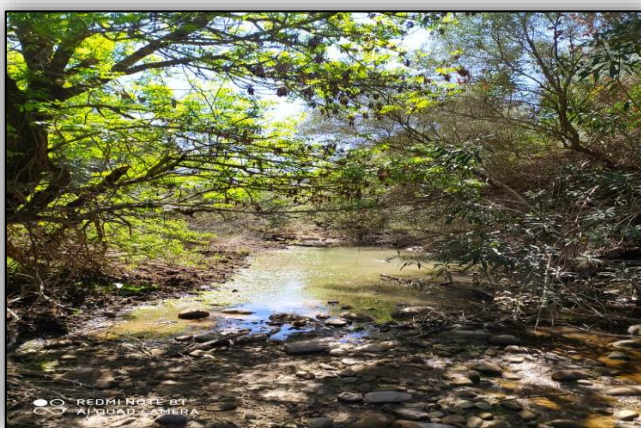
Figure 18 : Localisation des deux stations d'Oued Zimba (Google earth modifiée).



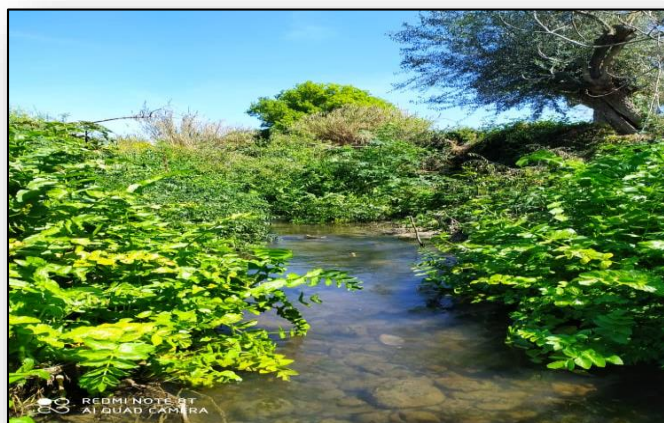
Figure 19 : Localisation de la station Oued Hammam Bradaa:(Station 3)(Google earth modifiée).



**Figure 20** : Vu générale de station 01 Oued Zimba



**Figure 21** : Vu générale de station 02 Oued Zimba



**Figure 22** : Vu générale de station 03 Hammam Bradaa

# Chapitres III

## Matériel et Méthodes

## 1. Matériel

### 1.1. Sur le terrain

- GPS (Global Positionning System).
- Appareil multi-paramètres.
- Une épuisette pour la collecte des taxons faunistique (maille de 1 mm).
- Des fiches techniques.
- Carnet de notes et des étiquettes.
- Cuvettes.
- Bouteilles en plastique.
- Ethanol pour la conservation des échantillons.
- Eau distillé et eau potable.
- Un chronomètre et bouchons en liège.
- Un appareil photo numérique
- Des bottes.

### 1.2. Matériel de laboratoire

- Loupe binoculaire.
- Un pH-mètre.
- Flacon en verre.
- Boites de pétri.
- Guides pour l'identification des spécimens. (Invertébrés d'eau douce : systématique, Biologie, écologie) (Tachet *et al* ; 2000).
- Des pinceaux et des pinces.
- Carnet de notes.
- Etiquettes.
- Ethanol 70 % (pour la conservation du matériel biologique).



a	Loupe binoculaire
b	Des pinceaux
c	<i>Multi-paramètre</i>
d	GPS
e	pH-mètre
f	Des pincés

**Figure 23 :** Planche présente le matériel utilisé au terrain et au laboratoire.

## 2. Méthodologie de travail

Le présent travail est étude comparative des macroinvertébrés entre un milieu aquatique naturel et un milieu anthropique (modifié par l'activité humaine, a été réalisé pour évaluer l'impact de l'activité humaine sur la biodiversité et la santé des écosystèmes aquatiques.

### 2.1. Période d'études

La période d'étude s'étend de février à mars, avec des visites mensuelles aux stations. Pendant ces visites, des échantillons de macroinvertébrés ont été collectés et des mesures physicochimiques ont été effectuées. Les macroinvertébrés sont des animaux sans colonne vertébrale, tels que les insectes, les mollusques et les crustacés, qui vivent dans des cours d'eau et peuvent être utilisés comme indicateurs de la qualité de l'eau. Les paramètres physicochimiques mesurés peuvent inclure des caractéristiques telles que la température, le pH, la conductivité, la concentration en oxygène dissous, etc.

Nous avons effectué deux sorties au niveau de trois stations d'Oued Zimba et l'affluent de Hammam Bradaa dans la wilaya de Guelma,

- Premier prélèvement le 23/02/2023.
- Deuxième prélèvement le 27/03/2023.
- Troisième prélèvement le 24/04/2023.

### 2.2. Choix des stations

Après avoir identifié l'objectif de cette étude, nous devons choisir les sites accessibles et surtout qui nous emmène à notre but (Figure 24).

Le choix de trois stations est basé sur les critères cités ci-dessous :

- ✓ Les deux stations appartiennent à la même région (Oued Zimba).
- ✓ Une troisième station qui fait partie d'un écosystème d'origine anthropique serait une installation créée ou modifiée par les êtres humains (Hammam Brada).
- ✓ Elles partagent ainsi des conditions climatiques semblables.
- ✓ Nous nous intéressons à l'évaluation des peuplements de macroinvertébrés dans ces stations. Il s'agit d'études qui font état de changements dans la composition faunistique de ces taxons.
- ✓ Les stations sélectionnées ne partagent pas le même substrat et les mêmes paramètres régionaux et locaux, en particulier la concentration en oxygène et taux de la pollution.

- ✓ Accessibilité des stations (proximité de la route, végétation peu dense) permettant une visite régulière.

### 2.3. Localisation et description de la zone étudiée

#### • Oued Zimba

L'Oued Zimba, Il s'agit d'un ruisseau situé dans la wilaya de Guelma, en Algérie, plus précisément dans la commune de Belkhir. Ses limites géographiques comprennent Guelaat Bousbaa et Héliopolis au nord, Djaballa Khemissi et Boumahra Ahmed à l'est, Khezara au sud, et Bendjerah et Guelma à l'ouest.

L'Oued Zimba est un cours d'eau local qui peut avoir une importance écologique, hydrologique ou socio-économique pour la région environnante. Les caractéristiques spécifiques de l'Oued Zimba, telles que sa longueur, sa largeur, son débit ou son rôle dans l'écosystème local, nécessiteraient une étude plus approfondie pour une meilleure compréhension de son impact et de son importance.

En ce qui concerne la pression industrielle il est connu comme un récepteur des eaux usées provenant de plusieurs zones industrielles qui l'entourent. Parmi ces installations industrielles, on peut citer : Station multiservices, Limonaderie (Dafri), Effluents des eaux usées de la commune de Belkhir.

#### • Affluent de Hammam Bradaa

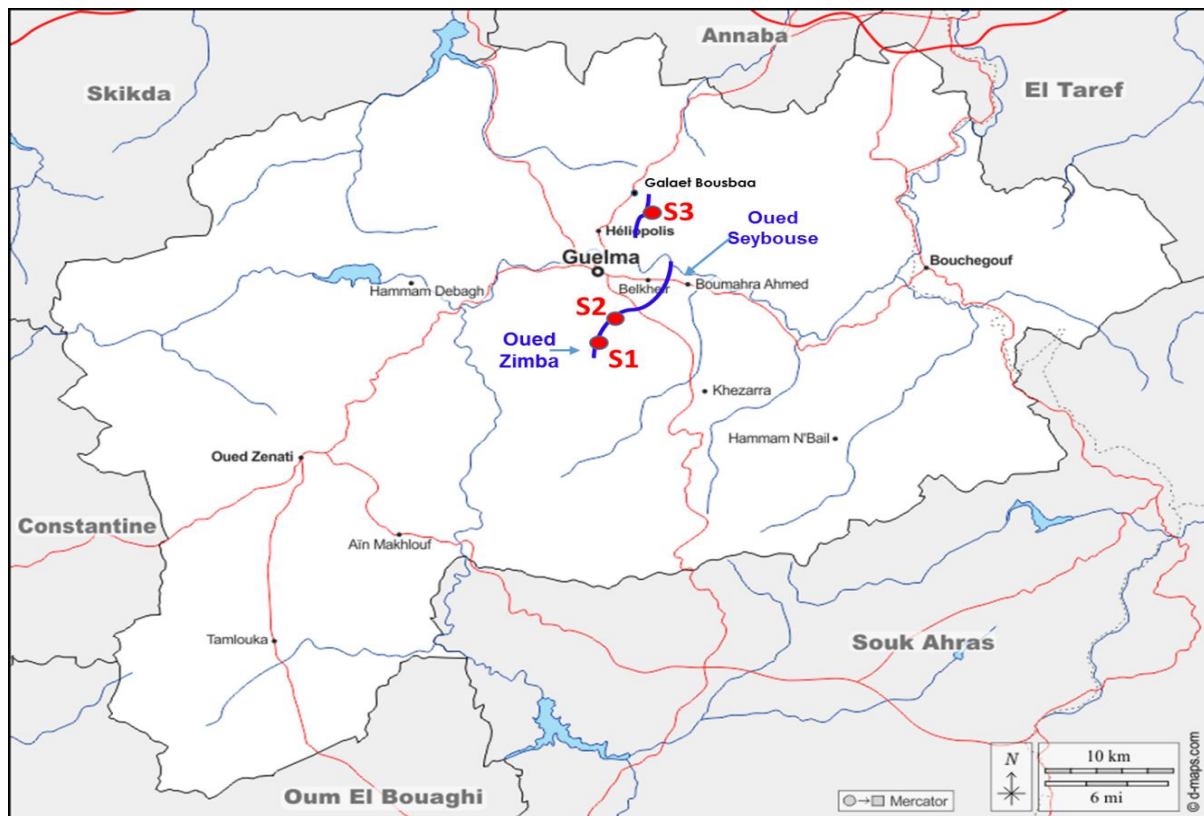
Est un cours d'eau issue d'origine anthropique qui se jette dans l'oued Seybouse, et qui est généralement de taille plus importante. La source de ces eaux provient de la commune de Galaat Bousbaa, ainsi que des affluents naturels qui l'entourent.

→ Dans ce travail nous avons choisi trois stations pour faire notre recherche dont les coordonnées GPS sont les suivantes :

Station	Latitude	Longitude
01 (Oued zimba)	36°24.8650'N	7°27.4840'E
02 (Oued zimba)	36°25.3366'N	7°27.8120'E
03 (Hammem Bradaa)	36°31.3620'N	7°27.1890'E

- La première se trouve à côté d'une zone agricole, loin de la zone peuplée. Le petit cours d'eau claire coule entre une dense végétation, il n'est pas profond, rempli de rochers moussus et de cailloux (Figure 24).
- La deuxième est située juste avant une zone urbaine, elle se caractérise par son exposition au soleil, sa dense végétation, l'eau coule faiblement et elle n'est pas trop claire comme la première station (Figure 24).

- La troisième station se trouve à Hammam Bradaa, son eau est polluée à cause des rejets urbains et industriels de la région, elle est riche en débris végétaux (Figure 24).



**Figure 24 :** Localisation des stations (d-maps.com, modifiée)

## 2.4. L'échantillonnage

L'échantillonnage mensuel étant effectué au niveau des deux stations d'Oued Zimba, durant la période des trois mois (février, mars, avril), le prélèvement prévu pour le mois d'avril n'a pas été effectué en raison de la sécheresse dans la région d'Oued Zimba. Dans les régions touchées par la sécheresse, il est courant que les ressources en eau soient limitées, ce qui peut entraîner des restrictions ou des ajustements dans les prélèvements d'eau.

L'objectif de l'échantillonnage consiste en la collecte d'une diversité la plus représentative des macroinvertébrés au niveau de chaque station visitée. La technique de récolte consiste à utiliser une époussette de 1 mm de vide de maille. Les coups (dix 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 surtout contre le courant d'eau (figure 25).



- **Collecte sous les pierres**

Il est facile de ramasser deux ou trois pierres à la fois, de les placer dans un baquet de plastique blanc et les retourner à la rive. On peut collecter les organismes des pierres avec des pinces et les conserver avec le contenu du filet dans des flacons en plastique sur les quels noms et dates des prélèvements sont inscrits. Les échantillons sont pré-triés sur place (élimination des plus grands éléments minéraux et végétaux) et fixés dans du formaldéhyde à 70% ou éthanol 70%. Sachant bien que chaque relevé est précédé par la mesure de la conductivité, la température, la profondeur, la salinité, l'oxygène dissous et la vitesse de l'eau.

## **2.5. Le tri des macro-invertébrés**

### **2.5.1. Sur place**

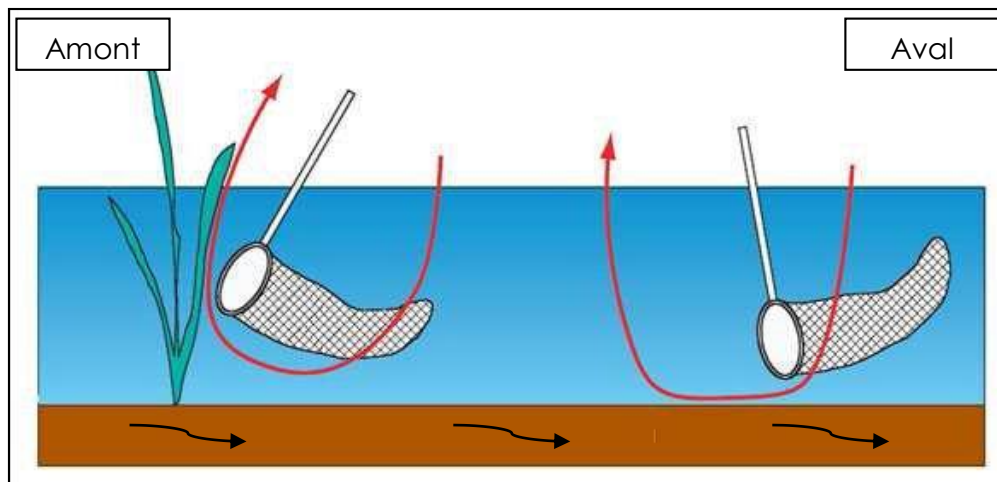
Le contenu du filet est versé dans un récipient blanc, afin d'en faciliter le tri, puis on recueille une fraction de la collecte (faune, débris de la flore ainsi que d'autres déchets) la plus représentative qu'on la met dans des flacons en plastique sur les quels noms, dates et heure de prélèvement sont inscrits.

La fixation de la macrofaune est effectuée sur place par l'ajout de l'éthanol 70%. Les échantillons obtenus pour les différents milieux, ont été transportés au laboratoire où les organismes sont triés sous binoculaire afin d'être dépouillés et identifiés.

### **2.5.2. Au laboratoire**

Nous avons procédé au dépouillement et au dénombrement des individus de chaque taxon d'insecte récolté, ce qui nous a permis de constituer une liste d'espèces des trois stations. Ensuite les spécimens sont conservés dans l'éthanol 70%.

Les espèces animales sont identifiées selon la détermination des différents groupes et à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un ouvrage de détermination (Tachet *et al.*, 2000).



**Figure 25** : Méthode d'échantillonnage de la faune en zone humide : un coup de filet  
(Modifier Moisanet *al.*, 2010)

## 2.6. Mesure les caractéristiques physico-chimiques

Les facteurs écologiques essentiels qui agissent sur le peuplement sont la température, la vitesse du courant, l'oxygénation, le pH et la conductivité électrique (Dajoz, 1985).

### 2.6.1. Mesure de la température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz ; dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique, et dans la détermination du pH. Une augmentation de celle-ci provoque l'échappement de l'oxygène dissous dans l'eau (Rodier, 1996). Ceci est important car la température influe sur la faune aquatique (Dajoz, 2006). La température est mesurée sur site à l'aide d'un conductimètre.

### 2.6.2. La Conductivité

La conductivité est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. La conductivité électrique et la température sont déterminées à l'aide d'un conductimètre (El afri, 2009). La conductivité est mesurée par un multi-paramètre.

### 2.6.3. Mesure du pH

Le pH ou potentiel d'hydrogène mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, sachant que la valeur de 7 étant

le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le pH est mesuré par un multi paramètre.

#### **2.6.4. Mesure de l'oxygène**

L'oxygène est l'un des paramètres les plus importants de la vie aquatique. L'oxygène dissous est essentiel au métabolisme de la plupart des organismes présents. L'oxygène de l'écosystème dulcicole provient de plusieurs sources. La plus importante est l'atmosphère, l' $O_2$  absorbé par l'eau par l'action du vent, des vagues...C'est une oxygénation mécanique, plus importante que la simple diffusion. La seconde source est la photosynthèse. Le phytoplancton contenant des algues unicellulaires, des cyanobactéries et autre plantes aquatiques, fixent le  $CO_2$  de l'eau en utilisent l'énergie solaire et des molécules d'eau, elles libèrent de l'oxygène dans le milieu (Huguet, 2006). L'oxygène dissous est mesurée par un multi-paramètre.

#### **2.6.5. Mesure de la salinité**

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau. La salinité est mesurée par un multi-paramètre.

A titre de comparaison, l'eau douce a une salinité de 0 à 0,5 et l'eau de mer à une salinité moyenne de 35.

#### **2.6.6. La vitesse de l'eau**

Est un facteur écologique essentiel qui conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance. C'est un facteur limitant. En général, la faune des eaux courantes, et en particulier, celle des eaux rapides, diffèrent de celle des eaux stagnantes et présente des caractères d'adaptation qui permettent aux animaux de se protéger ou de lutter contre le courant (Angelier, 2003). Les mesures sont effectuées à l'aide d'un bouchon en liège lâché en surface du cours d'eau sur une distance de 10 m, le temps est mesuré par un chronomètre.

## 2.7. Analyse des données

- L'abondance et la richesse spécifique des différents taxa de macroinvertébrés ont été calculées.
- La diversité spécifique de ces organismes dans les milieux explorés a été déterminée par l'**indice de Shannon** (Shannon, 1948) qui permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu. Cet indice a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$H' = -\sum ((Ni/N) \times \ln (Ni/N))$$

→ Ni : nombre d'individus d'une espèce donnée.

→ N : nombre total d'individus.

- **Indice de Jaccard** : Définit la similitude comme étant l'importance de remplacement des espèces ou les changements biotiques à travers les gradients environnementaux. Il permet une comparaison entre deux sites, car il évalue la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé [3].

Il a pour formule :

$$I = Nc / (N1 + N2 - Nc)$$

Où :

→ Nc est le nombre de taxons communs aux stations **1** et **2**.

→ N1 et N2 sont le nombre de taxons présents respectivement aux stations **1** et **2**.

- De plus, l'**Equitabilité de Pielou** qui traduit le degré de diversité atteint, a été calculé pour identifier l'équilibre des peuplements selon la formule suivante :

$$E = H'/Hmax = H'/\text{Log}_2 S$$

→ S : nombres d'espèces observées.

# Chapitre IV

## Résultat et discussion

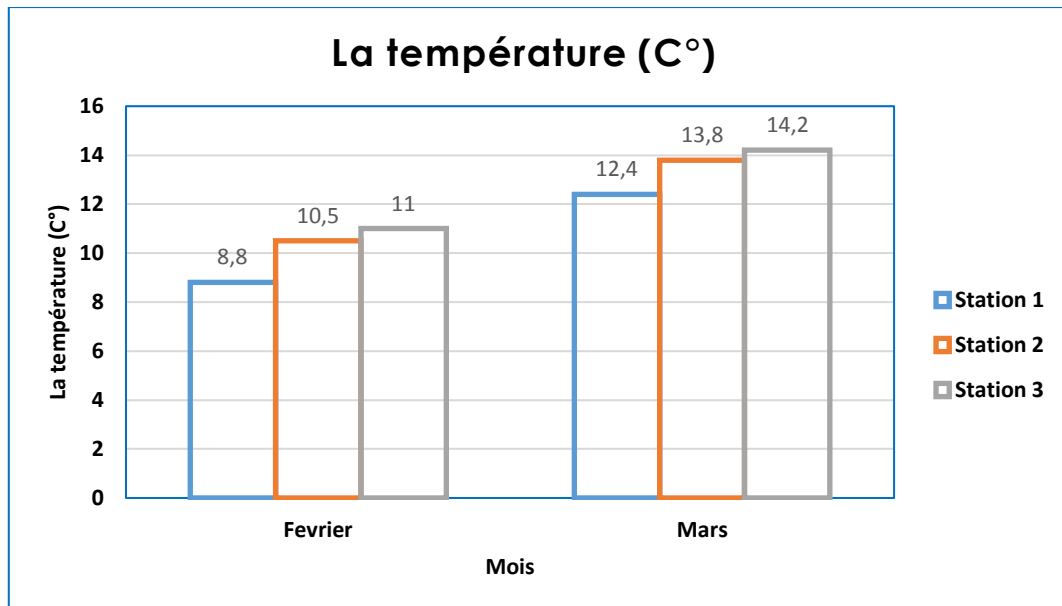
## 1 Analyse des paramètres physico-chimique de l'eau

Les paramètres physico-chimiques sont importants à la qualité de l'eau surtout de l'eau douce et l'eau potable. Notre étude est basée sur du facteur abiotique très importants : température, pH, conductivité, oxygène dissous, salinité et la vitesse.

### 1.1 La Température

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique (Roux, 1987).

La figure (26) représente histogramme qui exprime les changements de température pour les mois de février et mars. Durant toute la période d'étude, la moyenne des températures varie entre (8,8C°) et (14,2C°), on remarque qu'il y a une élévation progressive des valeurs de février à mars où elles atteignent leurs maximums. De plus, nous remarquons une variation de station 03 d'oued hammam bradaa présente les températures les plus élevées par rapport aux autres stations, une indication l'environnement est pollué, et ce en raison de l'ingérence des activités humaines.



**Figure 26 :** Variation mensuelle de la température des trois stations

## 1.2 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (Castany et Margot, 1977). Il joue aussi un rôle primordial dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003).

La figure (27) représente histogramme qui exprime les changements de pH pour les mois de février et mars. Le pH le plus élevé a été enregistré à la station 03 et le niveau le plus bas à la station 02. On observe une égalité de la valeur du pH pour les deux stations 01 et station 02, et plus élevé de la valeur pour station 03 dans les deux mois février et mars, indication de pollution de l'environnement. Les valeurs de pH sont proches et ne dépassent pas les limites habituelles de 7.8 à 12.5 pour l'eau naturelle et compatible avec la vie aquatique. Cependant, les valeurs sont réconciliées et alcalin.

## 1.3 La Conductivité électriques (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement, la mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Rodier *et al*, 1996 ; Detay, 1993). La conductivité est très utile pour mettre en évidence la qualité de l'eau (Dahel Zanat, 2009).

La figure (28) représente histogramme qui exprime les changements de la conductivité pour les mois de février et mars. La courbe de variance de conductivité au niveau de la station Échantillonnage en fonction du temps de février 2023 à mars 2023. Il indique une augmentation de la valeur de conductivité dans la station 2 de février jusqu'à 963(ms/cm), après quoi il y a une diminution jusqu'à 928 dans la station (1) (ms/cm) par mois avril.

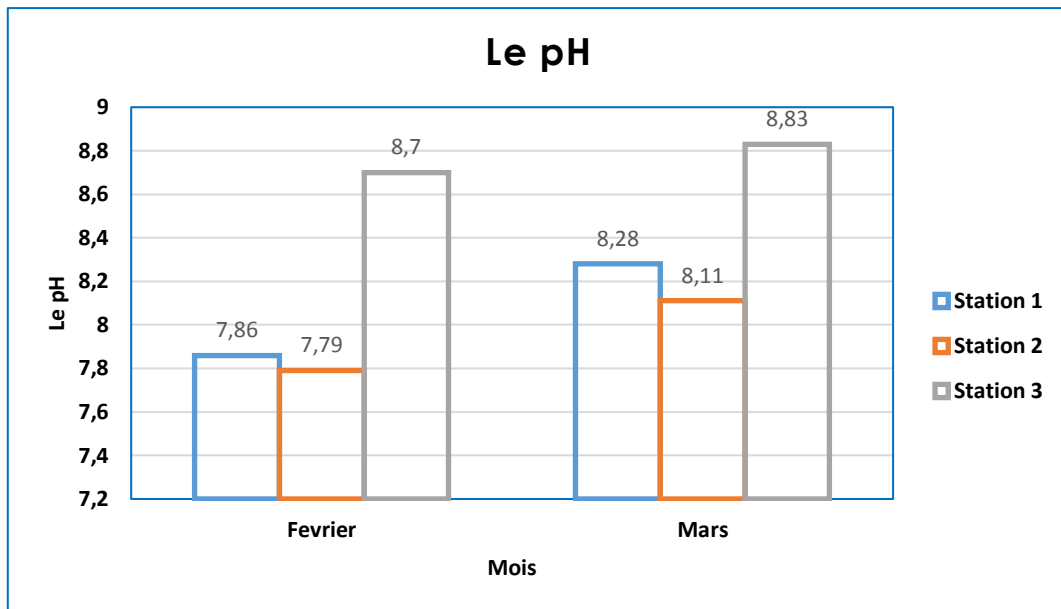


Figure 27 : Variation mensuelle de pH des trois stations

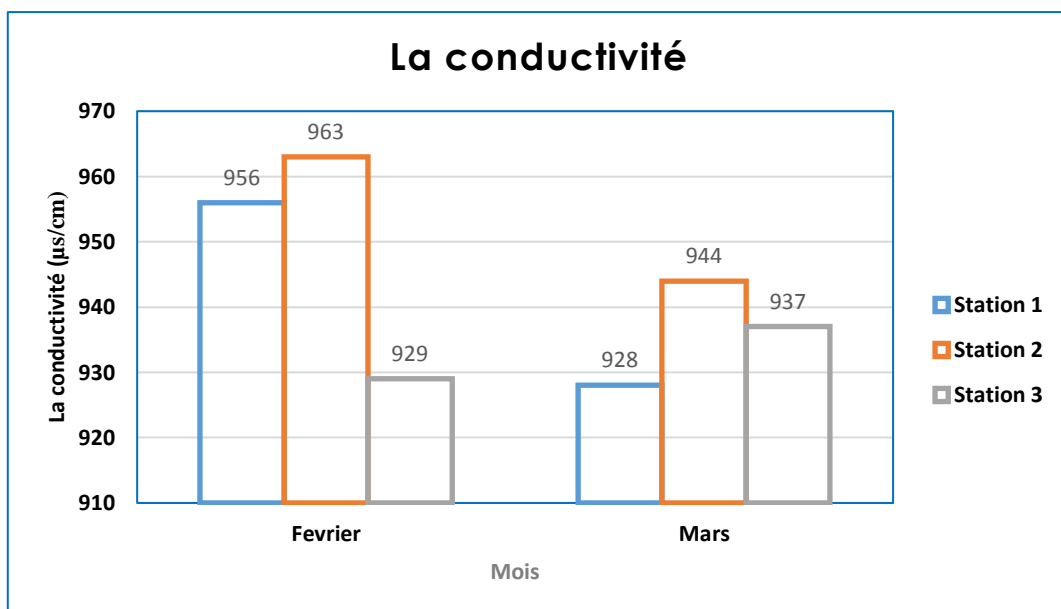


Figure 28 : Variation mensuelle de la conductivité des trois stations



#### 1.4 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème (Rodier, 1996).

La figure (29) représente histogramme qui exprime les changements de l'Oxygéné pour les mois de février et mars. Les valeurs moyennes d'oxygène au niveau de la station sont 01 la valeur la plus élevée a été enregistrée à 6.33 mg/L, tandis que les autres valeurs ont été enregistrées, respectivement les stations sont équivalentes à 4.68 mg/L pour les stations 02 et valeur la plus faible a été enregistrée à 3.78 mg/L pour la station 03.

La raison de la forte augmentation de l'oxygène dissous dans la station 01, c'est la multiplication des plantes à grande vitesse sur les berges des gares, en plus de mouvement de l'eau résultant de l'utilisation de pompes à eau pour l'agriculture. et la cause de sa diminution à la station 3 est due à l'intervention anthropique.

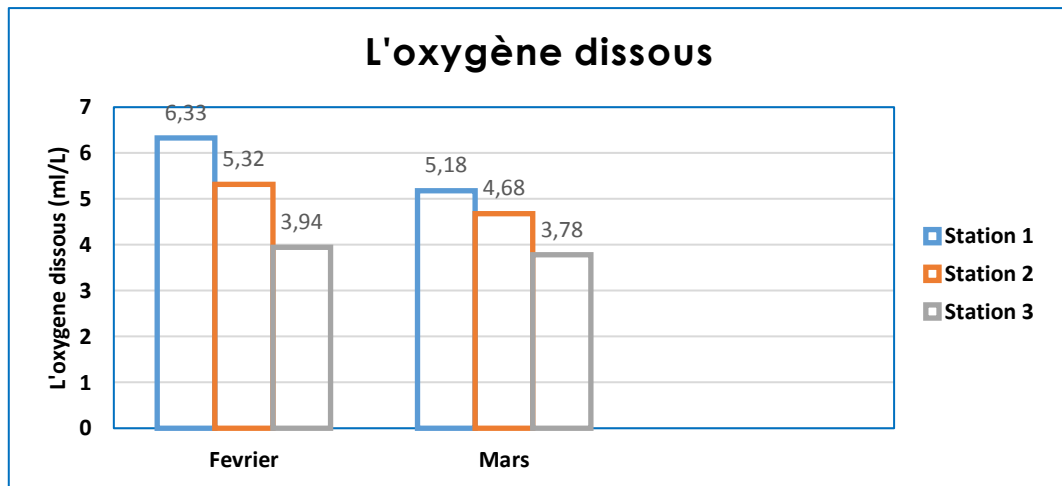
#### 1.5 Salinité

La figure (30) représente histogramme qui exprime les changements de la salinité pour les mois de février et mars. D'après les résultats donnés dans le graphique qui suit, on a remarqué une ressemblance pour chaque chacune des stations pendant le mois de février ce qui traduit une stabilité de la salinité, en mars, on note toutefois une légère augmentation à la station 3.

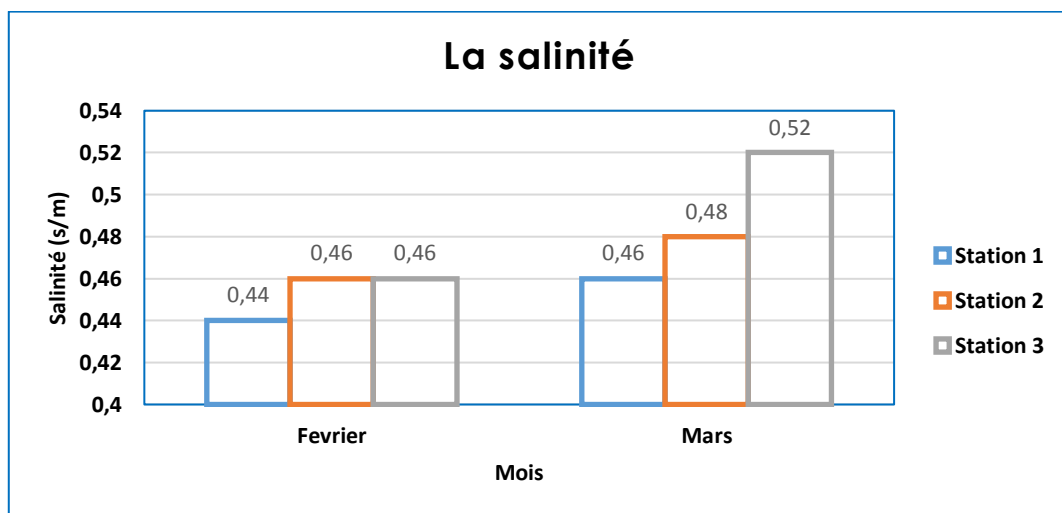
#### 1.6 La vitesse

Dans les cours d'eaux, la vitesse de courant est un facteur important car elle conditionne le transport des nutriments, le renouvellement de l'oxygène et la dérive des insectes. Certains organismes ont d'ailleurs développé des adaptations morphologiques pour résister au courant. (Soualmia, *et al*, 2013).

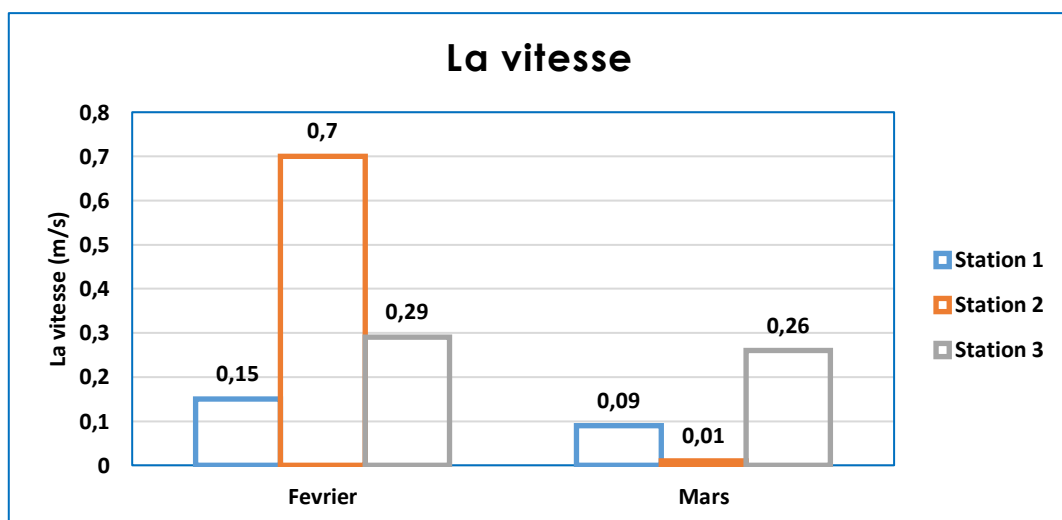
La figure (31) représente histogramme qui exprime les changements de la vitesse pour les mois de février et mars. L'histogramme de la variation de la vitesse de l'eau montre au cours de la période d'étude que la valeur la plus élevée et enregistré dans le mois de février pour les stations 02 à 0.7 (m/s), alors que nous remarqué une diminution de la vitesse de l'eau en mois de mars, cela est dû à ?, par contre elle est maximale dans le débit mois de mars pour la station 03 à 0.26 (m/s) et après il y a une diminution a condition des actions humain pour l'élevage.



**Figure 29 :** Variation mensuelle de l'oxygène dissous de l'eau des trois stations



**Figure 30 :** Variation mensuelle de la salinité des trois stations



**Figure 31 :** Variation mensuelle de la vitesse des trois stations

## 2 Analyse de la faune benthique

### 2.1 Abondance de la faune benthique

Les macroinvertébrés sont ceux qui vivent habituellement à la surface ou dans les premiers centimètres des sédiments (Tachet *et al*; 1980). Ces derniers se répartissent d'une manière hétérogène. Leur distribution dépend des conditions environnementales (nature du substrat, vitesse du courant, couverture végétale, etc.) (Djamai, *et al*, 2020).

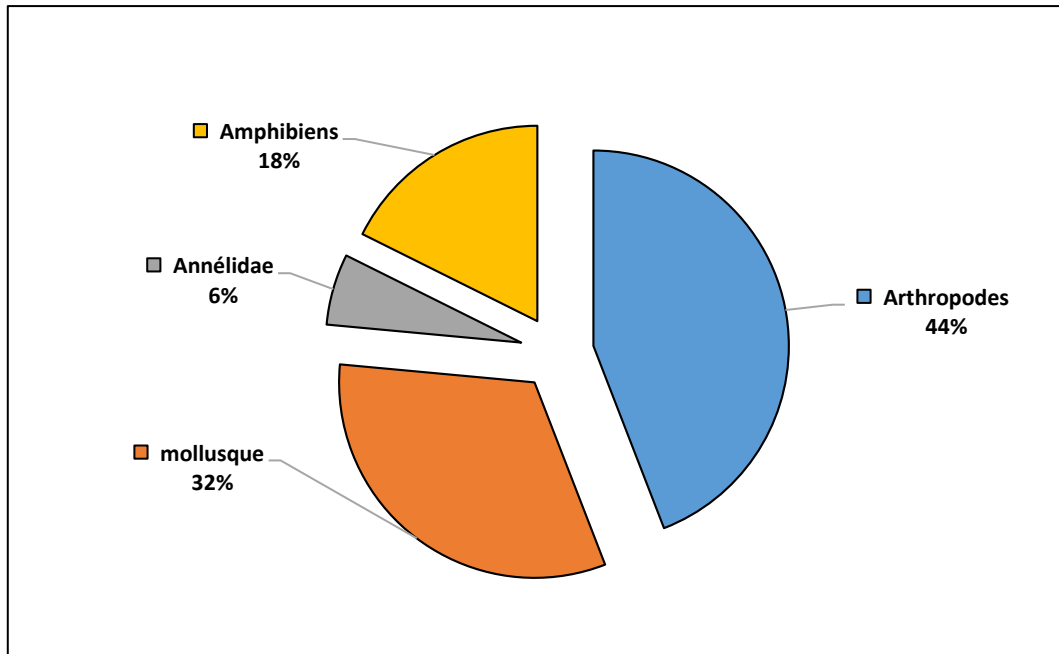
L'analyse des données de macroinvertébrés benthiques permet d'évaluer l'état de santé général des ruisseaux, des rivières et des lacs. De façon générale, les plans d'eau non dégradés supportent des communautés de macroinvertébrés diversifiés. Avec une augmentation des perturbations anthropiques, l'abondance des taxons les plus sensibles diminue alors que l'abondance des taxons tolérants à la pollution augmente. Ces changements amènent une instabilité dans la structure de la communauté, ce qui se traduit généralement par la réduction de l'intégrité de l'écosystème aquatique (Djamai, *et al*, 2020).

Suite à la détermination taxonomique réalisée au laboratoire, une liste faunistique des macroinvertébrés a pu être établie. Les résultats pour chaque station sont présentés sous forme d'un tableau, grâce à la réalisation de ce tableau, il a pu être analysé et comparé les différentes distributions des macroinvertébrés entre les stations (tableau 5).

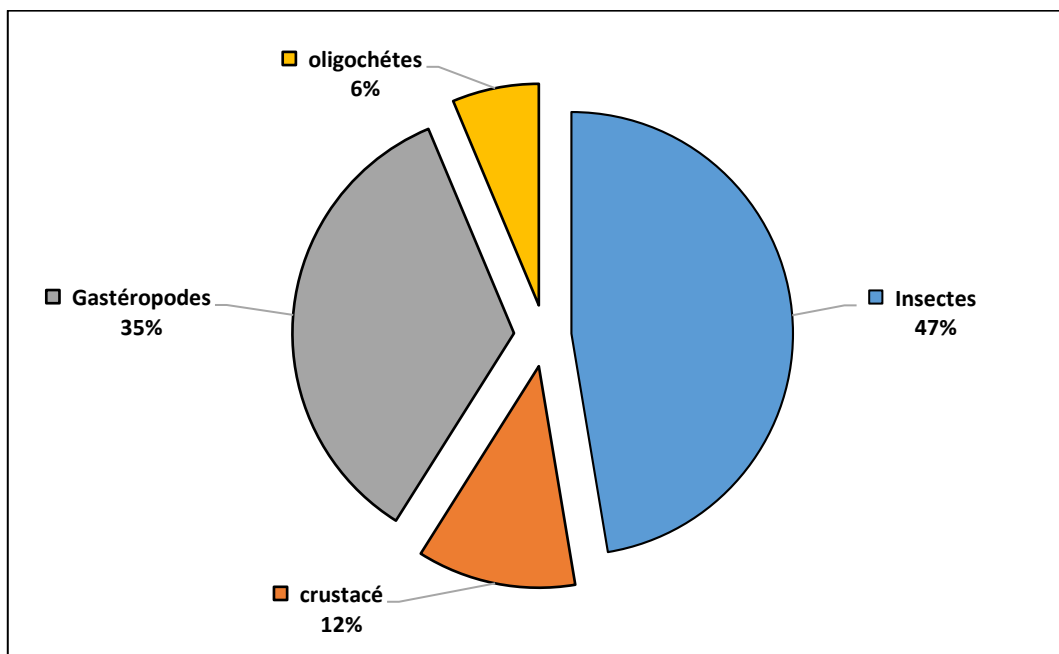
Les études du benthos permettent d'apprécier la structure, la composition et la distribution spatio-temporelle de macroinvertébrés. La présente étude faunistique nous a permis de recense au cours des 03 sorties de prélèvement un total de 2312 individus répartis en 04 embranchement (04 classe, 09 ordre, 39 familles) (figure 32) (tableau 5).

L'effectif du peuplement benthique montre qu'arthropodes 44%, sont nettement dominants). Après Ils comptent respectivement les mollusques 32%, les amphibiens 18%, et les annélides 6% (figure 30). L'effectif du peuplement benthique par classe montre que insectes 47%, sont nettement dominants .Après Ils comptent respectivement les gastéropodes 35%, les crustacé 12%, et les oligochètes 6% (Figure 33).

L'apparition de crustacés dans cette région est due au fait que l'eau courant est devenue l'eau stagnante parce qu'elle a été fermée pour l'irrigation agricole, et raison de la sécheresse qui a touché la région.



**Figure 32 :** Répartition globale des principaux embranchements des macroinvertébrés (%)



**Figure 33 :** Répartition globale des principales classes de macroinvertébrés (%)

Tableau 5 : Check-list de taxons faunistiques récolté durant la période d'étude

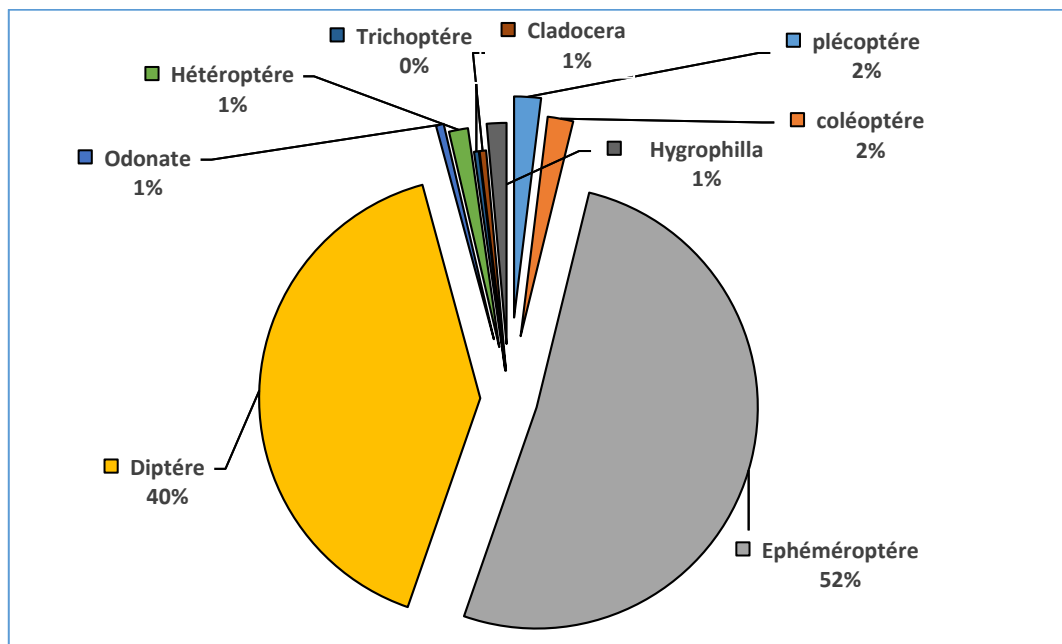
Embranchement	taxons			Station			Total
	classe	ordre	famille	station1	Station2	Station3	
Arthropodes	Insectes	plécoptère	perlodidae	13	6	0	19
			chloroperlidae	0	1	0	1
			leuctridae	25	0	0	25
		coléoptère	Dytiscidae Adulte	4	6	0	10
			dytiscidae larve	0	20	0	20
			hydraenidae	0	3	0	3
			helophoridae	0	1	0	1
			hydrochidae	0	4	0	4
			Hydrophiloidae	0	2	0	2
			Nateridae	0	2	0	2
			Elmidae	0	1	0	1
		Ephéméroptère	Baetidae	231	331	0	562
			leptophlebiidae	388	230	0	618
			caenidae	4	0	0	4
			Ephemerellidae	1	0	0	1
		Diptère	Stratiomyidae	0	1	0	1
			Culicidae	0	1	11	12
			Psychodidae	1	0	0	1
			Chironomidae	11	7	874	892
			Ceratopogonidae	0	17	0	17
			Dixidae	0	6	0	6
			Simuliidae	0	0	1	1
		Odonate	lestidae	0	13	0	13
		Hétéroptère	Pleidae	18	1	0	19
			Hydrometridae	0	1	0	1
			Nepidae	0	0	0	0
	Veliidae		6	0	0	6	
Mesoveliidae	2		0	0	2		
Notonectidae	0		4	0	4		
Trichoptère	Limnephilidae	8	0	0	8		
crustacé	Cladocera	Daphniidae	0	11	0	11	
mollusque	Gastéropodes	Hygrophilla	Lymnaeidae	1	5	2	8
			Ferrissidae	0	1	0	1
			Planorbidae	0	1	0	1
			Bithyniidae	0	1	0	1
			Ancylidae	5	0	0	5
			Hydrobiidae	0	8	1	9
			Acroloxidae	3	0	0	3
			Physidae	1	3	1	5
Annélidae	oligochètes	lumbricidae	0	1	2	3	
Amphibiens		Amphibiens	0	9	0	9	
Total				722	698	892	2312

Les groupes les mieux représentés sont les diptères et les hygrophilla, Ils comptent 08 familles et, les Hétéroptères, et les Coléoptères par 07 familles, les Ephéméroptères par 04 familles. Viennent ensuite les Plécoptères par 03 familles, de chacun, les oligochètes, les trichoptères, les odonates, les Cladocères, les Annélides et les Amphibiens par 01 famille.

L'effectif du peuplement benthique montre que les Ephéméroptères sont nettement dominants (Figure 8). Ils représentent 52 % (soit 1185 individus). Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 52 % de la faune récoltée.

Place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement les diptères 40 % (931 individus), les Plécoptères 02 % (45 individus) et les Coléoptères 02 % (43 individus),

Sont faiblement représentés. Ils constituent respectivement, Les hygrophilla 1% (33 individus), les Hétéroptères 1% (32 individus) et les Odonates (01%) par (13 individus), cladocères 1% (11 individus), du faune total (figure34).



**Figure 34 :** Répartition globale des principaux ordres de macroinvertébrés (%)

## 2.2 Répartition globale des taxons faunistiques dans les stations

La totalité des taxons faunistiques capturés, triés, identifiés, et considérés dans notre analyse représente 2312 individus.

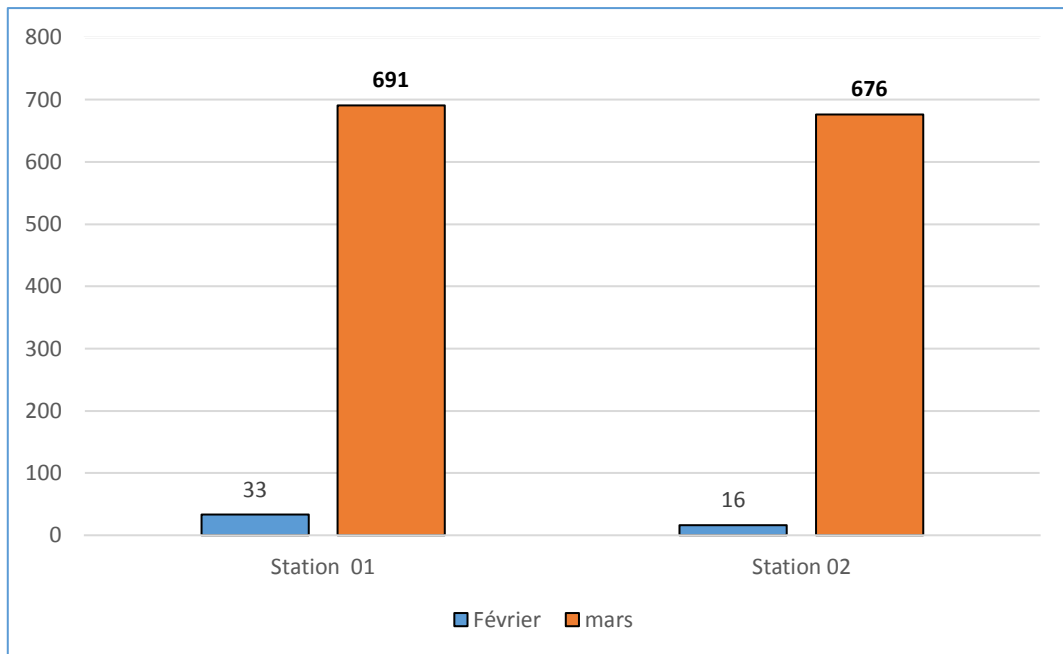
Les macroinvertébrés sont représentés par 2312 individus (Plécoptères, Epheméroptères, Diptères, Coléoptères, Odonates, Héteroptères, et les Trichoptères, les Cladocères, les Hygrophylla) (tableau 5). Ces derniers ont été retenus pour l'analyse des peuplements.

L'abondance des groupes des taxons fluctue suivant les stations d'oued Zimba. Etant donné que la densité d'individus aux stations 01, et station 02 a atteint la valeur la plus faible de 33 et 16 individus en mars. Par rapport à la densité enregistrée dans les études précédentes (bouzit *et al*, 2022). Cette fluctuation pourrait être en relation avec les changements dans la température, la vitesse du courant, oxygène dissous, ainsi que les actions anthropiques appliquées dans la région (figure 35).

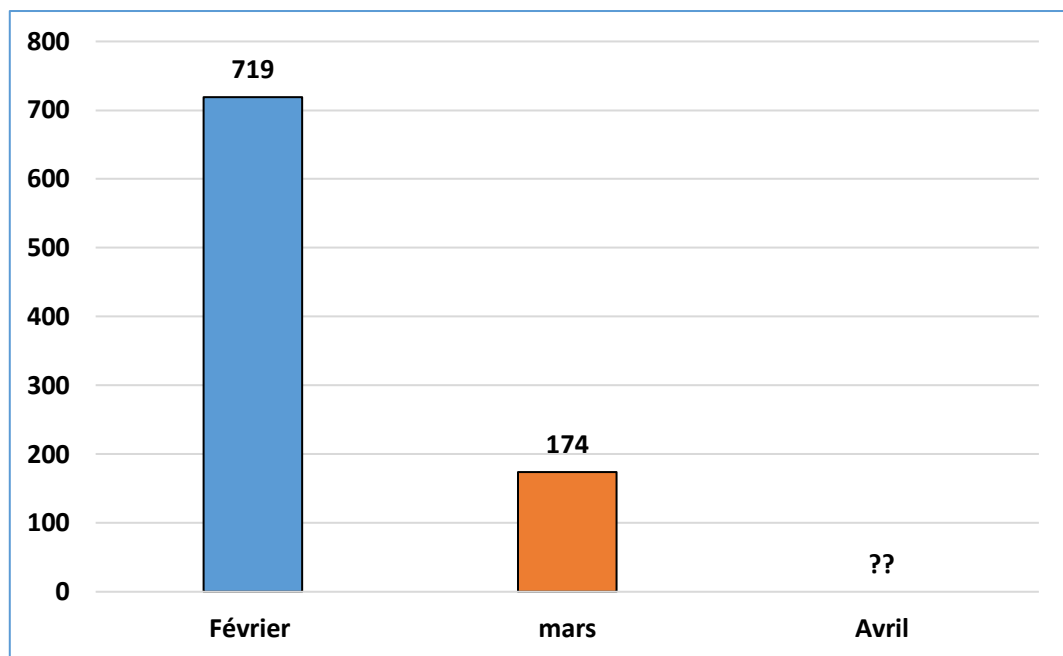
L'abondance des groupes des taxons fluctue suivant les stations d'Oued Hammam bradaa. la valeur la plus élevée en l'abondance faunistique (719) de station 03, a été enregistrée en mois de février, et la valeur la plus faible dans le mois de mars (174). cette fluctuation pourrait être en relation avec les actions anthropiques (cette région c'est l'embouchure des canaux d'égouts et des usines) (figure 36).

La figure 39 illustre la variation stationnaire de la densité des taxons récoltés durant notre période d'études de février 2023 jusqu'à mars 2023. Dans la station 01, par 33 individus, et 691 individus dans les deux mois de février et mars respectivement, Dans la station 02, par 16 individus, et 676 individus dans les deux mois de février et mars respectivement, et quant à la station 03, nous n'avons rien enregistré au cours des deux mois, car elle était fermée en raison de l'abreuvement des champs, et à cause de la sécheresse qui a été touchée la région.

La figure 38 représente histogramme qui exprime la répartition temporelle des stations d'oued zimba, en mois de février et mars, avons travaillé sur deux sorties au niveau de deux stations (01) et (02), mais dans le mois de avril ne pas travailler parce que nous l'avons trouvé sécher raison la sécheresse qui touché la région.

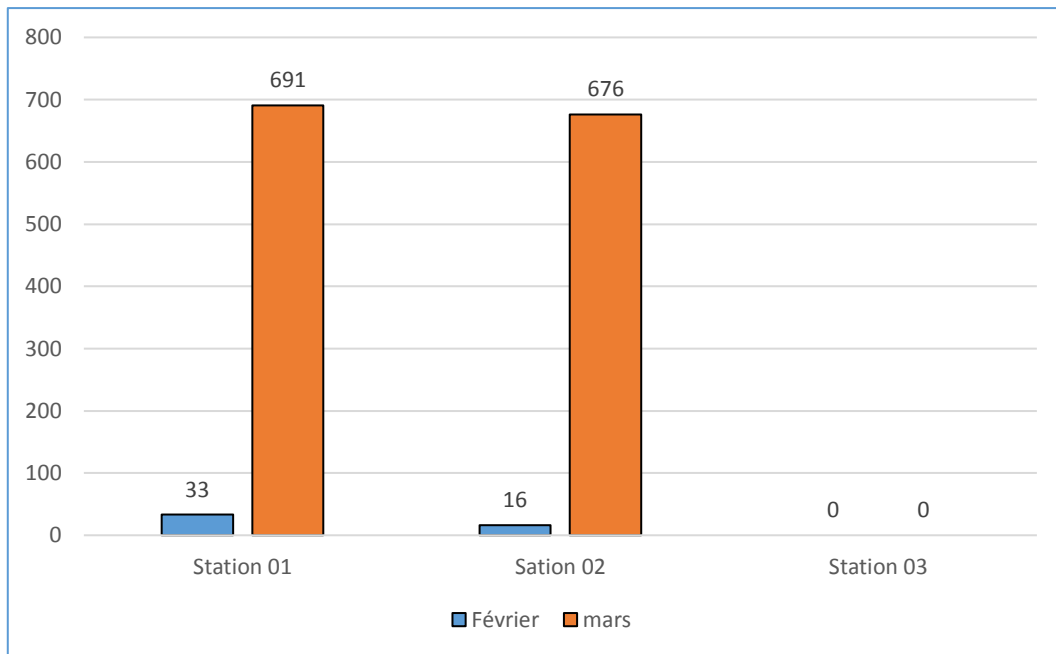


**Figure 35 :** Répartition des taxons faunistiques dans les stations 01 et 02 d’oued zimba

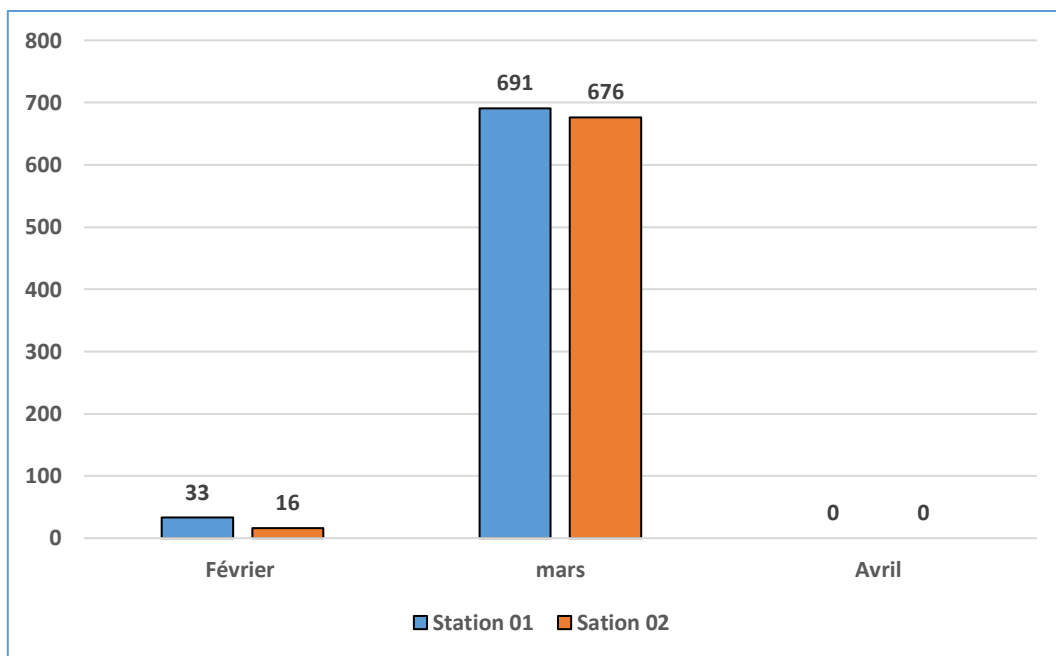


**Figure 36 :** Répartition des taxons faunistiques dans la station 03 d’oued hammam Bradda.





**Figure 37 :** Répartition mensuelle des taxons faunistiques d’Oued Zimba



**Figure 38 :** Répartition mensuelle des stations d’Oued Zimba.

## 2.3 L'abondance taxonomique de la faune benthique dans les stations

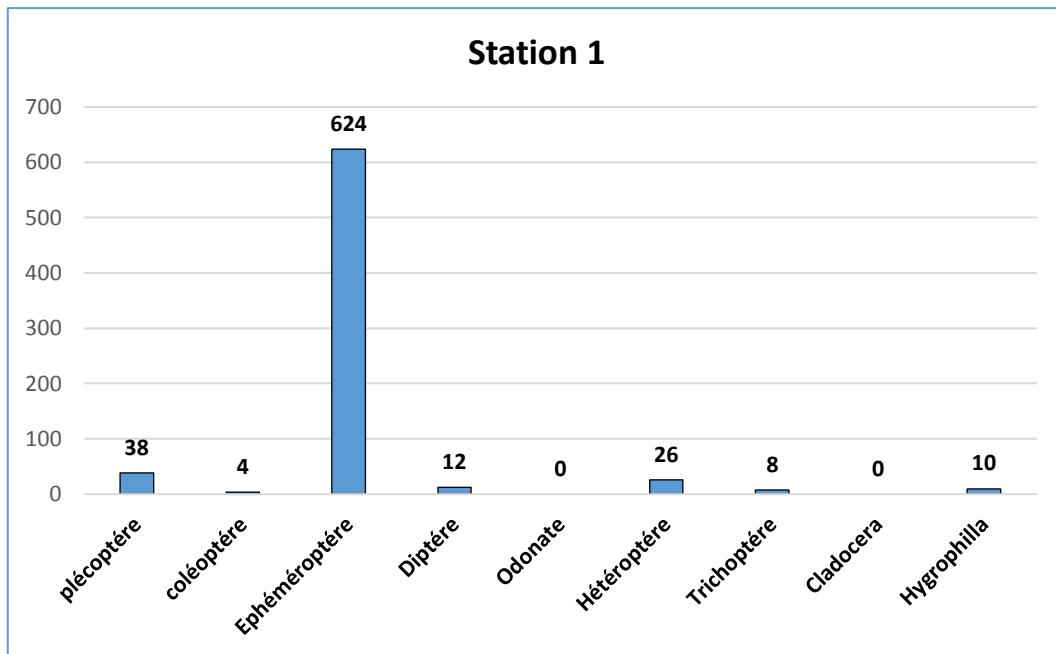
### 2.3.1 La Variations qualitative dans la station 01

La figure 39 illustre la variation stationnaire de la densité des taxons récoltés durant notre périodes d'études de février 2023 jusqu'à mars 2023, dans la station 1 et à partir de la figure 7 nous pouvons remarquer que le nombre le plus élevés des individus récoltés est chez le taxon des éphéméroptères avec un effectif de 624 individus, et moins effectifs chez les plécoptères avec 38 individus, et les hétéroptères avec 26 viennent ensuite les autres taxons avec une faible diversité (les diptères, les hygrophilla, les coléoptères, les annélides,) par de 04 à 12 individus pour chacun. Probablement suite par une absence totale des odonates et les cladocères.

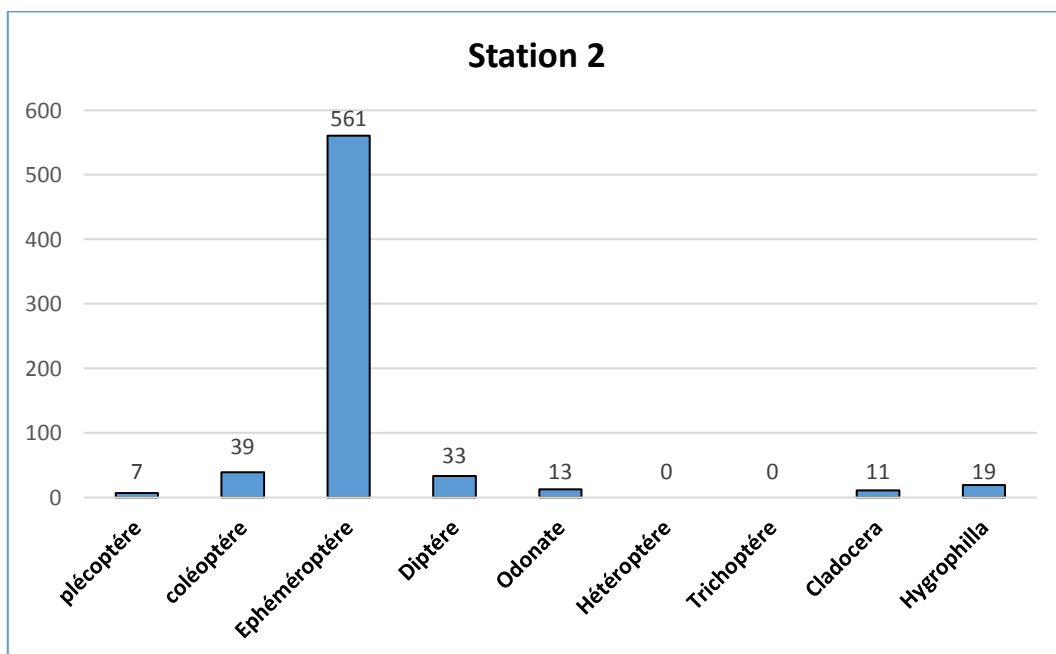
Nombreuses études réalisées sur les macroinvertébrés aquatiques, rapportent que les insectes sont les communautés les plus abondants dans cet endroit. Nos résultats confirment les résultats de ces prédécesseurs, qui montre que l'augmentation des éphéméroptères et des plécoptères, et les hétéroptères dans la station 01 met en évidence leurs importance dans les zones des hautes altitudes, là où l'habitat sont caractérisés par une température relativement faible, cette présence indique aussi que ces derniers sont des bons indicateurs de la qualité biologique des eaux, car sont très sensible aux perturbations d'habitas,

### 2.3.2 La Variations qualitative dans la station 02

La figure 40 montre la variabilité des taxons récoltés dans la station 02 tout au long notre période d'études, en effet, la prospection des groupes récoltés nous a permis de constater que le nombre d'effectif des éphéméroptères, récoltés est relativement élevés par rapport aux autres groupes de des taxons, il compte 561 individus, comme ce qui a été récoltés dans les études précédentes (haddada *et al*, 2021, bouzit *et al*, 2022). suivi dans la second position les coléoptère par 39 individus, les diptères par 33 individus, les hygrophilla 19 individus, les odonates 13 individus, les cladocera 11 individus, les plécoptères 7 individus, Probablement suite par une absence totale des hétéroptères, et les trichoptères.



**Figure 39 :** L'abondance des taxa faunistiques dans la station 01(oued zimba)



**Figure 40 :** l'abondance des taxa faunistique dans la station 02 (oued zimba)

### 2.3.3 La Variations qualitative dans la station 03

L'analyse de la distribution de la faune récoltés dans la station 03 durant 03 sorties implique que la diversité d'un taxon est variés a l'autre, on observe le nombre des diptères est le plus élevés comparant aux autres ordres, suivant par les coléoptères par un nombre de 43

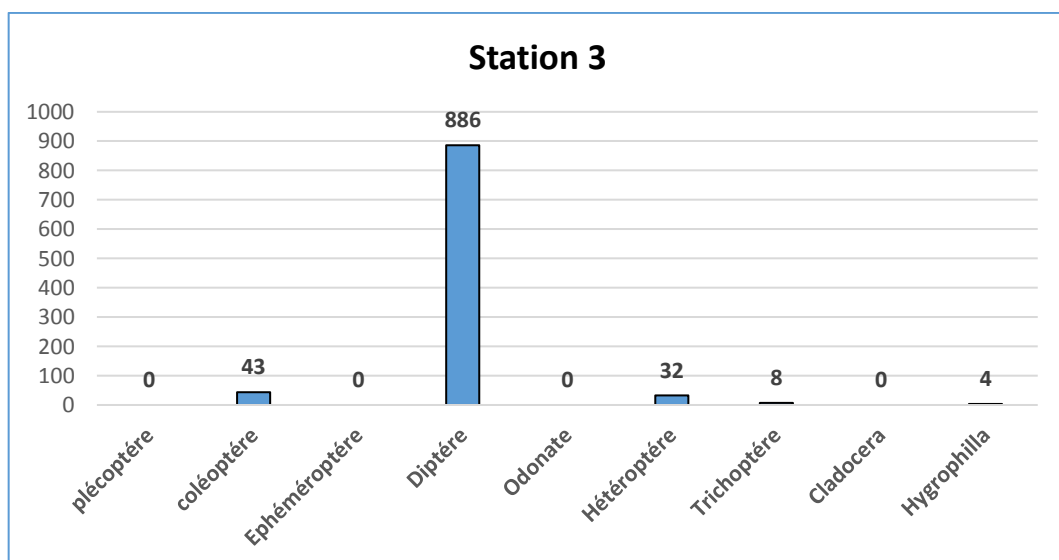
individus, trouve aussi les hétéroptères ,les trichoptères, et hygrophilla par 32 et 8 et 4 individus successivement, viennent ensuite une absence totale des odonates, des plécoptères,des éphéméroptères,des cladocera.ce qui indique qu'ils sont des groupes très sensible à la pollution.

Ces observations tendent à démontrer l'augmentation des diptères dans cette station, ceci peut s'explique par la présence de la station au niveau de l'accotement de route là ou l'habitat aquatique est dégradé, en plus de l'activité anthropique ce qui traduit par une accumulation des déchets domestiques et industrielles, sachant que le nombre des diptères augmenté avec l'augmentation de la pollution organique et le niveau d'acidification.

Les coléoptères ainsi que les amphibiens et les gastéropodes parmi les plus tolérants à la pollution du milieu dans cette station.

Ndakala *et al* (2015) et Ireng (2012) ont montré que l'abondance et la diversité des macroinvertébrés aquatiques sont fonction de leurs exigences et tolérances écophysologiques. On peut raisonnablement penser que les éphéméroptères qui préféré le milieu favorable, et parmi les plus sensible à aux paramètres physico-chimiques et la pollution du milieu qui traduisse leurs répartitions dans la 1<sup>eme</sup> la 2<sup>eme</sup> station (oued zimba), et son absence dans la 3<sup>eme</sup> Station (oued hammam bradaa).

Ces résultats sont dus au degré de pollution organique élevé dans station 03 l'oued Hammam Bradaa qui pourrait être favorable à la prolifération des invertébrés polluo-résistants nos résultats des familles de Diptères représentent dans la figure 41.



**Figure 41** : l'abondance des taxa faunistique dans la station 03 (hammam bradaa)

## 2.4 L'abondance relative familiale de la faune benthique

L'abondance des macroinvertébrés benthiques varie d'une station à l'autre. Plusieurs familles des macroinvertébrés benthiques sont dominantes et ceux-ci représentés sur la figure 42.

Les familles les plus dominantes les chironomidae par 892, leptophlebiidae par 618, et la famille baetidae par 562 individus (figure 42).

Cette richesse pourrait s'expliquer par le fait que le biotope de la station offre une grande variété de niches écologiques favorables à la prolifération de cette famille.

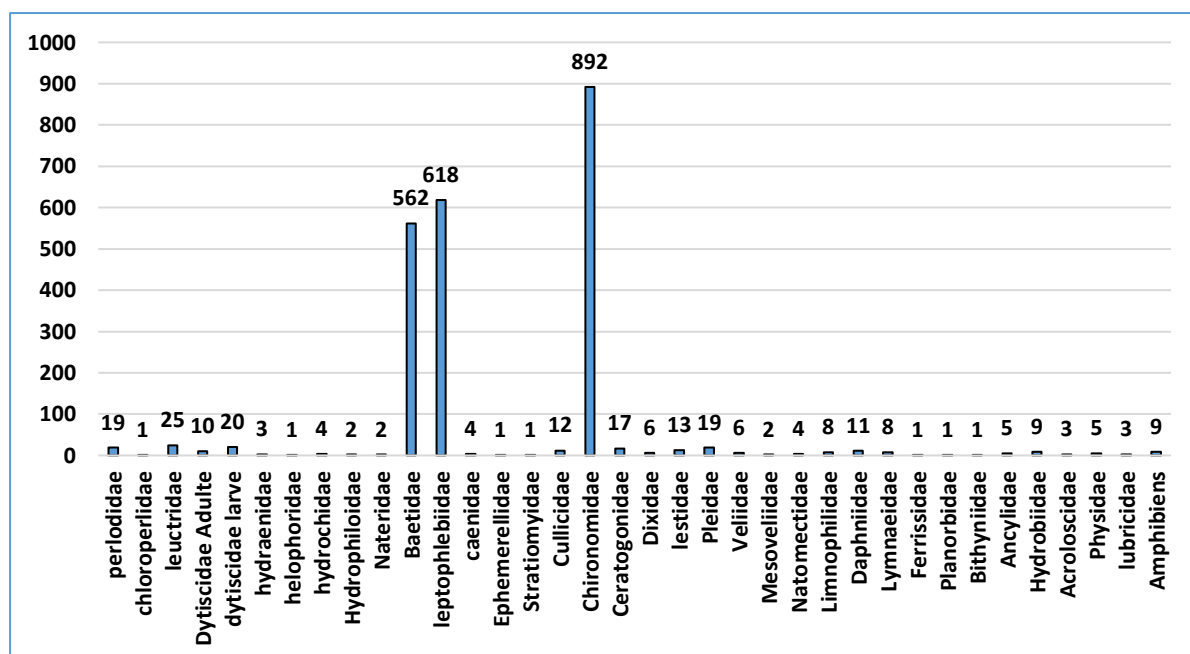


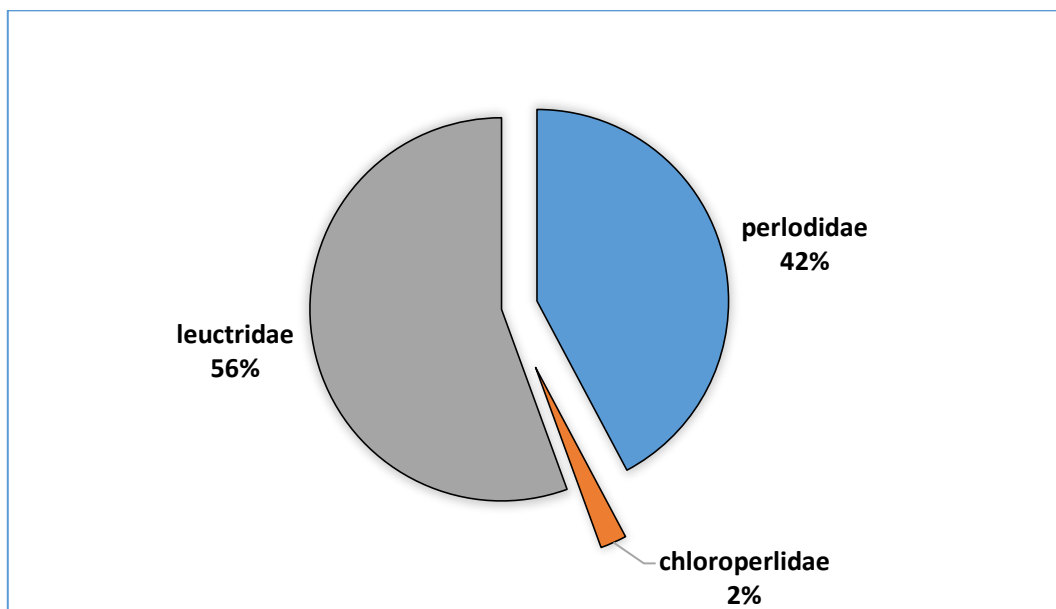
Figure 42 : Répartition globale des familles des macroinvertébrés

### 2.4.1 Les plécoptères

L'étude de cet ordre répartie en 2 familles : Leuctridae par un pourcentage de 56% indiquant que cette dernière est la plus abondante comparant par celle de Perlodidae qui figurée par un pourcentage de 42%, les chloroperlidae par 2% (figure 43). Indiquant qu'une famille leuctridea est la plus productive et tolérante aux facteurs environnementaux.

Dans l'étude menée par Samraoui *et al.* en 2021, il est probablement mentionné que la présence des plécoptères dans un écosystème aquatique est associée à une eau propre, bien oxygénée et de bonne qualité. Cependant, sans plus de détails sur l'étude spécifique, il est difficile de fournir des informations plus précises sur nos résultats.

En ce qui concerne par nos résultats sur les deux stations de l'Oued Zimba, il est indiqué que la présence de plécoptères était observée dans ces stations. De plus, il est mentionné que le taux d'oxygène dissous était bon, ce qui suggère une qualité d'eau adéquate pour la survie des plécoptères.



**Figure 43 :** L'abondance taxinomique des plécoptères

#### 2.4.2 Les éphéméroptères

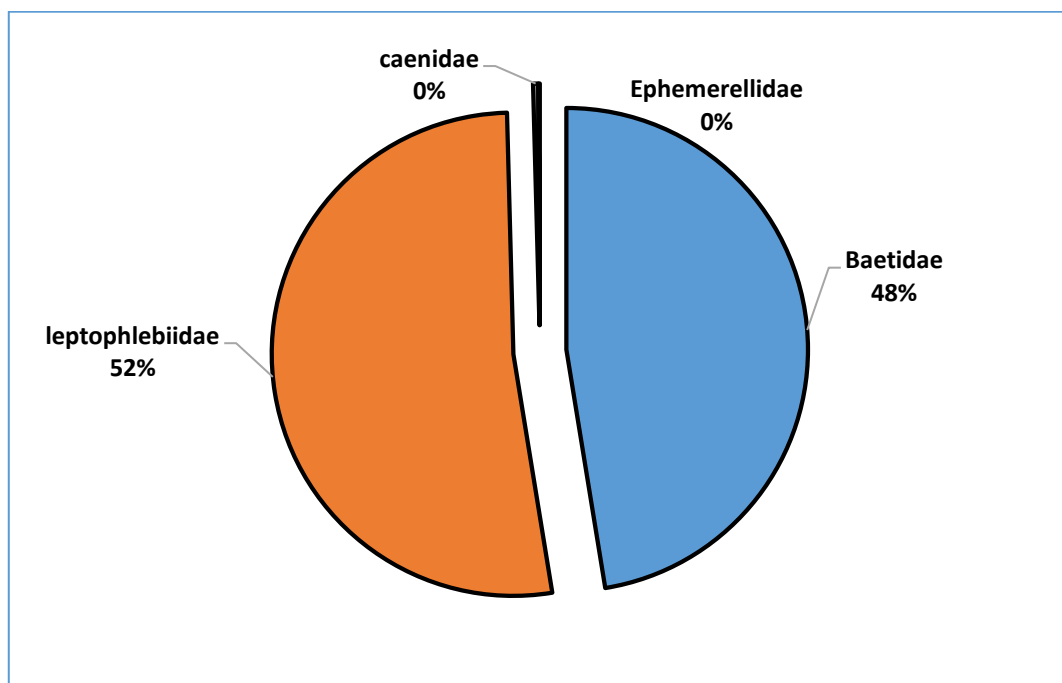
Dans l'ordre des éphéméroptères, notre statistique illustre que la famille de liptophlepidae est la plus abondante par un pourcentage de 52%, et les Baetidae 48% contrairement aux caenidaes et ephemerellidae qui sont représentés par une très faible abondance proche de 0% par ordre (figure 44).

Liptophlepidae elle était plus abondante forme indique que les espèces de cette famille peuvent habiter un large éventail d'habitats d'eau douce, On peut les trouver soit dans les lacs de hautes montagnes, La majorité préfèrent les eaux froides, Peuvent également tolérer des eaux chaudes (Townes et Peters, 1996).

Les Baetidae elle était abondante forme, on le trouve dans tous les types de rivières et de ruisseaux, tant en eaux courantes et eaux stagnantes « lacs et étangs » (Elliott *et al*, 1988). Ils préfèrent les substrats de galets, de gravier ou de sable (Oscoz, 2011).

La sensibilité des éphéméroptères à la pollution provient de leur besoin d'une eau propre et bien oxygénée. Les larves d'éphéméroptères sont principalement filtratrices, se nourrissant de particules organiques en suspension dans l'eau. Lorsque la qualité de l'eau se détériore en raison de la pollution, les niveaux d'oxygène diminuent et les concentrations de contaminants augmentent, ce qui peut nuire aux éphéméroptères et réduire leur population. (Samraoui *et al*, 2021 ; Yalles-Satha, 2022).

Il convient de noter que les éphéméroptères ne sont pas les seuls indicateurs utilisés pour évaluer la qualité de l'eau, mais leur sensibilité à la pollution et leur présence dans les écosystèmes aquatiques en font des indicateurs importants dans les études de surveillance de la qualité d'eau (Yalles-Satha, 2022).



**Figure 44 :** L'abondance taxinomique des éphéméroptères

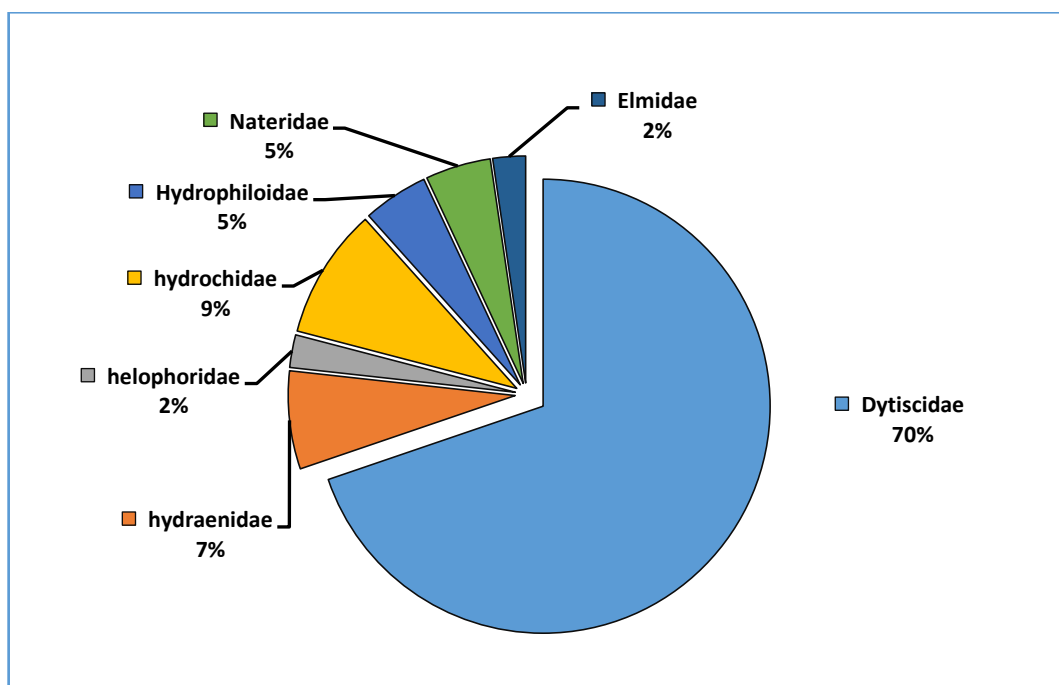
### 2.4.3 Les coléoptères

Les Dytiscidae sont la famille la plus abondante, représentant 70% de l'ensemble de l'ordre des coléoptères aquatiques étudié.

Les autres familles représentent des pourcentages plus petits, allant de 9% pour les Hydrochidae à 2% pour les Helophoridae et les Elmidae (figure 45).

Nos résultats indiquent que les coléoptères préfèrent les eaux stagnantes, en particulier dans la station 02 où leur abondance est considérable. Les coléoptères sont un groupe diversifié d'insectes qui peuvent être trouvés dans une grande variété d'habitats aquatiques, y compris les eaux stagnantes telles que les étangs, les marais et les flaques d'eau (Tachet *et al.*,1980). Ces habitats fournissent des conditions favorables pour les coléoptères, qui peuvent se nourrir des algues, des débris végétaux et d'autres organismes présents dans l'eau stagnante.

En effet, la richesse des coléoptères dans les stations pourrait s'expliquer par la grande variété de niches écologiques présentes dans leur biotope. Les coléoptères, sont l'un des groupes d'insectes les plus diversifiés et ils occupent une multitude d'habitats à travers le monde.



**Figure 45** L'abondance taxinomique des coléoptères

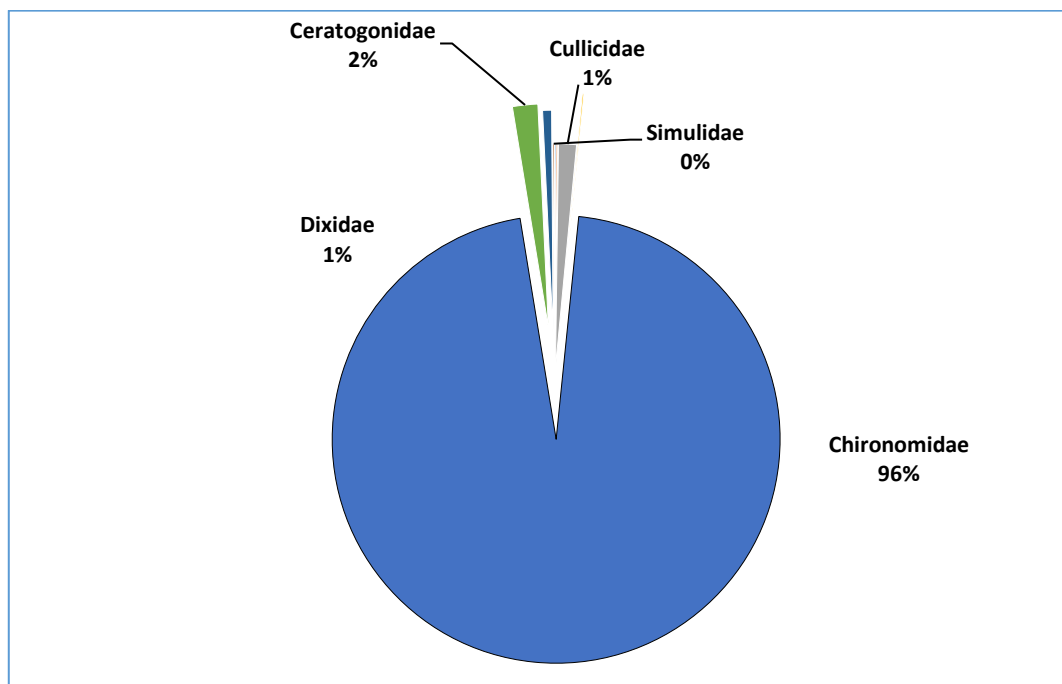


#### 2.4.4 Les diptères

Dans ce travail on a trouvé que les diptères sont le taxon le plus présent avec 8 familles, Chironomidae est la plus abondante par un pourcentage de 96%, tel que noté dans les études précédentes (Haddada et al, 2021), ceratogonidae, calliphoridae, statiomyidae, cullidae, psychodidae, dixidae, et simulidae qui sont représentés par une très faible abondance varie entre (1 et 17) (figure 46).

L'abondance des chironomidae dans la station 03 indique leur capacité à vivre dans des conditions environnementales spécifiques. Les chironomidae sont connus pour leur tolérance à des eaux peu oxygénées, une quantité élevée de polluants et des températures plus élevées. Si vous observez une abondance élevée de chironomidae en même temps qu'une absence de taxons sensibles à la pollution, cela suggère que la qualité de l'eau est mauvaise.

Les diptères constituent l'ordre le plus important après les coléoptères. Ils se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologiques et biogéographique (Tachet et al, 2010), selon Moubayed (1986), les éléments de ce groupe d'insecte possèdent non seulement une large distribution altitudinale, mais aussi une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués.



**Figure 46 :** L'abondance taxinomique des diptères

### 2.4.5 Les Hygrophilla (gastéropodes)

Huit familles ont été échantillonnées au niveau des trois stations à savoir les Hydrobiidae 28%, en deuxième position Lymnaeidae 24%, viennent ensuite Physidae, ancyliidae par 15% et les Acroloscidae par 9%, ferrissidae, planorbidae, bithyniidae par 3% (figure 47).

Les gastéropodes d'eau douce sont des indicateurs utiles de la qualité des eaux douces en raison de leur sensibilité aux changements environnementaux. Leur présence et leur comportement peuvent fournir des informations précieuses pour la surveillance et la gestion des écosystèmes aquatiques (Baie *et al*, 2020).

### 2.4.6 Les hétéroptères

Comptent aussi 6 familles : Pleidae est la plus abondante par un pourcentage de 59%, et veliidae, natometidae, mesovellidae, hydrometridae, napidae de 1% à 19% (figure 48).

Les Pleidae vivent de préférence dans des zones lenticues avec beaucoup de macrophytes, comme des lacs, des étangs, des marais ou des terres humides, Elles ne sont pas trop fréquentes dans les rivières, bien qu'elles puissent apparaître dans des mares ou des tronçons inférieurs de rivières à bonne végétation émergente (Annani, 2012)

D'après Poisson (1957), les Hétéroptères aquatiques se rencontrent pratiquement en toute saison. Ils peuplent divers biotopes des milieux aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières. Ils s'observent aussi sur les rives des cours d'eau. De façon générale, ils sont sensibles à la pollution (Moisan, 2010).

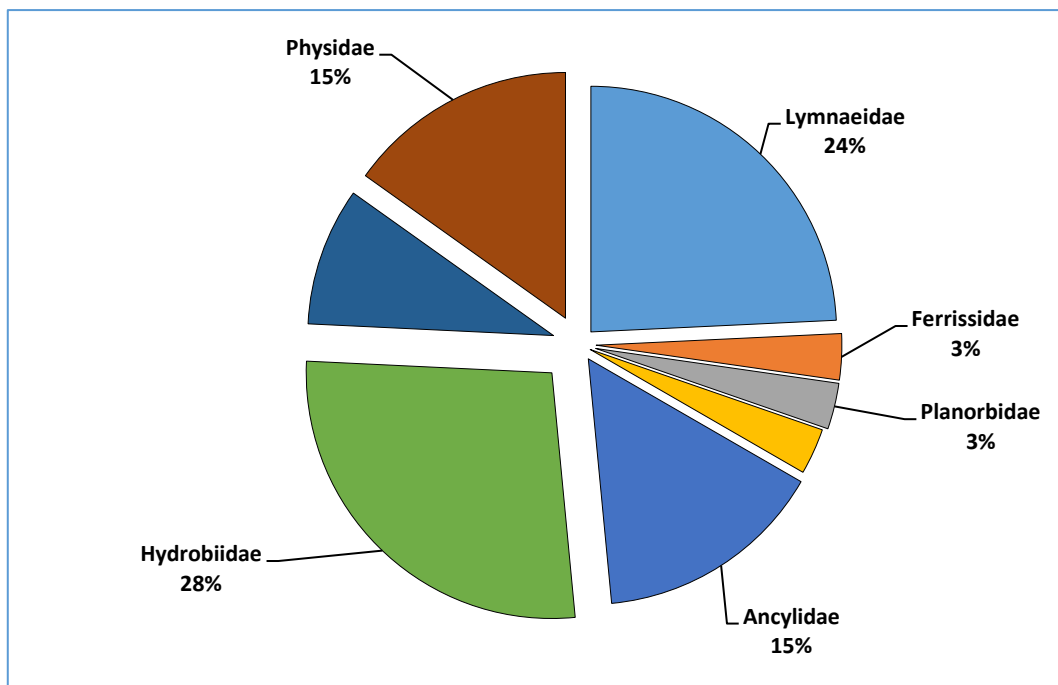


Figure 47 : L'abondance taxinomique des hygrophilla

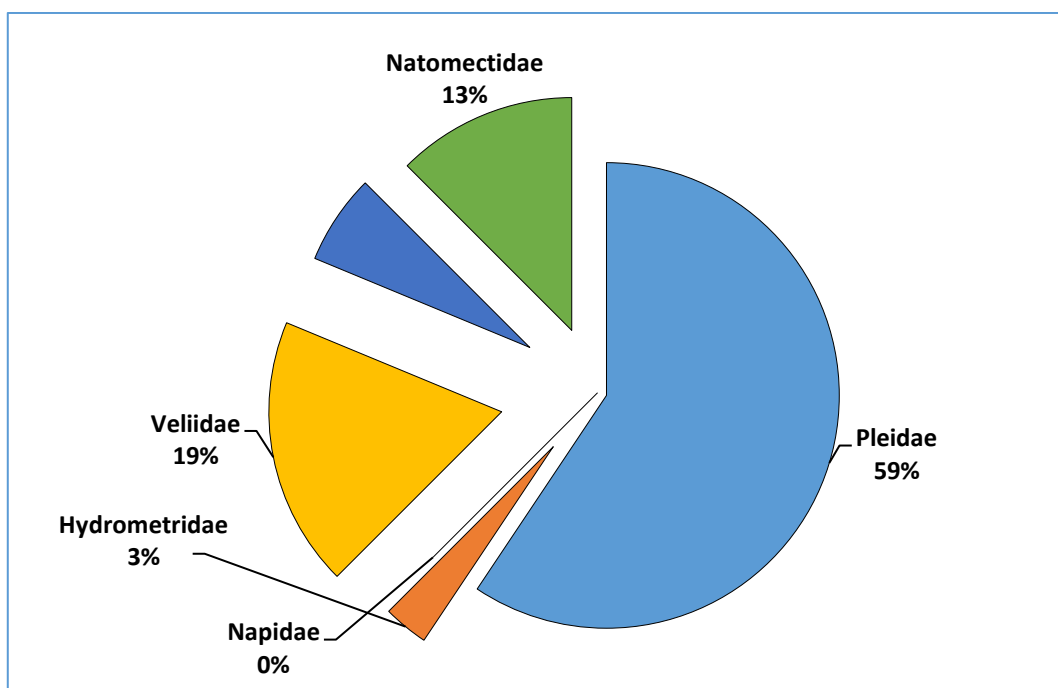
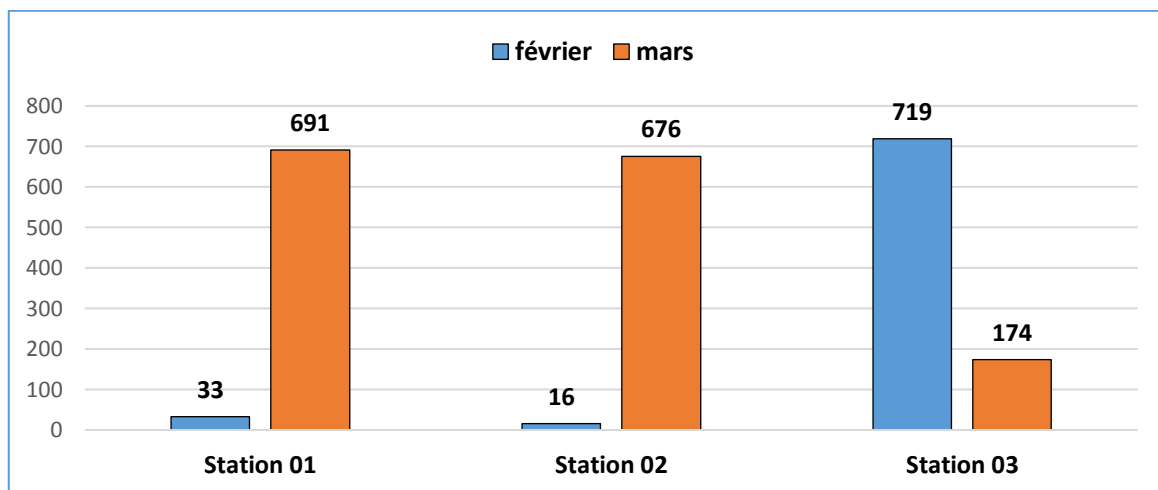


Figure 48 : L'abondance taxinomique des hétéroptères

## 2.5 L'abondance totale mensuel par station

Au cours de notre étude, 2312 individus ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées, le nombre de taxons varie d'une station à une autre, la station 01 et 02 contiennent une plus densité de 691, et 676 taxons au mois de mars, la station 03 contient une plus densité de 719 taxons au mois de février (figure 49).



**Figure 49 :** Variation mensuelle de l'abondance par station

## 3 Indices de structure

### 3.1 Richesse taxonomique

La richesse est le nombre (ou une fonction croissante du nombre) de classes différentes présentes dans le système étudié, Les échantillonnages effectués au niveau du Oued Zimba, et Hammam Bradaa au cours de la période de février 2023 jusqu'à mars 2023, nous ont permis de recenser 2312 individus appartenant à 59 familles. Le nombre de familles varie d'une station à une autre, La station 02 renferme la totalité des familles trouvées avec (30 taxons) alors que les stations 01 et 03 englobent respectivement 19 et 10 familles (Figure 50).

La richesse relative enregistrée dans les trois stations est justifiée par un milieu favorable à l'installation d'une faune riche et assez diversifiée.

L'évolution de la richesse taxonomique (Figure 51) montre une variabilité spatio-temporelle entre les stations.

Où nous avons remarqué que la station 01 et station02 d'Oued Zimba sont les plus riches surtout dans mois de mars, et la station 03 d'oued Hammam Bradaa sont le plus faible dans les deux mois (figure 51).

Cette variabilité pourrait être liée, d'une part à la température qui constitue un facteur limitant de développement d'un certain nombre taxonomique et d'autre part par l'impact anthropique (pâturage, bétail, pompage, rejets domestiques, etc.) plus ou moins marquée dans ces stations.

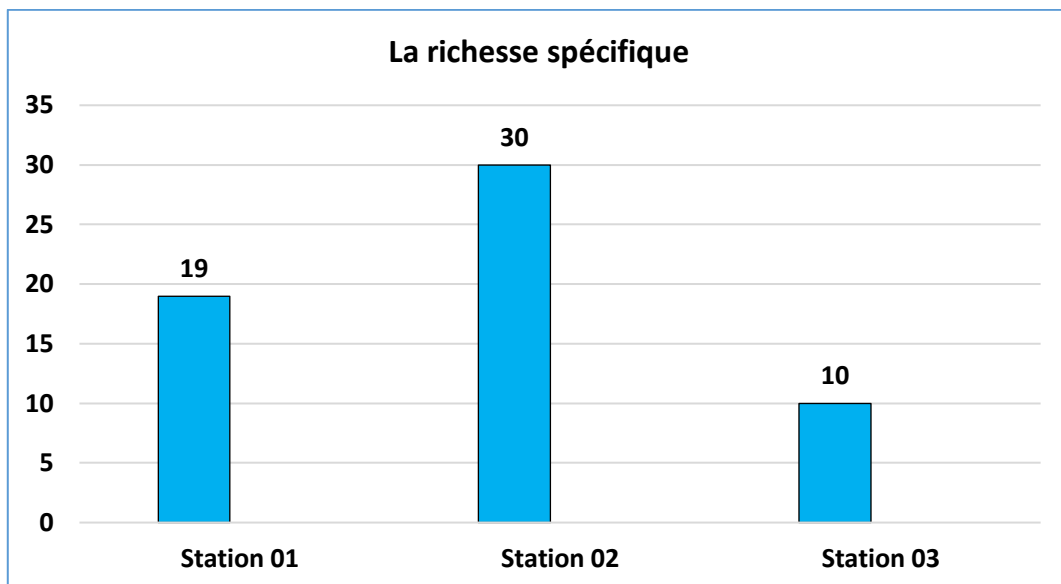


Figure 50 : La richesse spécifique générale des stations

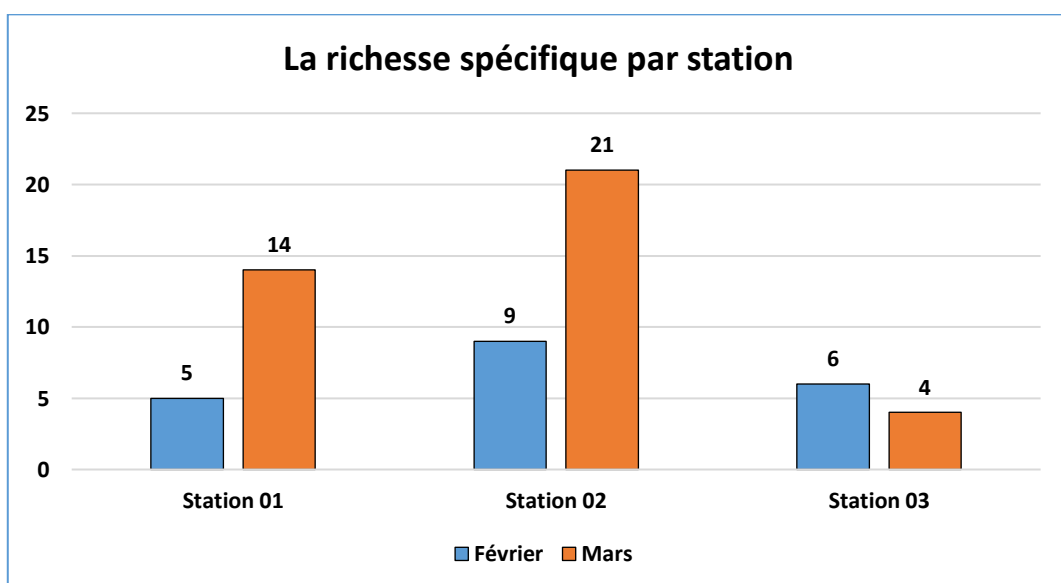


Figure 51 : Variations mensuelles de la richesse spécifique par station

### 3.2 L'indice de Shannon et d'équitabilité

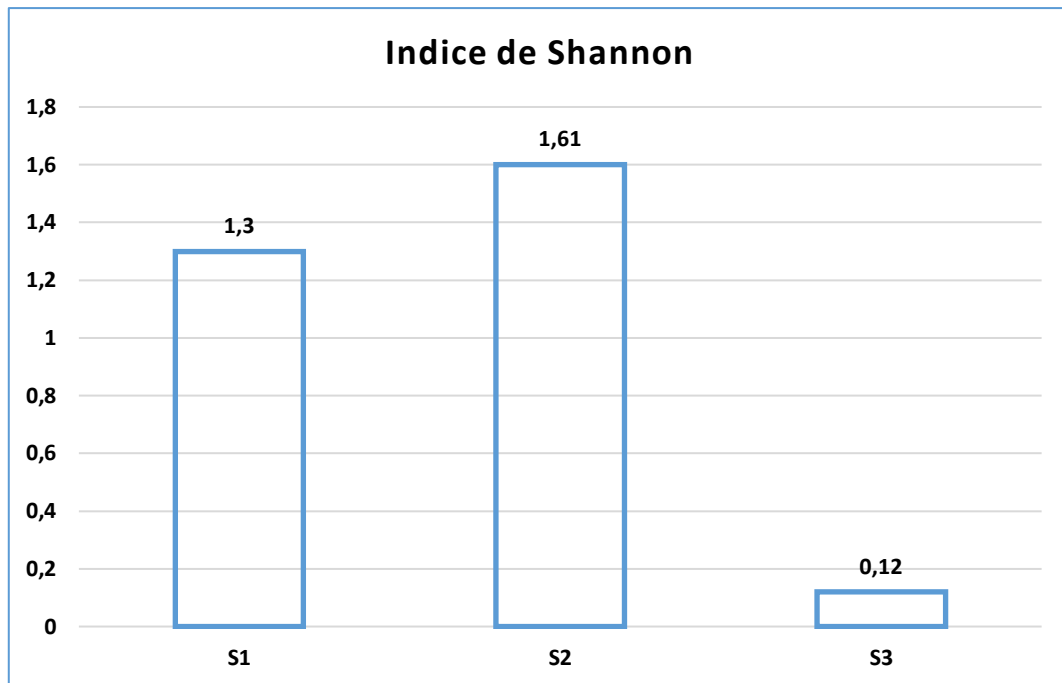
L'indice de Shannon « H' » aussi appelé indice de Shannon-Weaver ou Shannon – Wiener, est dérivé de la théorie de l'information (Marcon et Morneau) cet indice est actuellement considéré comme le meilleur moyen pour traduire la diversité (Blondel et al. 1973 in Arifi, 2020). Pour quantifier simultanément la richesse taxonomique d'une communauté on utilise fréquemment des indices dont l'indice de Shannon est le plus utilisé (Barbault, 2000).

Indice d'équitabilité « E » La régularité de la distribution des espèces, est un élément important de la diversité. (Eric, 2015). D'où un indice d'Equitabilité (E) compris entre 0 et 1. Dans la nature, cet indice est communément de l'ordre de 0,8 ou 0,9. (Sueur, J. *et al.* 2008).

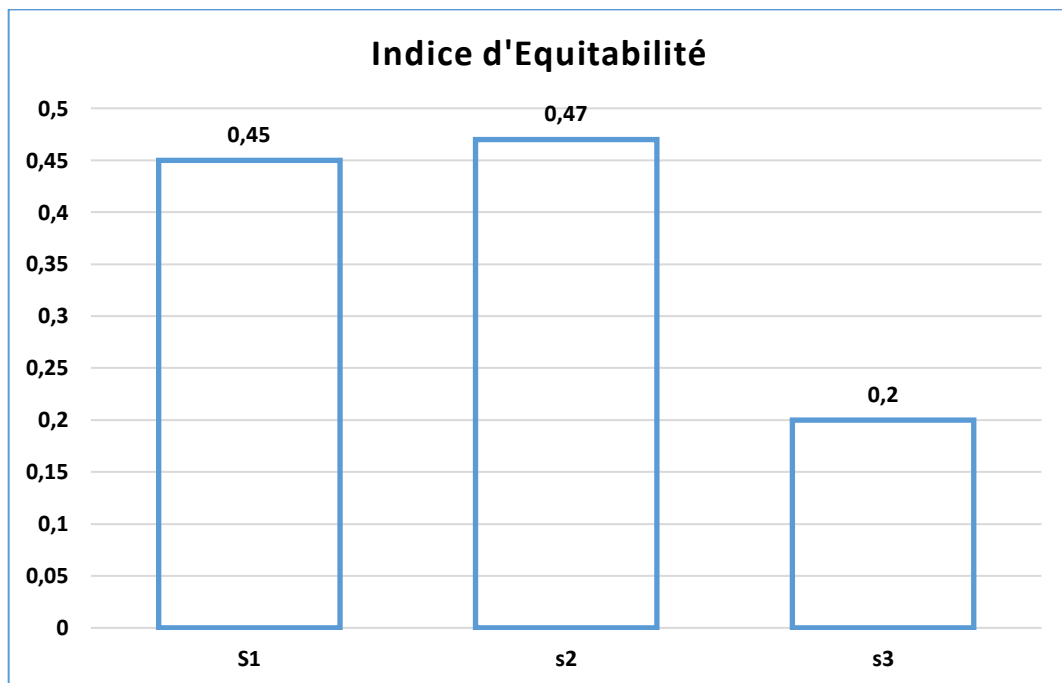
Dans cette étude, les profils de variation de la diversité H' (indice de diversité de Shannon) et de l'équitabilité E présentent des similitudes entre les stations 01 et 02 de l'oued Zimba. Les valeurs de H' oscillent entre 1,3 (maximum à la station 01) et 1,61 (maximum à la station 02) dans l'oued Zimba, tandis qu'un minimum de 0,12 est observé à la station 03 de l'oued Hammam Bradaa (figure 52).

Les stations 01 et 02 d'Oued Zimba présentent une évolution spatiale similaire en termes de diversité et d'équitabilité. Les valeurs les plus élevées de diversité sont enregistrées dans ces deux stations, avec une diversité allant de 1,3 à 1,61. Cela représente une augmentation par rapport aux études précédentes menées par Haddada *et al* en 2021. En revanche, la station 03 d'Oued Hammam Bradaa présente les valeurs de diversité les plus faibles parmi les stations étudiées. Ces informations sont illustrées dans la figure 52.

Dans les stations mentionnées, il existe une bonne équipartition des individus avec des valeurs d'équitabilité de 0.2 et 0.45 respectivement, ce qui indique une répartition inégale et équilibrée des individus. La grande diversité des habitats a favorisé le développement d'une communauté riche en taxon, avec des effectifs relativement comparables entre les différentes espèces la figure 53.



**Figure 52 :** Variations spatiale de l'indice de Shannon



**Figure 53 :** Variations spatiale de l'indice d'équitabilité

### 3.3 Indice de Jaccard

Définit la similitude comme étant l'importance de remplacement des espèces ou les changements biotiques à travers les gradients environnementaux. Il permet une comparaison entre deux sites, car il évalue la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé [3].

Il a pour formule :

$$I = Nc / (N1 + N2 - Nc)$$

Où :

- **Nc** est le nombre de taxons communs aux stations **1** et **2**.
- **N1** et **N2** sont le nombre de taxons présents respectivement aux stations **1** et **2**.

Cet indice I varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives. Si l'indice I augmente, un nombre important d'espèces se rencontre dans les deux habitats évoquant ainsi que la biodiversité inter habitats est faible (conditions environnementales similaires entre les habitats). Dans le cas contraire, si l'indice diminue, seul un faible nombre d'espèces est présent sur les deux habitats. Ainsi, les espèces pour les deux habitats comparés sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un turn-over des espèces importantes.

#### 3.3.1 La similitude entre station 01 et 02 d'oued zimba

Le tableau 6 indique une diminution de 0,2 de l'indice, ce qui suggère une légère considération de la biodiversité entre les habitats en raison des conditions environnementales différentes. Les conditions environnementales telles que la température, l'oxygène, la végétation et en particulier la vitesse de l'eau semblent jouer un rôle important. Dans ce cas, l'écoulement de l'eau a été bloqué par les riverains pour créer des retenues d'irrigation.

**Tableau 6** : La similitude entre les stations d'oued zimba

	Nombre des taxons
<b>N1</b> (Station1)	17
<b>N2</b> (Station2)	31
<b>NC</b>	8
<b>I</b>	<b>0,2</b>



### 3.3.2 La similitude entre les stations oued zimba et oued hammam bradaa

Dans le tableau 7, il est noté que l'indice diminue de 0,1, ce qui signifie qu'il y a une baisse de la diversité des espèces entre les deux habitats comparés. Cela indique que les conditions environnementales différentes des deux habitats entraînent un important renouvellement des espèces. La différence observée peut être attribuée aux conditions environnementales, ainsi qu'à l'activité humaine dans la région de Hammam Bradaa, qui est décrite comme l'embouchure des canaux d'égouts et des usines.

**Tableau 7 :** La similitude entre les stations d'oued zimba et hammam bradaa

	Nombre des taxons
N1 (oued zimba)	40
N2 (hammam bradaa)	7
NC	6
<b>I</b>	<b>0,1</b>

# Conclusion

Dans notre travail qui était axée sur l'inventaire préliminaire des macroinvertébrés aquatique, a duré du février 2023 à mars 2023 au niveau les trois stations d'étude oued zimba (S1), et (S2), et oued Hammam Bradaa (S3). Ont permis de recenser un total de 2312 individus répartis en 4 groupes zoologiques, Arthropodes(44%), mollusque(32%), Amphibiens(18%), Annélides(6%) et 40 familles Ils sont récoltés dans 3 stations.

Les groupes les mieux représentés sont les Hydrophilla (gastéropodes), et les diptères (8 famille), les hétéroptères, et les coléoptères Ils comptent chacun 7 familles. Viennent ensuite les éphéméroptères (4 familles), les plécoptères (3famille), et les odonates, les oligochètes, les cladocères (crustacé), les trichoptères par une famille de chacune.

La richesse taxonomique des stations prospectées montre que les stations (S1, S2) d'Oued Zimba présente une richesse spécifique la plus élevée avec 21 taxons dans la station 01, et 9 taxons dans la station 2. Quant à la richesse la plus faible, elle est notée au niveau de la station S3 d'oued hammam zimba avec 9 taxons. Les indices révèlent aussi un point très important qui est la détérioration de la qualité des eaux étudiées à la station 03 qui est la station la plus polluée.

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indications sur la qualité de l'eau, comparaison des moyennes au niveau de trois stations étudiées a montré que la température, l'oxygène et le pH sont favorables à la survie des espèces et sa diversité, et un variation dans l'un d'eux entre les stations, la valeur plus élevée de la température, et le pH ,et la valeur la plus faible de l'oxygène ,au niveau de station 03 (Hammam Bradaa),et les valeurs de l'oxygène la plus forte, et la température, le pH la plus faible dans la station 01, et 02 (d'oued zimba) .

Cette variation peut être due à cause de l'accumulation de la matière organique, les rejets urbaine, et les usine de cette région.

# Référence Bibliographique

## Références bibliographiques

- A. B. H. Agence des Bassins Hydrographiques-Constantinois – Seybouse – Mellegue, 1999. Cahiers de l'Agence (Ministère de l'Aménagement du Territoire).
- Abdelheq, Z., & Eddine, B. S. (2013). Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau de l'Oued-Zimba (Guelma).
- Angelier, E., 2000. Ecologie des eaux courantes. Technique et documentation. Paris 199 p.
- Angelier, J., Lee, JC, Hu, JC et Chu, HT (2003). Déformation tridimensionnelle le long de la trace de rupture du séisme du 21 septembre 1999 à Taïwan : une étude de cas à l'école de Kuangfu. *Tourillon de géologie structurale*, 25 (3), 351-370.
- Annani, F., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. (2012). Aquatic Hemiptera of northeastern Algeria: distribution, phenology and conservation. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 67(4), 423-435.
- ANONYME 1998. La lutte contre le criquet pèlerin en Afrique. Bulletin de la Pesticide.Action Network UK., pp.4
- Arifi, I. (2020). Contribution à l'étude des plantes spontanées dans les oasis de Biskra (cas de la région de Ain ben Noui, Biskra).
- Ayral, H., 1966. Collection d'enseignement Agricole .Zoologie Agricole. Volume 2 ,J.,B ., Bailliere et fils. Paris.
- Barbault R., 2000. Ecologie générale - Structure et fonctionnement de la biosphère. Dunod, Paris.
- Barbour M T et Gerritsen J, 1996. "Subsampling of benthic samples: A defense of fixed-count method", *Journal of the North American Benthological Society*, no 3, p. 386-391
- Bouaicha, F., & Dib, H. (2018). le géothermalisme de la région de Guelma (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
- Bouchelaghem, 2008. caractérisation du peuplement odonatologique du bassin versant des oueds : cherf-seybouse-mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma. 144p.
- Bouhala, Z., Márquez-Rodríguez, J., Chakri, K., Samraoui, F., El-Serehy, HA, Ferreras-Romero, M., & Samraoui, B. (2020). L'histoire de la vie de l'endémique ibéro-maghrébin *Oligoneuriopsis skhounate* Dakki et Guidicelli (Ephemeroptera : Oligoneuriidae). *Limnologica* , 81 , 125761.

- Castany. G, et Margot. T., (1977). Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière. 249 p.
- Dahel Zanat. A.T., (2009). Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*. Université badjimokhtar, Annaba. Thèse de magister p: 17.
- Dajoz, R., 1985. Précis d'écologie. 5<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris. 517 p.
- Dajoz, R., 2006. Précis d'écologie. Dunod, Paris. 631 p.
- Dajoz-R. (2000). Précis d'écologie : Cours Et Exercices Résolus. 7<sup>ème</sup> édition. Paris : Dunod
- Debeiche T-H., (2002). Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat. Université de Constantine.
- Dhiya-eddin, H., & Souadkia Marwa, Z. A. (2021). la contribution a l'étude des macro-invertébrés dans un écosystème lotique dans la région de Guelma oued zimba.
- Elafri A., 2009. Contribution à l'étude de la pollution des eaux du bassin de la Seybouse cas des rejets industriels de l'unité du marbre et des carrelages (suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma 124 p.
- El-Islem, B. M. S., & Ghomrani Fateh, K. R. (2022). Contribution à l'étude de la structure de l'entomofaune et la qualité physico-chimique dans un écosystème aquatique (Oued zimba).
- Elliott, JM, Humpesch, UH et Macan, TT (1988). *Les larves des éphéméroptères britanniques : une clé aux notes écologiques* (n° 49). Association biologique d'eau douce.
- Eric M ., 2015-Mesures de la Biodiversité. Ed : UMR Ecologie des forêts de Guyane, 186p.
- Four B. 2017. Effet des étangs de barrage à vocation piscicole sur le fonctionnement écologique des cours d'eau de tête de bassin dans des contextes environnementaux différents. Thèse doctorat. Discipline : Ecotoxicologie, Biodiversité, Ecosystèmes. Université de Lorraine. p 207.

- HAOUCHINE, SABRINA 2011. Recherches sur la faune et l'écologie des macros invertébrés des cours d'eau de Kabylie (magister, Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou).
- Huguette, T., 2006. Adoption du ruisseau plein champ par les étudiants de Sciences de la nature. Document du Département de Biologie et révisé par le Réseau des cégeps riverains complices en environnement de l'organisme Union Saint-Laurent Grands Lacs (USGL). paris
- Hocine,S et Hamouda, S.(2016).Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de surface de l'oued seybouse.
- Larousse., 1973. La grande encyclopédie. Volume 07.librairie larousse. Paris. 4033 p
- Lavandier, P. Dynamique des populations larvaires et régime alimentaire de *Rhyacophila îristis* Pictet (Trichoptera: Rhyacophilidae) dans un ruisseau de haute montagne.
- Lounaci, A.2011 Congrès annuel de la SZF, Parc Phoenix, Nice, 13-16 septembre 2011.
- Mammeri, I., & Zougache, F. R. (2015). Etude des communautés de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de l'oued Nil (Jijel) (Doctoral dissertation).
- Meddour-R. (2010) : Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- Moisan J. et Pelletier L, 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2008. 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., 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 82 p.
- Moisan,J., Gagnon,E . , Laporte, Y., Baillargeon, J .P ., Pelletier, L. Piedboeuf .,Ed Hendrycks, Johanne ,R . ,cloutier,L. ,Deschamps ,D. , Génier, 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, 2008. 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

- Mostarih R. (2006) : Elaboration de phases hydroxydes doubles lamellaires intercalant des anions sulfate : Etude de leur évolution structurale thermique et hygrométrique. Thèse de Doctorat, Université de Blaise Pascal, France. 168p.
- Mouassa S., (2006). Impact du périmètre d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale de Guelma et sur les sols. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, 158p. Annaba. Algérie.
- Moubayed, Z. 1986. Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban : l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Paul Sabatier, Toulouse, 496p.
- Musy, A., & Higy C, 2004. Hydrologie : une science de la nature. Presses Polytechniques et Universitaires romandes. Italie. 314 p.
- Narsis , S., 2008. Contribution à l'étude des de la pollution de Oued Seybouse : suivi physico-chimique des eaux de la séquence finale. diplôme d'ingénieur d'état. Université Badji Mokhtar Annaba. 60 p.
- Pinay G , Gascuel C , Ménesguen A , Souchon Y , Moal M.L , Levain A , Étrillard C , Moatar F , Pannard A et Souchu P . 2018. L'eutrophisation. Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. [éd] Quæ . France .p .176
- Poisson, R. 1957. Hémiptères aquatiques. Faune de France. 61 : 1-263.
- Robier, J., 1996. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 8ème édition, Dunod, Paris. 363 p.
- Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J, Chambon. P, Champsaur. H, et Rodil., (1996). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer .8ème Edition Dunod, Paris .1383p
- Roux. D., (1987). Office International de L'eau : L'analyse biologique de l'eau. TEC et • DOC. Paris. 229 p
- Saidi Housseyn, B. H. (2016). Contribution à l'étude des macros invertébrées de l'oued Zimba.
- Samraoui ,B., de Bélair, G3,.1998. Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestions. synthèse N : 04
- Samraoui, B., & G. de. Bélair, 1997. The Guerbes- Senhadja wetlands (N.E. Algeria). Part I : an overview. Ecology 28: 233-250.



- Samraoui, B., Bouhala, Z., Chakri, K., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., El-Serehy, H. A., ... & Gattolliat, J. L. (2021). Environmental determinants of mayfly assemblages in the Seybouse River, north-eastern Algeria (Insecta: Ephemeroptera). *Biologia*, 76, 2277-2289.
- Samraoui, B., Bouhala, Z., Chakri, K., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., El-Serehy, H. A., & Gattolliat, J. L. (2021). Environmental determinants of mayfly assemblages in the Seybouse River, north-eastern Algeria (Insecta: Ephemeroptera). *Biologia*, 76, 2277-2289.
- Satha-Yalles A., (2008). Caractérisation du peuplement Odontologie des bassins versants de Bouhamdène et Seybouse. Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. 113 p
- 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.
- Soumia, D. J. A. M. A. I. (2020). Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala–Wilaya El-Tarf).
- Sueur, J., Pavoine S., Hamerlynck O., Duvail S., 2008. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PloS One*. 2008;3(12):e4065. Epub 2008 Dec 30.
- Tachet H, Richoux P, Bournaud M et Usseglio-Polatera P, 2006. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS 2e Editions, Paris.
- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, Ph., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique) Association française de limnologie : 150p.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2000). Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie. *Écologie*, 15.
- Tahar, M. E. T. I. D. J. I., & Khebala Abderrahmen, S. S. (2022). Contribution à l'étude de la pédofaune de la région de Guelma cas Mahouna.
- Tamanini, F. (1979, January). A numerical model for the prediction of radiation-controlled turbulent wall fires. In Symposium (International) on Combustion (Vol. 17, No. 1, pp. 1075-1085). Elsevier.
- Touzin, D., & Roy, M. (2008). Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. *Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval. Quebec, Canada. 40p.*

- Touzin, D., 2008, Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. Université Laval. Canada
- Towns, D.R. & Peters, W.L. (1996). Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera). Fauna of New Zealand, 36: 144 p.
- Woodcock, T.S. & Huryn, A.D. (2007). The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. Freshwater biology, 52 : pp 177- 196.
- Yalles-Satha, A., Alami, M. E., Kechemir, L. H., Desvillettes, C., & Chenchouni, H. (2022). Diversity, phenology and distribution of mayfly larvae (Ephemeroptera) along an altitudinal gradient in two permanent Wadis of Algeria. Oriental Insects, 56(1), 14-46.
- Zeddouri. A., (2003). Contribution à L'étude Hydrogéologique Et Hydro-chimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation), Guelma, NE Algérien. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 107 p.

### **Liste web**

1. [www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal/44-situation-geographique](http://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal/44-situation-geographique). Consulté le 12/03/2023.
2. <https://www.infoclimat.fr/stations-meteo/climato-globale-comparaison-annees.php?staid=60403> Consulté le 19/04/2023.
3. <https://www.bonobosworld.org/fr/glossaire/indice-de-similarite-de-jaccard> Consulté le 20/05/2023.
4. <https://www.crackandroid.fr/forums/topic/maps-me-offline-maps-gps-nav> Consulté le 29/04/2023.
5. <https://www.google.fr/earth/> Consulté le 15/04/2023.