

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 قالمة
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** : Sciences biologiques
- **Spécialité/Option** : Microbiologie Appliquée
- **Département** : Écologie et Génie de l'Environnement

Thème :

**Contribution à l'étude de la structure de
l'entomofaune et la qualité physico-chimique dans
un écosystème aquatique (Oued zimba)**

Présenté par :

- BOUZIT Mohammed Seif El-islem
- GHOMRANI Fateh
- KEBIECHE Rayene

Devant le jury composé de :

- | | | | |
|---------------|-------------------|-----|----------------------|
| ▪ Président : | HADDIDI Imane | MAB | Université de Guelma |
| ▪ Examineur : | ROUBI Abdelhakim | MCA | Université de Guelma |
| ▪ Encadreur : | ATHAMNIA Mohammed | MCB | Université de Guelma |

Juin 2022

Remerciements

Avant tous, nous remercions le bon Dieu, grand miséricordieux de nous avoir donné la patience, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

A celui qui nous a orienté, aidé et encouragé tout le temps pour la réalisation de ce travail Mr. ATHAMNIA Mohammed, nous lui remercions vivement et qu'il veuille trouver ici l'expression du profond respect et de Gratitude.

Nous tenons à remercier Mme. HADIDI, Docteur à l'université de 08 Mai 1945 Guelma, de nous avoir accordé l'honneur de présider le jury.

Nos gratitude vont également à Mr. ROUIBI, Docteur à l'université de 08 Mai 1945 Guelma, pour avoir accepté de faire partie de ce jury et d'examiner ce modeste travail.

Nous aimerons aussi gratifier les efforts de Hiba de nous avoir donné de son temps afin de nous aider.

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements à la technicienne du laboratoire Bahia.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

A mes chers parents ma mère et mon père pour leur amour, leur patience, pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie. Je les remercie, de m'avoir fait confiance et de m'avoir soutenu car sans eux je n'aurais jamais pu faire, et surtout grâce à eux je suis ce que je suis.

A mes deux sœurs Wided et Amel.

A Mon Frère Housseem, Akram et mon neveu Kinane.

A Rania, Ines, Yasmine, Maroua.

A tata Samia et toute la famille KEBIECHE.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Rayene

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents à qui je dois tous,

*Je les Remercier à leurs encouragements, leur confiance,
aides et les sacrifices Qu'ils ont faits pour moi,*

*À ma famille qui m'a soutenue le long de cette belle
expérience,*

A mon petit frère,

*A mes amis et mes camarades de Biologie
A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que
ce projet soit possible, je vous dis Merci.*

Fateh

Dédicace

A mes parents qui m'ont soutenue dans les moments de doute, qui m'ont rassurée dans les moments difficiles, et qui m'ont appris à ne rien lâcher. J'espère que vous êtes fiers de moi.

A ma cousine Hiba.

A mes collègues : Rayene et Fateh ce fut un plaisir de vous rencontrer et de travailler avec vous.

Mohamed Seif El-islem

Résumé

Ce travail est une contribution à l'étude de la structure de l'entomofaune et la détermination de la qualité physicochimique des eaux d'oued zimba. C'est pourquoi nous avons évalué, au cours de la période d'étude qui s'étale de février à mai, l'abondance et la richesse spécifique de la zone d'étude, la diversité de macroinvertébrés en utilisant des indicateurs environnementaux. Cela nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 1759 individus répartis en 35 taxons dans 03 stations différentes.

Mots clés : Macroinvertébrés benthiques, diversité, Oued zimba, Bassin versant, analyse physicochimique, indice de Shannon-Weaver, richesse spécifique.

ملخص

يساهم هذا العمل في دراسة التركيب المجتمعي للحشرات وتحديد الجودة الفيزيائية الكيميائية لمياه واد زيمبا. لهذا السبب، خلال فترة الدراسة من فيفري إلى ماي، قمنا بتقييم وفرة وثرء منطقة الدراسة وتنوع اللاقاريات الكبيرة باستخدام المؤشرات البيئية. سمح لنا ذلك بتحديد منضومة حشريه تتكون من 1759 فردا. موزعين على 35 صنفاً في كل من المحطات الثلاث اين قمنا بدراستنا.

الكلمات المفتاحية : اللاقاريات، التنوع البيولوجي، واد زيمبا، التحليل الفيزيائي و الكيميائي، مؤشر شانون- ويفر، الغنى النوعي.

Abstract

This research contributes to the study of the structure of the entomofaune and the determination of the physico-chemical quality of the waters of the oued zimba. Therefore, over the study period from February to May, we evaluated the abundance and specific richness of the study area and the diversity of macroinvertebrates using environmental indicators. This enabled us to identify a faunistic stand made up of 1759 individuals in 35 taxa at 03 different stations.

Keywords : Benthic macroinvertebrates, diversity, Oued zimba, physicochemical analysis, Shannon-Weaver index, specific richness.

Liste de figure

Figure 01	Carte de la situation géographique de Guelma	01
Figure 02	Le bassin versant de la Seybouse	03
Figure 03	Températures moyennes à Guelma 2016 – 2021	04
Figure 04	Précipitations à Guelma 2016 – 2021	05
Figure 05	Vitesse moyenne du vent, région de Guelma (2014 - 2022)	06
Figure 06	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la ville de Guelma (2002-2018)	08
Figure 07	Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002/2018)	08
Figure 08	Localisation des stations	10
Figure 09	Vue générale de la station 01, Oued Zimba	11
Figure 10	Vue générale de la 2ème station, Oued Zimba	11
Figure 11	Vue générale de la station troisième station, Oued Zimba	11
Figure 12	Larve d'Éphéméroptères a : vue latérale, b : vue dorsale, c : tête	15
Figure 13	Stade larvaire des Plécoptères	17
Figure 14	Odonate en stade larvaire, vu dorsale	19
Figure 15	Différence entre Zygoptère (a) et Anisoptère (b)	19
Figure 16	Adulte et larve Coléoptère	21
Figure 17	Trichoptère larve, nymphe, étui	23
Figure 18	Diptères en stade larvaire et nymphe	25
Figure 19	Caractéristiques d'un adulte hémiptère	26
Figure 20	Coquilles Gastéropodes ; a : Ancyliidae ; b : Lymnaeidae ; c : Physidae	27
Figure 21	Vers annélides (a : Oligochète, b: Achète sangsue)	28
Figure 22	Loupe binoculaire	31
Figure 23	Boîtes, flacons de conservation	31
Figure 24	Appareil multiparamètre	31

Figure 25	Pinces	31
Figure 26	Gps	31
Figure 27	Pinceaux	31
Figure 28	Boites de Petri	32
Figure 29	Filet troubleau	32
Figure 30	Guide d'identification	32
Figure 31	Image qui explique la disposition du filet troubleau et délimitation du coup de filet	33
Figure 32	Etapas de récolte	34
Figure 33	Variation spatio-temporelle de la température de l'eau de chaque station	39
Figure 34	Variation spatio-temporelle de pH	40
Figure 35	Changement spatio-temporelle de la valeur de conductivité	41
Figure 36	Changement spatio-temporelle des valeurs de la salinité	41
Figure 37	Changement du pourcentage d'oxygène dissous dans les stations étudiées	42
Figure 38	Vitesse du courant d'eau dans les 3 stations d'Oued Zimba en m/s	43
Figure 39	Pourcentage de l'abondance de chaque famille des macroinvertébrés	45
Figure 40	Distribution faunistique des macroinvertébrés dans chaque station en %.	46
Figure 41	Fluctuation spatio-temporelle de l'abondance par stations	46
Figure 42	Abondance des macroinvertébrés en février	47
Figure 43	Abondance des macroinvertébrés en mars	47
Figure 44	Abondance des macroinvertébrés en avril	48
Figure 45	Richesse spécifique de chaque station	49
Figure 46	Fluctuation spatio-temporelle de la richesse spécifique par station	49
Figure 47	Variation spatio-temporelle de l'indice de Shannon	51
Figure 48	Variation spatio-temporelle de l'indice d'équitabilité	51

Liste des tableaux

Tableau 01	Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2016 – 2021)	04
Tableau 02	Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2016 – 2021)	05
Tableau 03	Humidité relative (HR%) enregistrée dans la station météorologique de Guelma dans la période d'étude (2019-2020)	06
Tableau 04	Moyenne mensuelle et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station de Guelma	06
Tableau 05	Familles des Ephemeroptères	15
Tableau 06	Familles et superfamilles des Plécoptères	16
Tableau 07	Classification des odonates (Ordre, Sous-ordres, Famille)	18
Tableau 08	Sous-ordres, principaux caractères distinctifs et familles des Coléoptères	21
Tableau 09	Familles des Trichoptères	22
Tableau 10	Familles des Diptères	24
Tableau 11	Infra-ordres et familles des Hémiptères	26
Tableau 12	Check-list des taxons faunistique trouvés	44

Table des matières

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

Chapitre I : Description du site d'étude

1.	Aperçu général sur la zone d'étude	1
1.1.	Description de la région étudiée	1
1.2.	Situation géographique	2
1.3.	Situation hydrographique	2
2.	Climatologie de la région d'étude	2
2.1.	Température	4
2.2.	Précipitation	4
2.3.	Humidité	5
2.4.	Vents	6
2.5.	Diagramme Ombrothermique	7
2.6.	Climagramme d'Emberger	7
3.	Localisation et description de la zone étudiée	9

Chapitre II : Synthèse bibliographique

2.	Généralités	12
2.1.	Zones humides	12
1.1.	Cours d'eau et bassins versants	12
1.2.	Importance de l'eau dans la vie biologique	12
1.3.	Bio indication	13
2.	Macro invertébrés benthiques et leur rôle biologique	13
2.1.	Présentation et classification des groupes faunistiques	14
2.1.1.	Éphéméroptères	14
1.1.1.	Plécoptères	16
1.1.2.	Odonates	17

1.1.3.	Coléoptères	20
1.1.4.	Trichoptères	22
1.1.5.	Diptères	23
1.1.6.	Hémiptères	25
1.1.7.	Gastéropodes	26
1.1.8.	Annélides	27

Chapitre III : Matériel et méthodes

3	Matériels et Méthodes	29
3.1	Choix des sites	29
3.2	Matériel du terrain	29
3.3	Matériel de laboratoire	30
3.4	Méthode du travail	32
3.4.1	Échantillonnage en plein champ	32
3.4.2	Au laboratoire	34
3.4.3	Caractéristiques physico-chimiques	35
3.4.3.1	Température	35
3.4.3.2	Potentiel Hydrogène	35
3.4.3.3	Oxygène dissous	35
3.4.3.4	Salinité	36
3.4.3.5	Conductivité	36
3.4.3.6	Vitesse de l'eau	36
3.4.4	Analyse des données	37
3.4.4.1	Organisation des peuplements	37
3.4.4.2	Structure d'un peuplement	37
3.4.4.2.1	Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963) (H')	38
3.4.4.2.2	Équitabilité	38
3.4.4.2.3	Avantages des indices	38
3.4.4.2.4	Richesse Spécifique	38

Chapitre IV : Résultats et discussion

4	Résultats et discussion	39
4.1	Variation des facteurs abiotique	39
4.1.1	Température de l'eau	39
4.1.2	pH	40

4.1.3	Conductivité	40
4.1.4	Salinité.....	41
4.1.5	Oxygène dissous.....	42
4.1.6	Vitesse du courant	42
4.2	Analyse de la faune benthique	43
4.2.1	Abondance de la faune benthique	43
4.2.2	Distribution de macroinvertébrés dans chaque station.....	46
4.2.3	Abondance des taxons de macros invertébrées en fonction du temps.....	47
4.2.4	Richesse spécifique	48
4.2.5	Indice de Shannon et d'équitabilité.....	50
Conclusion.....		52
Références bibliographiques		53

Introduction

Introduction

Les besoins en eau, élément principal pour la survie de tous les êtres vivants, augmentent progressivement (**Raad, 2010 in Nehme, 2014**). 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 (**Chafaa, 2019 in Haddada et al., 2021**).

Pour préserver des écosystèmes aquatiques, le contrôle permanent de leur qualité d'eau, diversité des organismes qui y vivent et qualité de leurs habitats) est un élément crucial. Jusqu'à tout récemment, la plupart des méthodes de suivi de l'état de santé des écosystèmes aquatiques étaient basées uniquement sur l'utilisation de mesures physico-chimiques telles que la mesure de la concentration en polluants des cours d'eau. Un tel suivi donne simplement des informations sur la qualité de l'eau et ne permet pas donc de mesurer la capacité de l'écosystème à se maintenir en équilibre fonctionnel. Ainsi mis à part les polluants, les dégradations des habitats aquatiques et riverains ne sont pas détectées. Les indicateurs biologiques ont un plus grand pouvoir d'intégration de l'information mais ne peuvent totalement remplacer les indicateurs physico-chimiques. En effet, l'état biologique et écologique des communautés résidentes d'un écosystème est le reflet de l'ensemble des caractéristiques (chimiques, physiques et biologiques) du milieu (**Gnohossou, 2006 in Meziane, 2009**).

Les organismes macrobenthiques sont très utilisés de nos jours comme bioindicateurs pour leurs capacités à refléter les différentes perturbations des écosystèmes aquatiques (**Adandedjan et al., 2013**). Ce sont de bons indicateurs en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur diversité, de leur sensibilité à travers la qualité de l'eau et du substrat et de leur situation à plusieurs niveaux trophiques (**Jean et al, 2007 in Meziane, 2009**).

L'étude de la faune des macroinvertébrés benthique des fleuves d'Algérie a été entreprise au cours des dernières décennies afin de réaliser un inventaire aussi complet que possible et connaître la systématique, l'écologie et la biogéographie (**Haouchine, 2011**).

Le but de ce travail est d'étudier les paramètres physicochimiques, la biodiversité et la répartition spatio-temporelle des macroinvertébrés benthiques d'Oued zimba. Cela nous facilite l'évaluation de la qualité de son eau et les changements qui y arrivent.

Cette étude est présentée en quatre chapitres :

- Le premier est un aperçu général sur la région étudiée.
- Le deuxième aborde l'écologie des cours d'eau et la biologie des macros invertébrés.
- Dans le troisième chapitre nous exposons les méthodes et matériels utilisés.
- Le dernier présente les résultats qu'on a eu durant cette étude et les discussions.

Chapitres I

Description du site d'étude

1. Aperçu général sur la zone d'étude

1.1. Description de la région étudiée

La wilaya de Guelma est située au Nord-Est Algérien et du point de vue géographique, elle constitue un point de rencontre et d'échanges (Annaba et Skikda du Nord, Tébessa et Oum El-bouaghi du sud) outre la proximité du territoire Tunisien à l'Est (Figure 1). Elle est à 290m d'altitude, s'étend de 39° au 40° de latitude N et du 5° au 6° de longitude E.

La région se caractérise également par une importante couverture forestière au nord et à l'est, tandis que le sud souffre de dégradations répétées que l'absence de couverture forestière est assurée malgré le caractère montagneux de cette sous-région. C'est donc une grande vulnérabilité (érosion).

Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara) en donnant la forme d'une cuvette et c'est pour cela qu'on l'appelle La ville assiette. La zone bénéficie d'une grande fertilité, notamment grâce aux oueds et aux grands barrages qui assurent une irrigation importante [1].

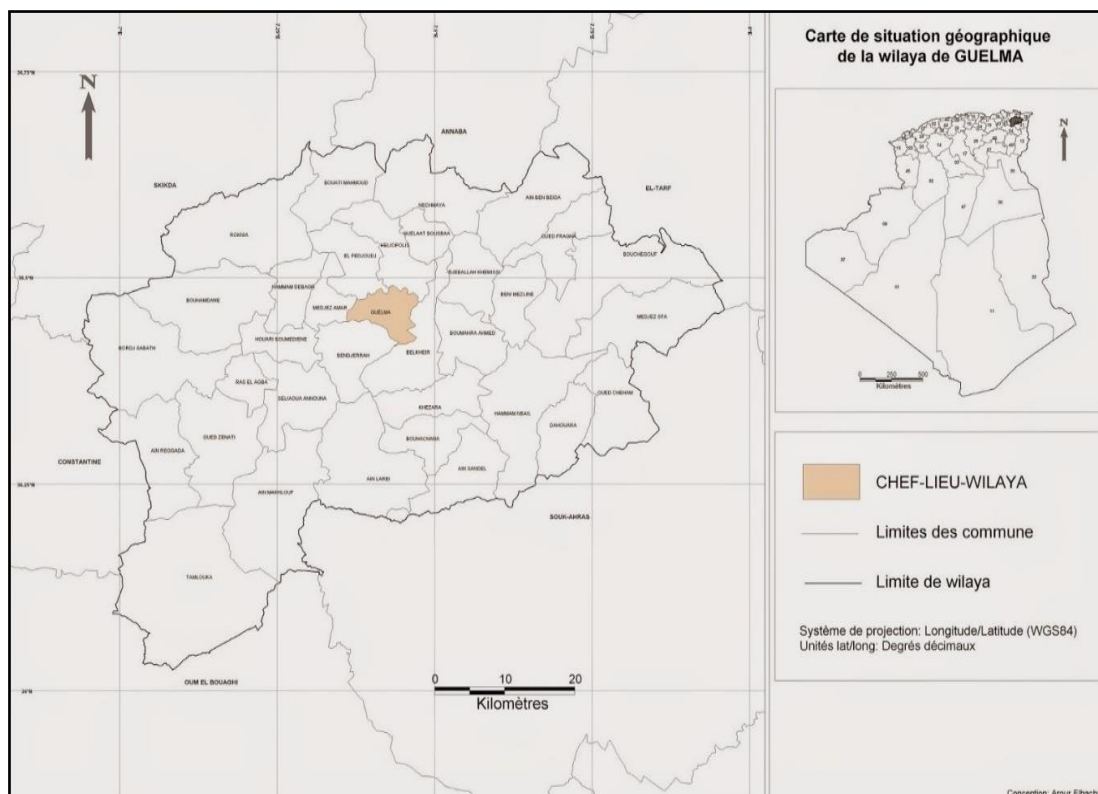


Figure 1 : Carte de la situation géographique de Guelma [2].

1.2. Situation géographique

Le bassin de la Seybouse (Figure 1 et 2) occupe une superficie de 6570 km². Il prend naissance dans les hautes plaines de l'Atlas Tellien et s'étend jusqu'à son embouchure, qui se trouve à Sidi Salem (36°52'3.21"N, 7°46'25.49"E) près de la ville d'Annaba. Il est généralement divisé en 6 sous-bassins. Ses principaux tributaires cours d'eau sont l'oued Cheref et l'oued Bouhamdane, qui se rejoignent à Medjez Amar (36°26'35.82"N, 7°18'39.36"E) pour former la Seybouse. Ce bassin est caractérisé par une saison pluvieuse allant d'octobre à mai et une saison sèche qui s'étend de juin à septembre. Les précipitations varient de 350 mm/an en amont à 608 mm/an en aval (**Samraoui et al., 2011**).

1.3. Situation hydrographique

Le bassin de la Seybouse dispose d'une longueur de plus de 225 km. Les 42 oueds font plus de 10 km de long, mais les plus importants sont :

- **Oued Seybouse** : Il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre Oued Cheref et Oued Bouhamdane). Il traverse la plaine Guelma - Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord.

- **Oued Bouhamdane** : Prend sa source dans la Commune de Bouhamdane à l'Ouest de la Wilaya avec une longueur de 37,49 Km. Son apport est de 96 millions m³ /an à la station de Medjez Amar II.

- **Oued Mellah** : Provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m³ /an à la station de Bouchegouf.

- **Oued Cheref** : Prend sa source au Sud de la Wilaya (88,61 Km) et son apport est estimé à 107 millions m³ /an à la station de Medjez Amar I (**Soualmia et Kebabsa, 2013**).

2. Climatologie de la région d'étude

Le climat est certainement un facteur du milieu très important. Il y a une influence directe sur la faune (**Touati, 2008**).

De part sa latitude, le bassin de la Seybouse se trouve dans la zone subtropicale et soumis aux influences des climats sahariens, méditerranéens et aux descentes polaires.

- **Sahariens** : car elles se manifestent par les hautes pressions tropicales (Anticyclone saharien), par le Sirocco (Chehili) qui souffle en été, c'est un vent chaud et sec qui est redouté par les agriculteurs il est synonyme de sécheresse.
- **Méditerranéens** : pour le régime des pluies en hiver et la sécheresse estivale.
- **Polaires** : des masses d'air froides en provenance de Sibérie ou du pôle viennent lécher la partie Nord du Maghreb en hiver. (Bouchelaghem, 2008).

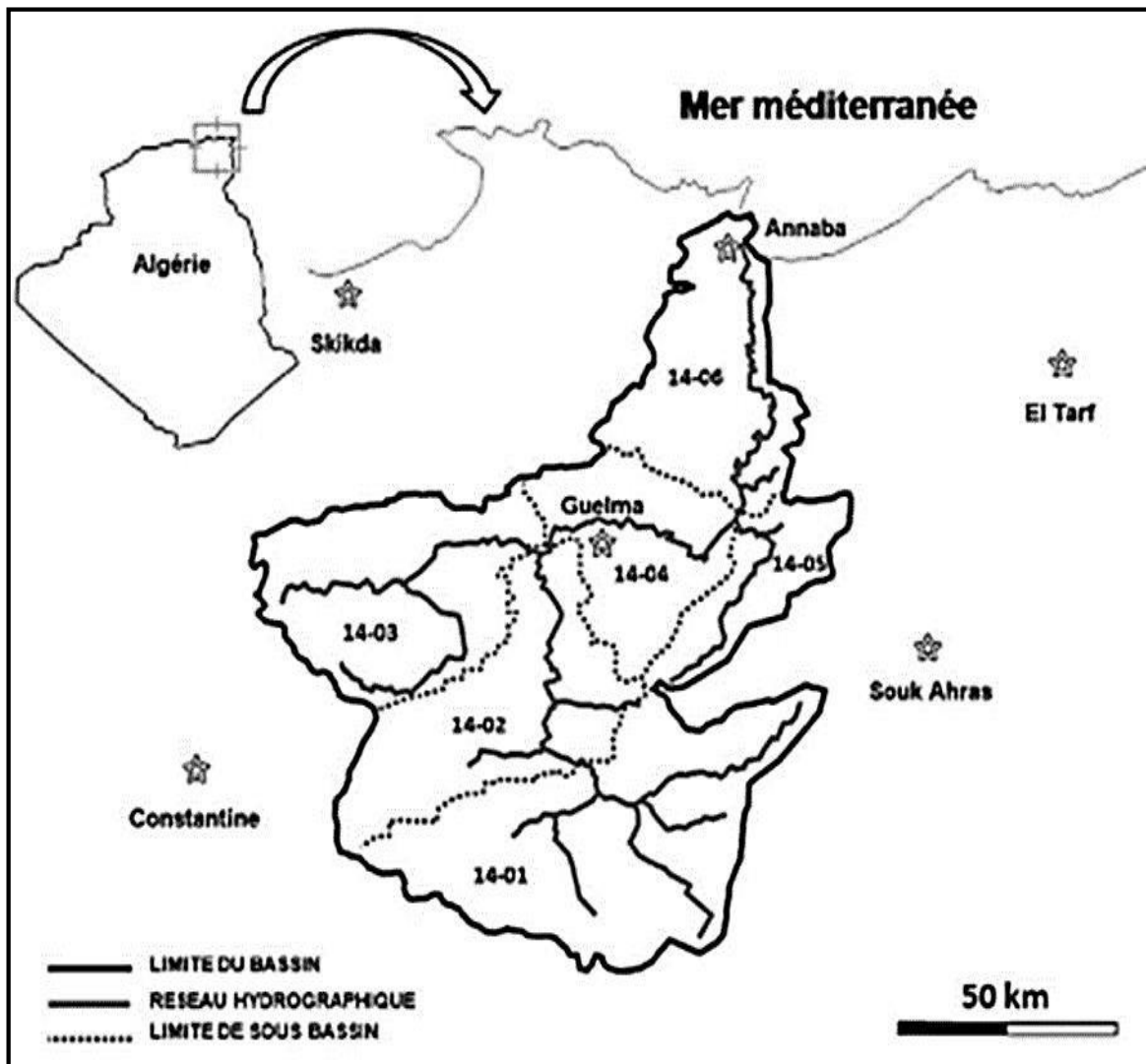


Figure2 : Le bassin versant de la Seybouse (Samraoui *et al.*, 2011).

2.1. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 1984**).

Elle varie en fonction de l'altitude, des saisons ainsi que la distance de la mer.

D'après les résultats marqués dans (Figure 3 et Tableau 1) ci-dessous, on remarque qu'en hiver (déc, jan, fév) les températures sont basses par rapport aux autres mois de l'année (saisons).

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2016 – 2021) [3].

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T (C°)	10,8	11,9	13,2	16,3	19,6	24,4	28,0	28,1	24,8	19,8	15,2	12,2

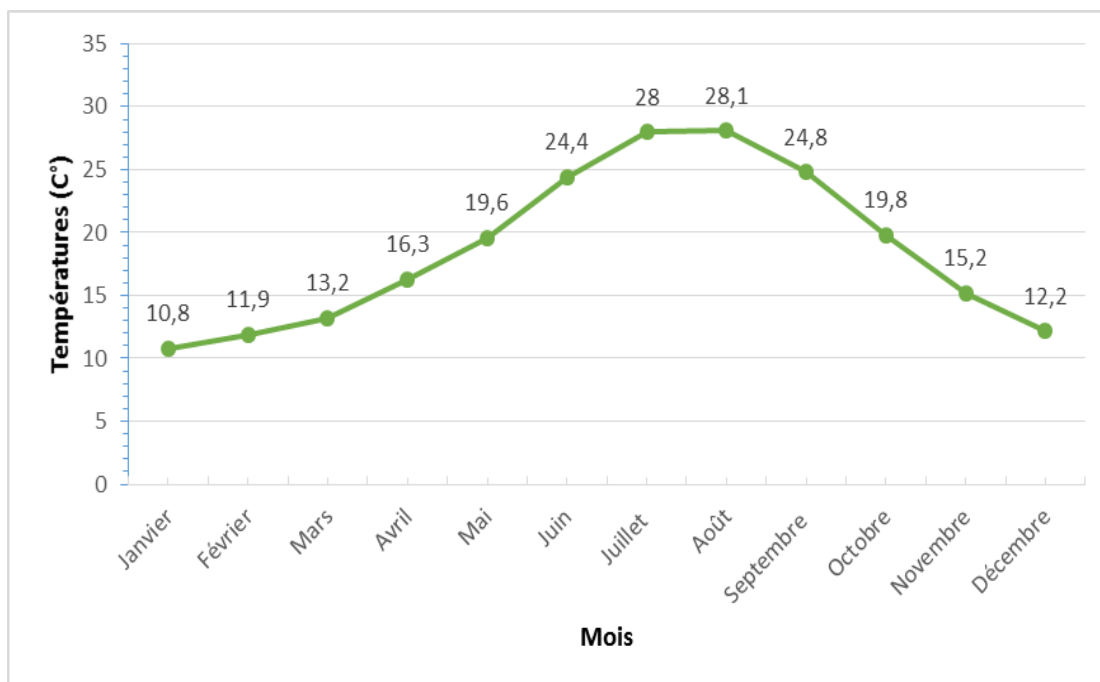


Figure 3 : Températures moyennes à Guelma (2016 – 2021) [3] (Modifiée).

2.2. Précipitation

Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle de l'eau. Elles conditionnent l'écoulement saisonnier et influence le régime des cours d'eaux (**Meziane, 2009**).

La différence est remarquable. La quantité de pluie est maximale en mois de Janvier et en Hiver de façon générale, contrairement à l'été où il n'y a presque pas de précipitation (quantité minimale en mois de Juillet) (Figure 4 et Tableau 2).

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2016 – 2021) [3].

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Précip	84,6	34,6	74,0	39,5	33,5	9,4	2,4	15,7	33,7	58,9	77,7	64,5

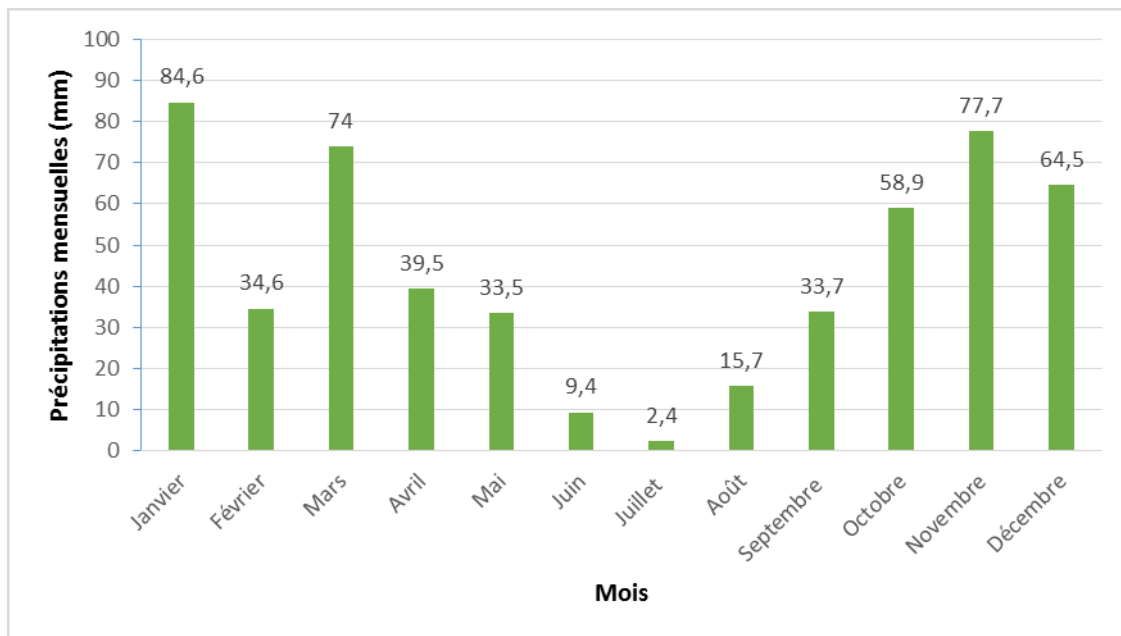


Figure 4 : Précipitations à Guelma (2016 – 2021) [3] (Modifiée).

2.3. Humidité

L'humidité de l'air par ses écarts est l'un des facteurs climatiques importants des massifs montagneux dans la méditerranée. (Quezel, 1957 in Djebnoui et Nouar, 2015). L'humidité relative contribue à la diminution des risques d'incendie, elle croît à partir du sol pour atteindre 100 % au niveau des couches nuageuses. (Halimi, 1980 in Djebnoui et Nouar, 2015).

L'humidité est invariable au cours de l'année. Les valeurs minimales sont observées pendant les mois de juillet et août. Les valeurs maximales sont observées pendant le mois de janvier et le mois de décembre (Tableau3).

Tableau 3 : Humidité relative (HR%) enregistrée dans la station météorologique de Guelma dans la période d'étude (2019-2020) (Bounaia, 2020).

Mois	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai
P (mm)	32	33.5	163.3	87.2	91.2	40.4	67.5

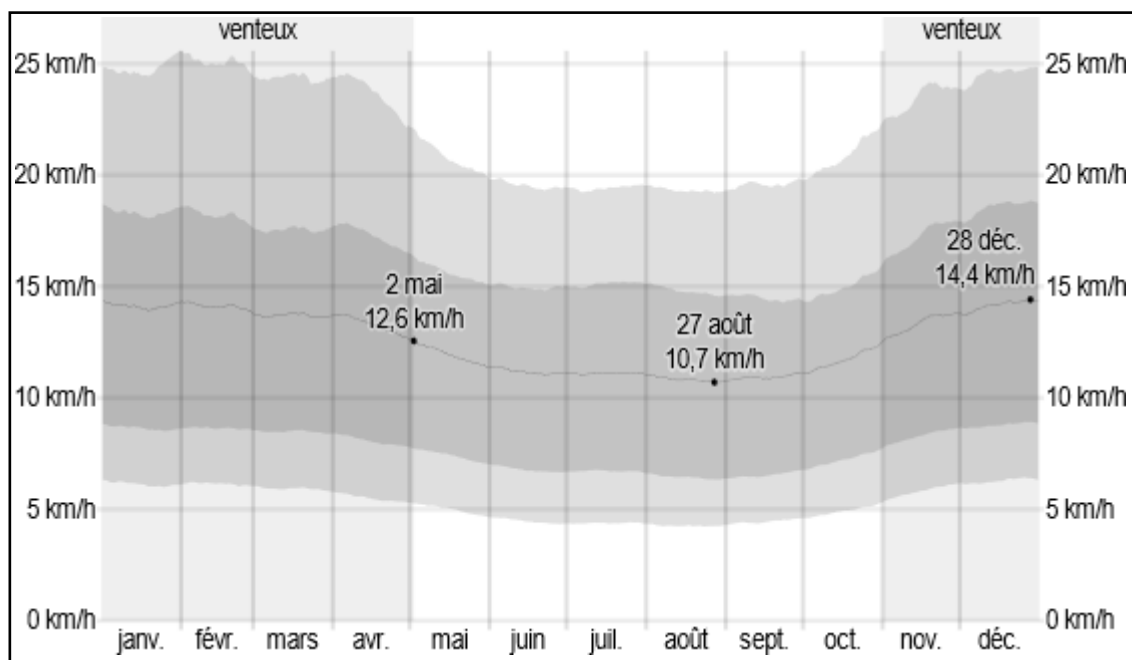
2.4. Vents

Le vent agit indirectement en modifiant l'humidité et la température (Ozenda, 1982 in Meziane, 2009), il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation et un pouvoir de refroidissement considérable mais ces pouvoirs peuvent être réduits par des rideaux d'arbres (Dajoz, 2003 in Meziane, 2009).

La figure et le tableau présentées ci-dessous (Figure 5 et tableau 4) nous indique la vitesse du vent au cours de l'année depuis 2014 jusqu'à 2022.

Tableau 4 : Moyenne mensuelle et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station de Guelma [3].

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vmoy /mois Km/h	11.9	11.2	11.1	10.8	10.9	11.8	13.4	14.2	14.1	14.1	13.7	13.3

**Figure 5** : Vitesse moyenne du vent, région de Guelma (2014 - 2022) [4].

2.5. Diagramme Ombrothermique

Le diagramme de Bagnouls et Gausson est un outil graphique qui consiste à confronter deux paramètres majeurs du climat, la température et les précipitations. Cette relation permet de construire un graphe pluviométrique où la température (T) atteint le double de la quantité de précipitations (P) ; $P = 2T$.

D'après ce diagramme (Figure 6), on distingue deux périodes ; l'une est froide et humide qui s'étend du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois d'avril et l'autre chaude et sèche qui s'étend du mois de mai à septembre.

2.6. Climagramme d'Emberger

L'indice de précipitations d'EMBERGER (Q2) est déterminé en prenant en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M en °C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m en °C).

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 (équation 01) (**Meziane, 2009**).

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 annuelle $P = 606.1$

Ainsi, notre région (Guelma) présente un $Q2 = 65.10$. Ce qui la classe dans l'étage Bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais.

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

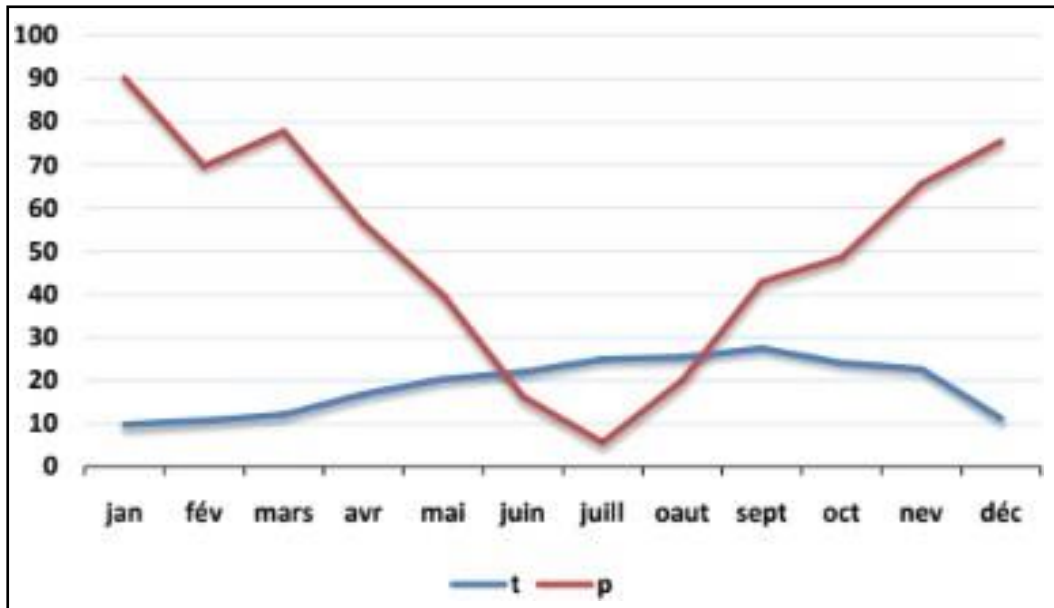


Figure 6 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la ville de Guelma (2002-2018) (Haddada *et al.*, 2021).

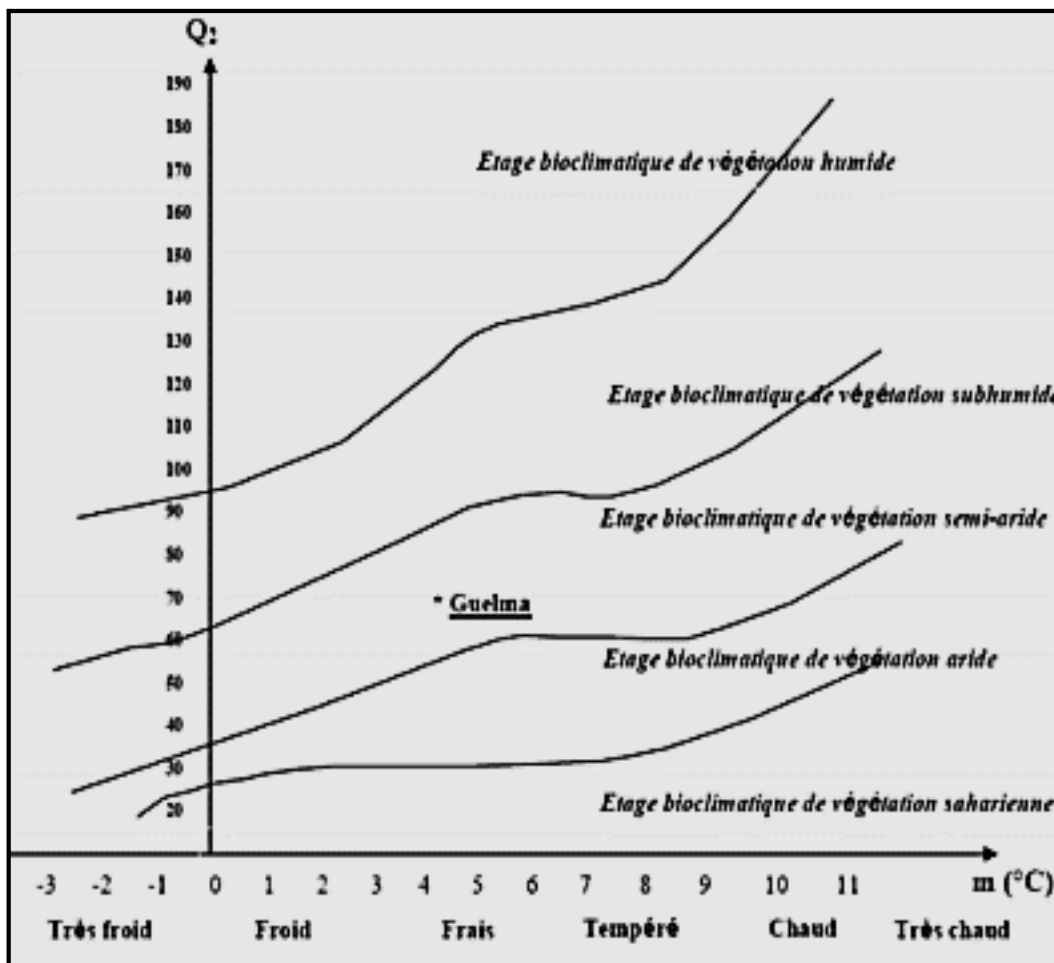


Figure 7 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002/2018) (Haddada *et al.*, 2021).

3. Localisation et description de la zone étudiée

- **Oued Zimba**

Oued Zimba est un ruisseau qui se trouve dans wilaya de Guelma commune de Belkhir limitée par par Guelaat Bousbaa et Heliopolis au Nord, par par Djaballa Khemissi et Boumahra Ahmed à l'Est, par Khezara au sud, à l'ouest par Bendjerah et Guelma.

La zone est soumise aux pressions agricoles, industrielles et démographiques, l'impact important des activités agricoles sur sa qualité est la conséquence de la perte d'engrais (engrais chimiques, engrais agricoles, eaux usées agro-alimentaires) et de produits de traitement des cultures (produits phytosanitaires). Cette contamination peut empêcher certains usages de l'Oued Zimba, notamment pour l'alimentation humaine et animale, et conduire à la dégradation du milieu naturel.

En ce qui concerne la pression industrielle il est connu comme un récepteur des eaux usée 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.

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

<i>Station</i>	Latitude	Longitude
<i>01</i>	36°24.8650'N	7°27.4840'E
<i>02</i>	36°25.3366'N	7°27.8120'E
<i>03</i>	36°25.9920'N	7°28.4140'E

- La première se trouve à côté d'une zone agricole, loin de la zone peuplée. Le petit cours d'eau clair coule entre une dense végétation, il n'est pas profond, rempli de rochers moussus et de cailloux (Figure 9).
- 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 10).
- La troisième station se trouve près du pont, son eau est polluée et turbide à cause des rejets urbains et industriels de la région, elle est riche en débris végétaux à cause de la présence d'une végétation riveraine diversifiée (Figure 11).

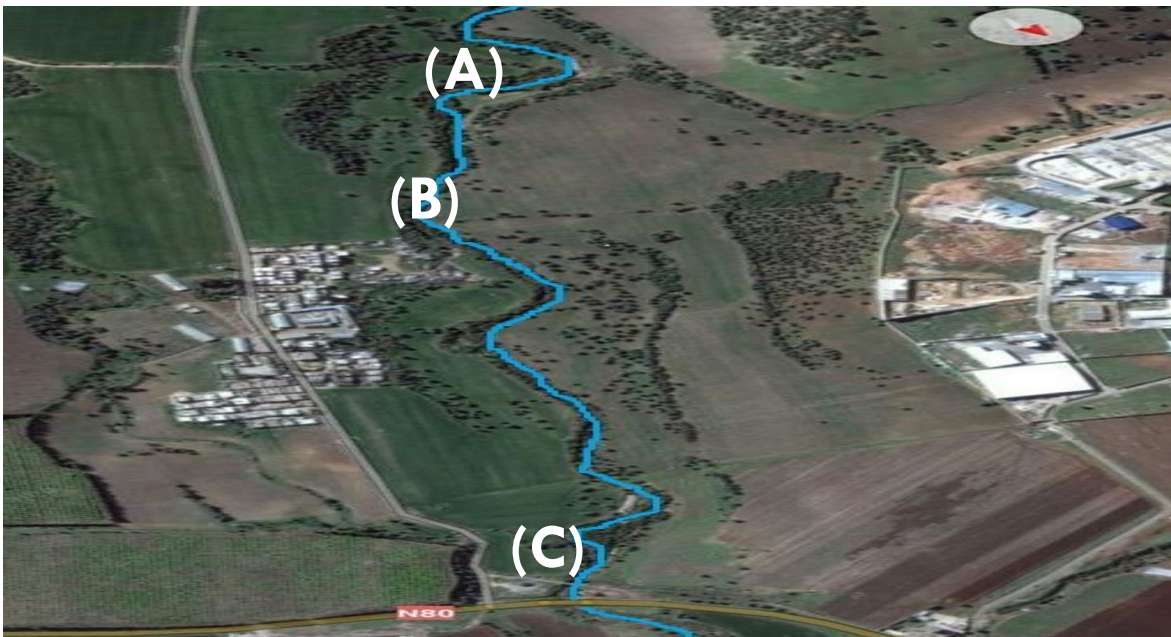


Figure 8 : Localisation des stations (Google earth modifiée).

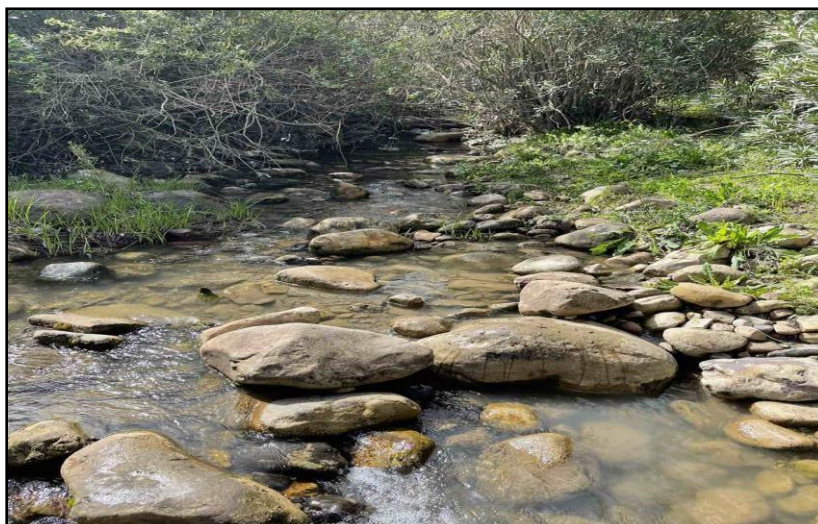


Figure 9 : Vue générale de la station 01, Oued Zimba (Bouzit,2022).



Figure 10 : Vue générale de la 2ème station, Oued Zimba (Ghomrani, 2022).



Figure 11 : Vue générale de la station troisième station, Oued Zimba (Kebieche, 2022).

Chapitre II

Synthèse bibliographique

2. Généralités

2.1. Zones humides

Les zones humides Les (ZH), entendues au sens de la Convention de **Ramsar**, sont : « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres" et par extension : lac, lagune, mare, marais, golfe, etc. » (**Tandjir, 2010**).

Les (ZH) riveraines sont caractérisées par une nappe à faible profondeur et un sol d'épaisseur importante constitué de colluvions et d'alluvions (**Montreuil, 2008**).

1.1. Cours d'eau et bassins versants

Les cours d'eau constituent des écosystèmes d'eau courante (écoulement perpétuel) parties d'un hydrosystème, milieux hétérogènes abritant une grande diversité de communautés d'êtres vivants. Le bassin versant influence l'équilibre de ces communautés, le cours d'eau et son environnement terrestre (géologie, occupation des sols, activités humaines) formant un tout indissociable sur le plan fonctionnel (relations dynamiques entre les divers composants de l'écosystème) (**Genin et al., 2003**).

En effet, le bassin versant hydrographique peut être défini comme un espace qui reçoit l'eau des précipitations et alimente les cours d'eau par restitution du ruissellement provenant des versants. Ainsi, toutes les caractéristiques du bassin versant, à savoir la nature géologique, la végétation, l'occupation des sols, vont déterminer le fonctionnement des cours d'eau (**Genin et al., 2003**).

1.2. Importance de l'eau dans la vie biologique

L'eau est la source de la vie et une nécessité pour la survie des êtres vivants. Étant donné que cette ressource est si précieuse, il est difficile de l'attribuer à une valeur monétaire.

Les cours d'eau jouent un rôle essentiel dans le cycle hydrologique. Ils sont à la fois un canal de drainage des eaux de surface, un habitat pour un grand nombre d'organismes, une source de nourriture et un corridor de migration [5].

1.3. Bio indication

L'évaluation de la qualité de l'eau est basée sur l'inventaire des espèces bioindicatrices vivant dans le milieu. Les bioindicateurs sont des organismes vivants étudiés pour évaluer la qualité biologique du milieu ou certains paramètres de son fonctionnement.

L'intérêt des indicateurs biologiques réside dans leur capacité d'intégration des perturbations, on parle de « mémoire vivante ». En effet, une perturbation dans le milieu peut se traduire, selon la sensibilité des espèces, par des modifications plus ou moins importantes dans les populations : présence, disparition ou prolifération des individus.

2. Macro invertébrés benthiques et leur rôle biologique

Les macroinvertébrés benthiques, ou benthos, sont des organismes sans colonne vertébrale et visibles à l'œil nu, comme les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Certains insectes, comme l'éphéméroptère, habitent le cours d'eau pendant leur vie larvaire, tandis que d'autres, comme certains coléoptères, passent toute leur vie, larvaire et adulte, en milieu aquatique [6].

Si le terme de macroinvertébrés est largement employé actuellement, sa définition reste relativement floue selon les auteurs, particulièrement pour les macroinvertébrés de petite taille. Nous suivons partiellement la définition de Cummins (1975) qui considère que les macroinvertébrés ont au moins 3-5 mm au dernier stade de leur développement, ce qui implique un recouvrement des tailles entre les stades jeunes de macroinvertébrés et les derniers stades de microinvertébrés. (Tachet *et al.*, 2010).

Parmi les communautés biologiques, les communautés de macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (WFD, 2003).

Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter (Moisan *et Pelletier*, 2013).

Le suivi des macroinvertébrés benthiques est utile pour :

- Evaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques ;
- Suivre l'évolution de l'état de santé d'un cours d'eau au fil du temps ;
- Evaluer et vérifier l'effet d'une source de pollution connue sur l'intégrité de l'écosystème ;
- Evaluer les impacts des efforts de restauration (habitat et qualité de l'eau) ;
- Apporter un complément biologique au programme de surveillance de la qualité bactériologique et physicochimique des cours d'eau ;
- Documenter la biodiversité des macroinvertébrés benthiques dans les cours d'eau.

2.1. Présentation et classification des groupes faunistiques

2.1.1. Éphéméroptères

Ils sont connus depuis le carbonifère, ce sont des insectes hémimétaboles (*métamorphose incomplète qui passe par les stades de l'œuf et de la larve avant de subir la transformation en insecte ailé*) dont les larves sont exclusivement aquatiques. Cet ordre comporte plusieurs familles, dont on a cité quelques-unes (Tableau 5) (**Tachet et al., 2010**) :

Ils appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques. Ils sont caractérisés par la présence de deux (rare) ou trois queues (deux cerques et un paracerque). Leurs pattes ne portent qu'une griffe, ce qui les distingue des plécoptères. Tous portent des branchies abdominales sur les segments 4 à 7 et, selon le genre, sur les segments 1 à 3. La forme et la position de ces branchies sont capitales pour leur identification (**Bouati et Boualleg, 2019**). Leur tête possède deux grands yeux composés en position dorsale ou latérale. La taille des yeux permet en général de distinguer le sexe des larves : les mâles ont des yeux nettement plus grands que ceux des femelles. Entre les yeux se trouvent les trois ocelles : un central et deux latéraux. Les antennes sont de longueur très variable d'une famille à l'autre (**Gattolliat, 2002**). L'adulte a normalement deux paires d'ailes qu'il tient verticalement au-dessus du corps. Les antennes sont réduites, a aussi des pièces buccales atrophiées et un tube digestif incomplet, et de ce fait il ne se nourrit pas. (**Tachet et al., 2010**). Ils sont sensibles à la pollution (**Moisan, 2010**).

○ **Classification**

Règne : *Animalia*.

Embranchement : *Arthropoda*.

Sous-embranchement : *Hexapoda*.

Classe : *Insecta*.

Sous-classe : *Pterygota*.

Ordre : *Ephemeroptera*. [7].

Tableau 5 : Familles des Ephemeroptères.

Leptophlebiidae	Prosopistomatidae	Ephemeridae	Caenidae	Isonychiidae
Potamanthidae	Siphonuridae	Heptageniidae	Amaletidae	
Polymitarciidae	Ephemerellidae	Oligoneuriidae	Baetidae	

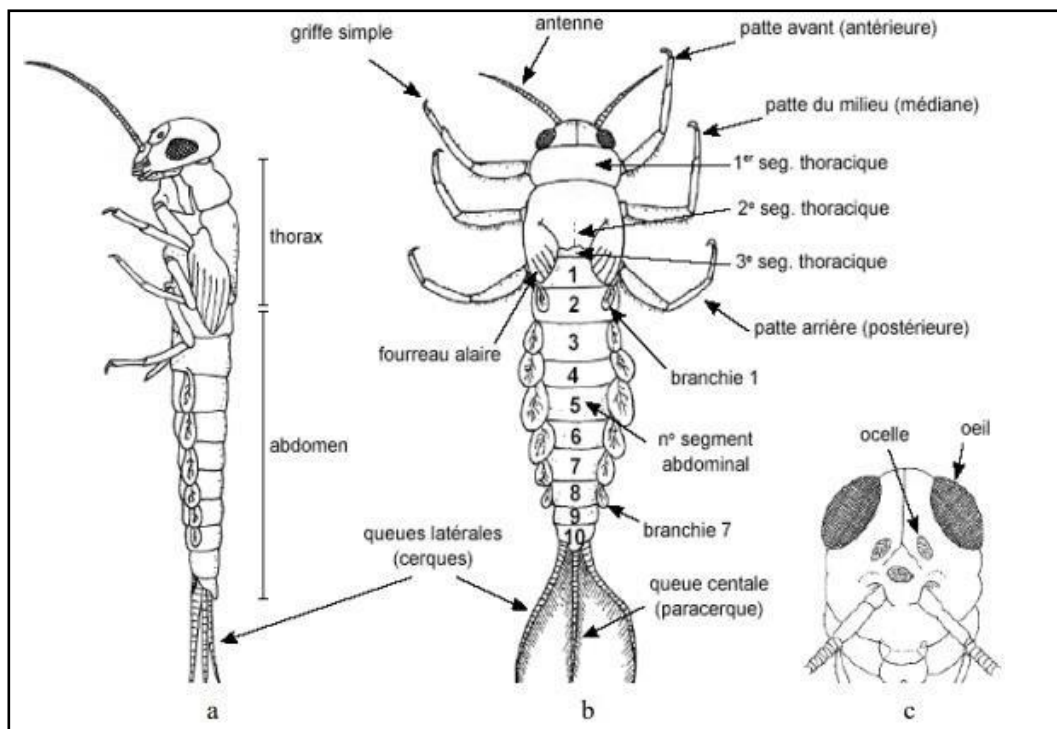


Figure 12 : Larve d'Éphéméroptères a : vue latérale, b : vue dorsale, c : tête (Moisan, 2006).

1.1.1. Plécoptères

Les Plécoptères constituent morphologiquement un groupe relativement homogène. De ce fait, même pour établir des distinctions majeures, il est nécessaire de faire appel à des caractères concernant la structure du labium (**Tachet et al., 2010**).

Ils appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques et principalement associées aux eaux fraîches et propres. Elles ressemblent aux éphéméroptères, dont on les distingue grâce aux deux griffes qu'elles ont au bout des pattes. Les plécoptères ont deux cerques, Les antennes sont multiségmentées 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). Au Québec, aucun plécoptère n'a de branchies sur les segments abdominaux 3 à 7. De façon générale, les plécoptères sont sensibles à la pollution (**Moisan, 2010**). Les adultes, se caractérisent entre autres par des ailes très nervurées et repliées en toit au-dessus du corps, par la présence de cerques et de longues antennes (**Aubert, 1959**).

Dans cet ordre d'invertébrée on trouve deux super-familles qui sont composées chacune par plusieurs familles (Tableau 6).

○ Classification

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-Embranchement : Hexapoda (Mandibulates)

Classe : Insecta

Sous-Classe : Ptérogota

Infra-Classe : Neoptera

Super-ordre : Orthopteroidea

Ordre : Plecoptera (**Burmeister, 1839**) [7].

Tableau 6 : familles et superfamilles des Plécoptères.

Nemouroidea	Perloidea
Taeniopterygidae Nemouridae Leuctridae Capniidae	Chloroperlidae Perlodidae Perlidae

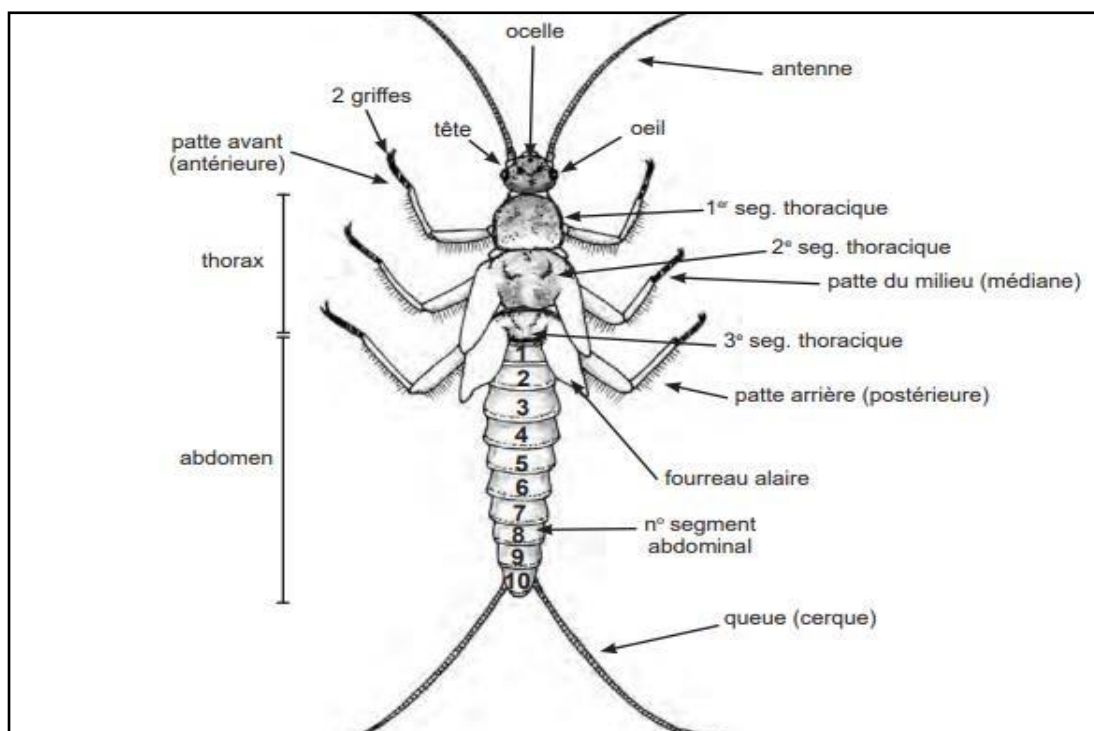


Figure 13 : Stade larvaire des Plécoptères (Moisan, 2010).

1.1.2. Odonates

Les Odonates appartiennent à un groupe d'insectes très anciens (Bouchelaghem, 2008). Ils constituent un ordre d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques (Tachet *et al.*, 2010). Leur sensibilité à la qualité de l'habitat, leur identification relativement simple procure aux libellules le statut d'indicateur fiable pour l'évaluation des changements environnementaux sur le long terme (biogéographie, climatologie) et le court terme (conservation de la biologie, pollution des eaux, altération de la structure des eaux courantes et stagnantes) (Houili *et Graini*, 2019). Le caractère le plus étonnant est l'appartenance de toutes les espèces à deux mondes radicalement différents : le milieu aquatique où se développent les larves et le milieu aérien où volent les adultes (Naidja, 2020). Leur principale caractéristique est indéniablement la lèvre inférieure (labium), qui est transformée en masque rétractable (Figure qui suit) servant à capturer les proies. Elles possèdent également de gros yeux. Elles préfèrent les eaux calmes et sont souvent associées à la végétation. Le bout de l'abdomen permet de différencier les deux sous-ordres (Zygoptères et Anisoptère). Leur tolérance à la pollution est moyenne. (Moisan, 2010).

- **Zygoptères - ou demoiselles** : Petites à moyennes, ont un abdomen assez long et plus ou moins fin et dont les deux paires d'ailes sont presque semblables, au repos,

les faces supérieures sont verticales, relevées et appliquées l'une contre l'autre ou tenues obliquement vers l'arrière. Vu du dessous, l'espace entre les yeux est supérieur à la largeur d'un œil (Houili, 2019).

- **Les Anisoptères - ou libellules** : sont généralement de plus grande taille. Les ailes postérieures sont plus larges à la base que les antérieures. Au repos, elles sont maintenues écartées du corps, plus ou moins à l'horizontale. Les yeux sont contigus ou relativement proches (Gomphidae). Les larves présentent une simple pyramide anale, formée par de courts appendices dessinant une sorte de triangle plus ou moins obtus à l'apex de l'abdomen. (Houili, 2019).
- **Classification**
 - Règne** : Animalia
 - Embranchement**: Arthropoda
 - Sous-embr.** : Hexapoda
 - Classe** : Insecta
 - Sous-classe** : Pterygota
 - Infra-classe** : Palaeoptera
 - Ordre** : Odonata (Fabricius, 1793) [7].

Tableau 7 : Classification des odonates (Ordre, Sous-ordres, Famille) (Tachet *et al.*, 2010).

Sous-ordre	Famille
Zygoptera (demoiselles)	Calopterygidae
	Epallagidae
	Lestidae
	Coenagrionidae
	Platycnemididae
Anisoptera (Libellules)	Aeshnidae
	Gomphidae
	Cordulegastridae
	Corduliidae
	Macromiidae
	Libellulidae

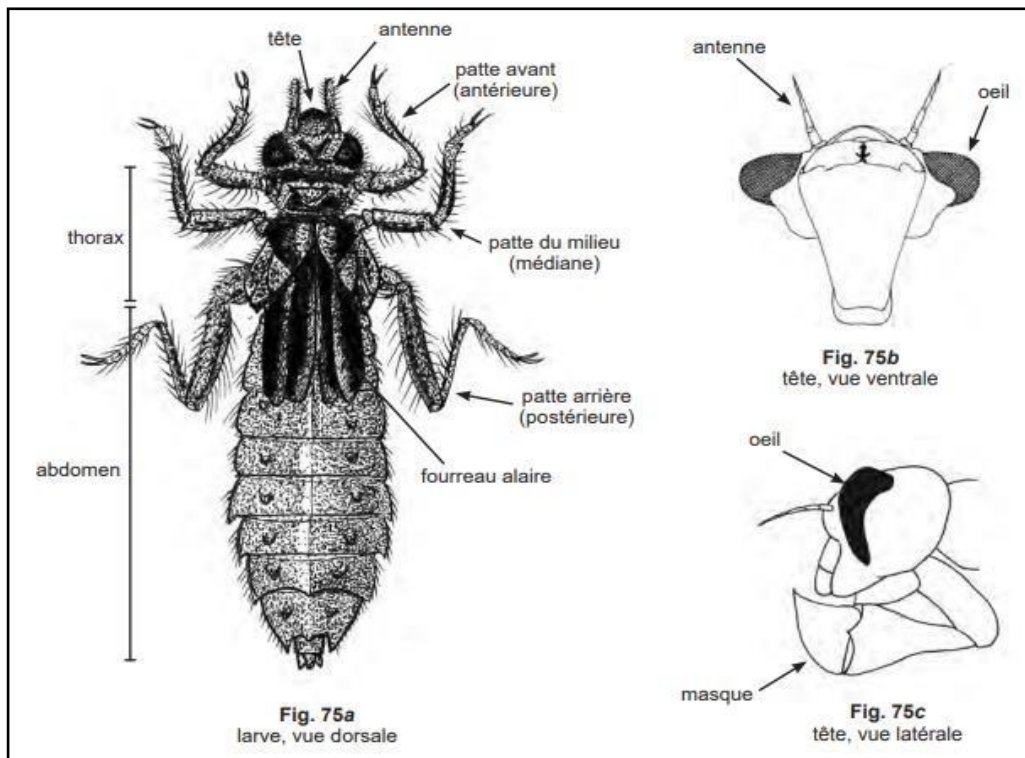


Figure 14 : Odonate en stade larvaire, vu dorsale (Moisan, 2010).

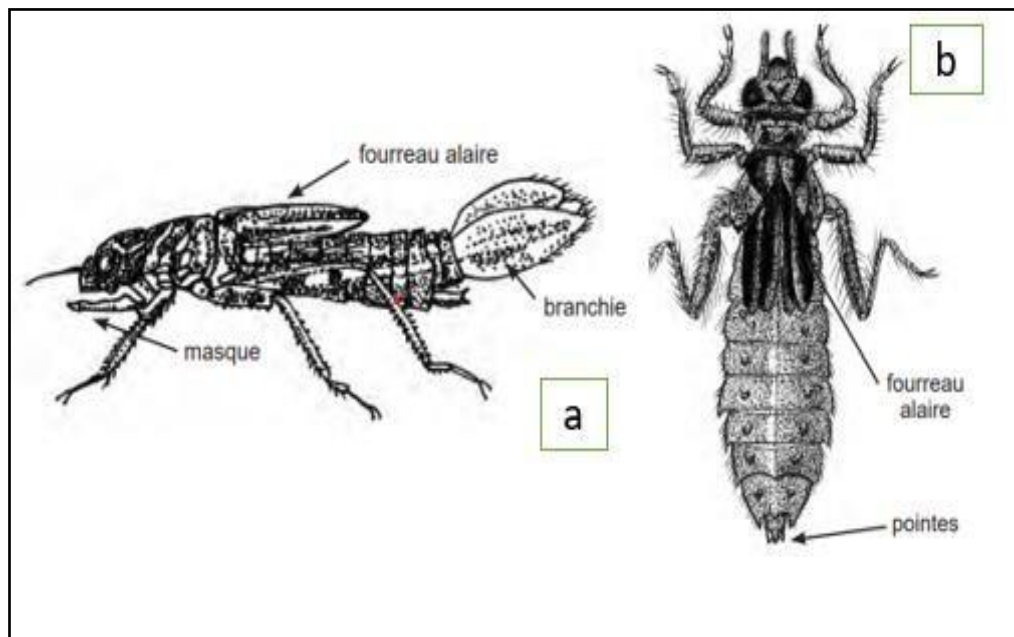


Figure 15 : Différence entre Zygoptère (a) et Anisoptère (b) (Moisan, 2010).

1.1.3. Coléoptères

L'ordre des coléoptères est le plus diversifié (Tableau 6) et très présents dans tous les principaux habitats, à l'exception des régions polaires et marines (**Bounaia, 2020**). Ils ont colonisé tous les habitats d'eaux continentales possibles. Ils se rencontrent en milieu superficiel et phréatique en zone eutrophe comme en zone oligotrophe, en eau douce comme en milieu saumâtre (**Tachet et al., 2010**). Ils remplissent différents rôles écologiques. Certains sont détritivores, décomposant les débris de végétaux. D'autres se nourrissent de charogne ou d'excréments. D'autres encore se nourrissent de champignons. Certains sont phytophages ; spécialistes ou généralistes, ils s'alimentent de pollen, de fleurs et de fruits. On retrouve aussi des prédateurs et des parasites qui s'attaquent à d'autres invertébrés. Bon nombre d'espèces sont utilisées comme agents de contrôle en agriculture, comme les coccinelles, les carabes et les staphylins. (**Bounaia, 2020**).

Elles sont très polymorphes, de tailles variées du millimètre pour hydroscapha à 6centimètres pour Hydrophilus. La tête est entièrement sclérifiées La tête constitue une capsule céphalique entièrement sclérifiée, yeux constitués de stemmates. Les antennes sont à quatre articles ; Les mandibules de type broyeur ; Le prothorax est plus développé que les deux autres segments les branchies sont dorsales ou ventrales, les pattes thoraciques sont toujours présentes. La morphologie des trois paires de pattes est souvent similaire, elles sont frangées de soies natatoires. L'abdomen comporte 8 à 10 segments visibles (Figure 16). L'extrémité de l'abdomen peut porter des appendices articulés pairs tels que les urogomphes (Dytiscidae), quatre crochets (Gyrinidae) ou les derniers segments peuvent former un atrium respiratoire (Hidophilidae) (**Satha, 2014**).

○ Classification

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pteregota

Ordre : Coleoptera (**Linnaeus, 1758**) [7].

Tableau 8 : Sous-ordres, principaux caractères distinctifs et familles des Coléoptères (Tachet *et al.*, 2010).

Sous-Ordres	Adephaga	Myxophaga	Polyphaga
Famille	Haliplidae Hygrobidae Noteridae Dyticidae Gyrinidae	Hydroscaphidae	Hydraenidae Spercheidae Hydrochidae Helophoridae Hydrophilidae Scirtidae Elmidae Dryopidae Psephenidae Curculionidae Chrysomelidae

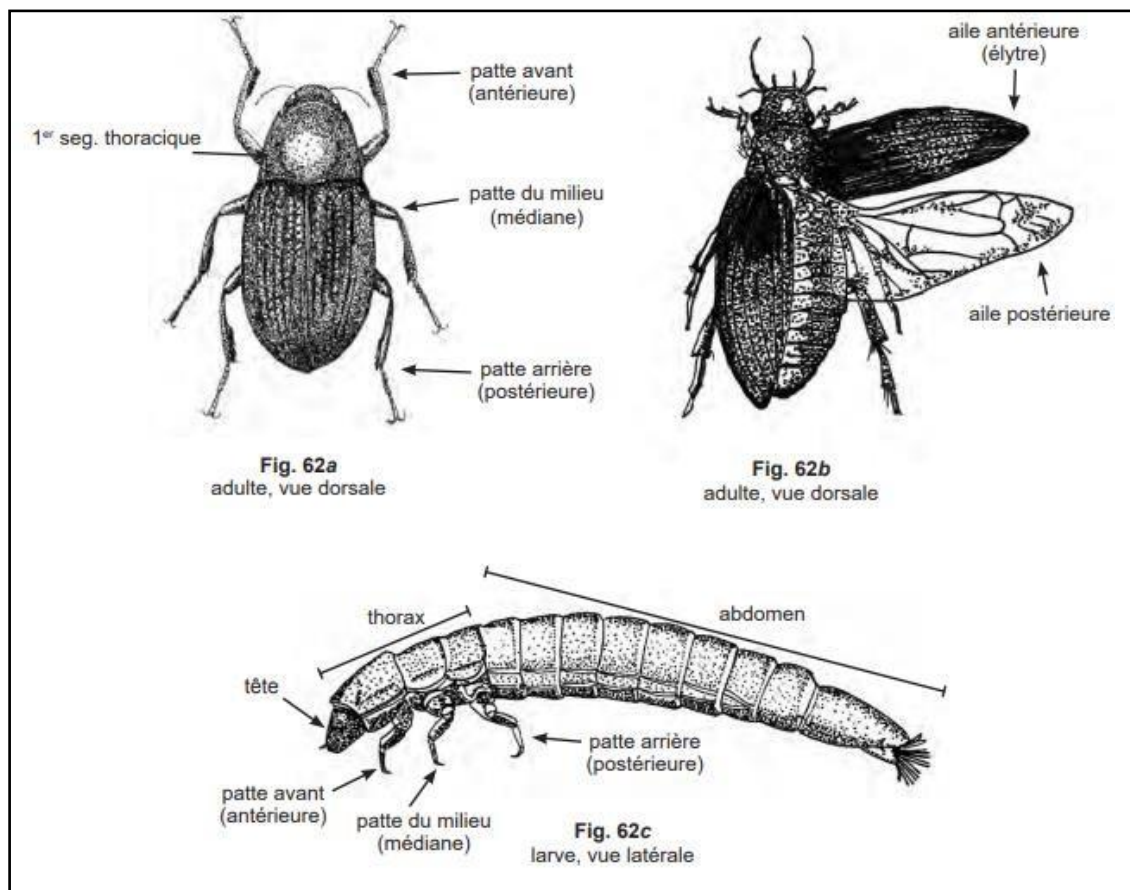


Figure 16 : Adulte et larve Coléoptère (Moisan, 2010).

1.1.4. 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, qui sont d'origine végétale ou minérale, sont souvent typiques au genre. Il est donc très important de ne pas sortir les larves de leur étui avant l'identification. Les nymphes, elles, sont toujours dans un étui. Elles possèdent de longues antennes et deux paires de fourreaux alaires. 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 (**Moisan, 2010**).

Chez les larves à étui, le fourreau peut être fait exclusivement de soie ou constitué d'éléments divers maintenus entre eux avec de la soie. L'intérieur du fourreau est généralement tapissé de soie tandis que l'extérieur en est dépourvu. Il y a toujours un orifice postérieur. L'eau circule dans l'étui irriguant au passage les branchies ou les téguments. La larve peut accélérer cette circulation grâce à des mouvements dorso-ventraux d'ondulation de l'abdomen. Le rôle de l'étui dans la respiration serait aussi important que le rôle protecteur qui lui est généralement attribué. Cet étui est toujours ajusté d'une manière telle que la larve doit l'agrandir lors de chaque mue. Pour éviter d'avoir un étui démesurément long, la larve agrandit l'étui à l'avant et le coupe à l'arrière. Chez les Hydroptilidae, seules les larves de dernier stade élaborent un étui, les larves des stades précédents n'ont pas d'étui. Par contre chez les formes sans étui, soit il n'y a pas de construction larvaire comme chez les Rhyacophilidae où seul sera édifié le cocon nymphal, soit il y a des constructions larvaires de types variés : structure filtrante chez les Hydropsychidae et les Philopotamidae, système de piège chez les Ecnomidae et les Polycentropodidae, galerie collée au substrat chez les Psychomyiidae (**Tachet *et al.*, 2010**).

Tableau 9 : Familles des Trichoptères (**Tachet *et al.*, 2010**).

Phryganeidae	Leptoceridae	Philopotamidae	Dipseudopsidae
Limnephilidae	Odotoceridae	Hydropsychidae	Rhyacophilidae
Brachycentridae	Sericostomatidae	Psychomyiidae	Hydroptilidae
Uenoidae = Thremmatidae	Helicopsychidae	Ecnomidae	

○ **Classification**

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-Embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-Classe : Ptérigota

Infra-Classe : Neoptera

Ordre : Trichoptera (Kirby, 1813) [7].

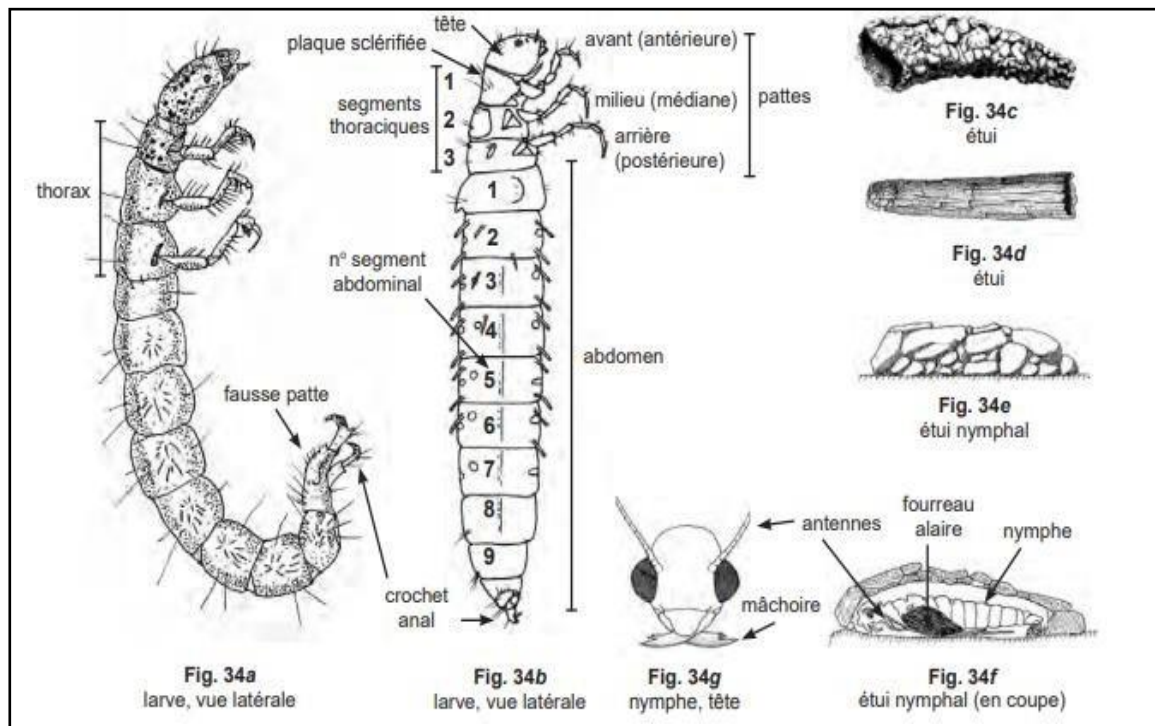


Figure 17 : Trichoptère larve, nymphe, étui (Moisan, 2010).

1.1.5. Diptères

Les diptères font partie d'un ordre d'insectes appartenant à la classe des ptérygotes de la section des néoptères, de la division des holométaboles qui sont eux même regroupés dans le super ordre des mécoptéroïda. C'est dans cet ordre se regroupe, entre autres, des espèces principalement désignées par les noms vernaculaires de mouches, moustiques, taons (Houmeur *et* Bendada, 2016).

La plupart des diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal (Moisan, 2006). Leurs larves sont dépourvues de pattes thoraciques qui peuvent être remplacées par des pseudopodes ou des bourrelets

locomoteurs. La capsule céphalique peut-être individualisée (eucéphale), rétractile dans les premiers segments thoracique ou totalement régressée (larve acéphale) (Figure 18). Le corps comprend de onze à quinze segments dont les trois premiers sont thoraciques, les téguments sont membraneux jamais sclérifiés. Les adultes sont caractérisés par une paire d'ailes (ailes antérieures) les ailes postérieures sont transformées en organe d'équilibration : Le balancier. L'appareil buccal est de type lécheur (majorité des diptères) ou lécheur-piqueur (Simuliidae, Tabanidae...) ou piqueur (Culicidae) (Satha, 2014 in Houmeur et Bendada, 2016).

○ **Classification**

Régne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapode

Classe : Insecta

Sous – classe : Pterigota

Ordre : Diptera (Linnaeus, 1758) (Tachet, 2010) [7].

Tableau 10 : Familles des Diptères.

Psychodidae	Ptychopteridae	Blepharicidae
Dixidae	Chaoboridae	Culicidae
Simuliidae	Thaumaleidae	Ceratopogonidae
Chironomidae	Tipulidae	Cilindrotomidae
Limoniidae	Empididae	Dolicopidae
Rhagionidae	Athericidae	Tabanidae
Syrphidae	Ephidridae	Sciomyzidae
Anthomyidae		

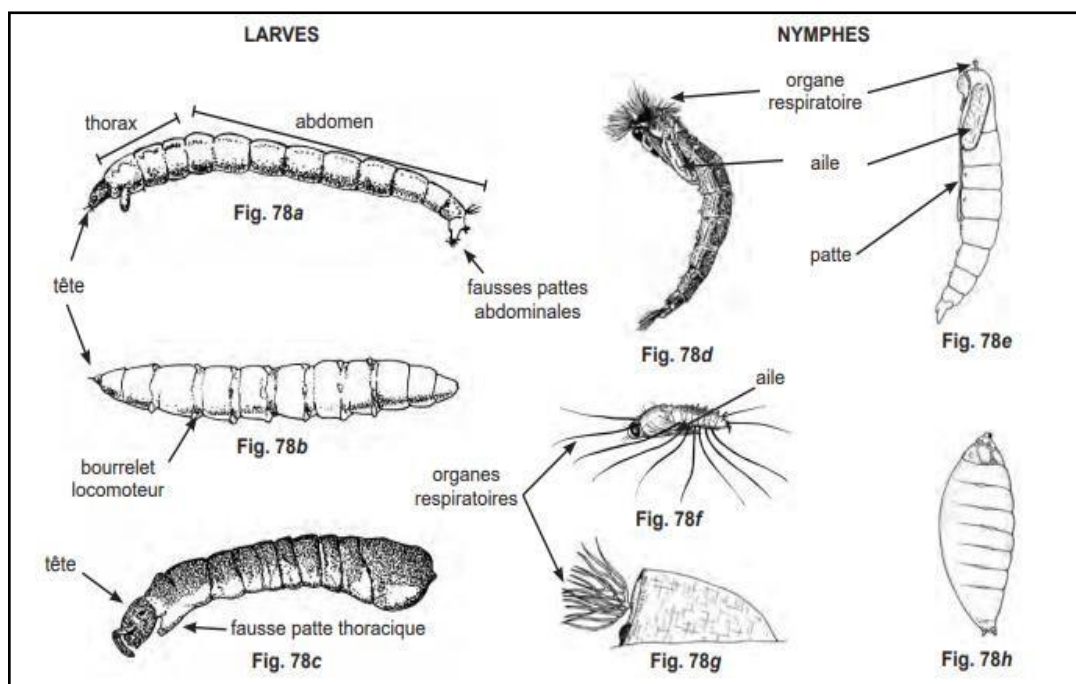


Figure 18 : Diptères en stade larvaire et nymphe (Moisan, 2010).

1.1.6. Hémiptères

Dans les habitats aquatiques ou semi-aquatiques, les hémiptères (ou punaises) peuvent se retrouver sous forme adulte ou larvaire. Les larves et les adultes sont presque identiques si ce n'est que les adultes sont habituellement ailés. Il existe cependant des hémiptères adultes qui n'ont pas d'ailes. Les ailes, lorsqu'elles sont présentes, sont cornées à la base (vers l'avant) et membraneuses au bout. La forme de leur corps varie d'ovale à allongée. Ils ne possèdent pas de branchies. Leur principale caractéristique est la modification de leur appareil buccal (Figure 19). Celui-ci est soit en forme de bec allongé (adapté à un régime liquide), soit en cône. Leur tolérance à la pollution est moyenne (Moisan, 2010). Ce groupe se partage en deux sous-ordres : les Hétéroptères et Homoptères (Tachet *et al.*, 2000). Les Hétéroptères se différencient des Homoptères par la constitution originale de leurs ailes antérieures ou hémélytres. Celles-ci sont composée de 2 parties inégales : une partie sclérotinisée, la corie et une partie membraneuse, la membrane. (Belanger, 2009). Les Hétéroptères aquatiques sont des insectes paurométaboles avec coexistence des larves et des adultes. Les adultes se reconnaissent grâce à la présence des ailes (chez les formes macroptères, brachyptères ou microptères) et à celle des génitalia chez toutes les formes. Il existe deux infraordres

d'Hétéroptères aquatiques : les Nepomorpha (cinq familles) et les Gerromorpha (quatre familles) (Tableau 9).

Tableau 11 : Infra-ordres et familles des Hémiptères (Tachet *et al.*, 2010).

Pleidae	Nepidae	Mesoveliidae
Naucoridae	Corixidae	Veliidae
Aphilecheiridae	Hydrometridae	Gerridae

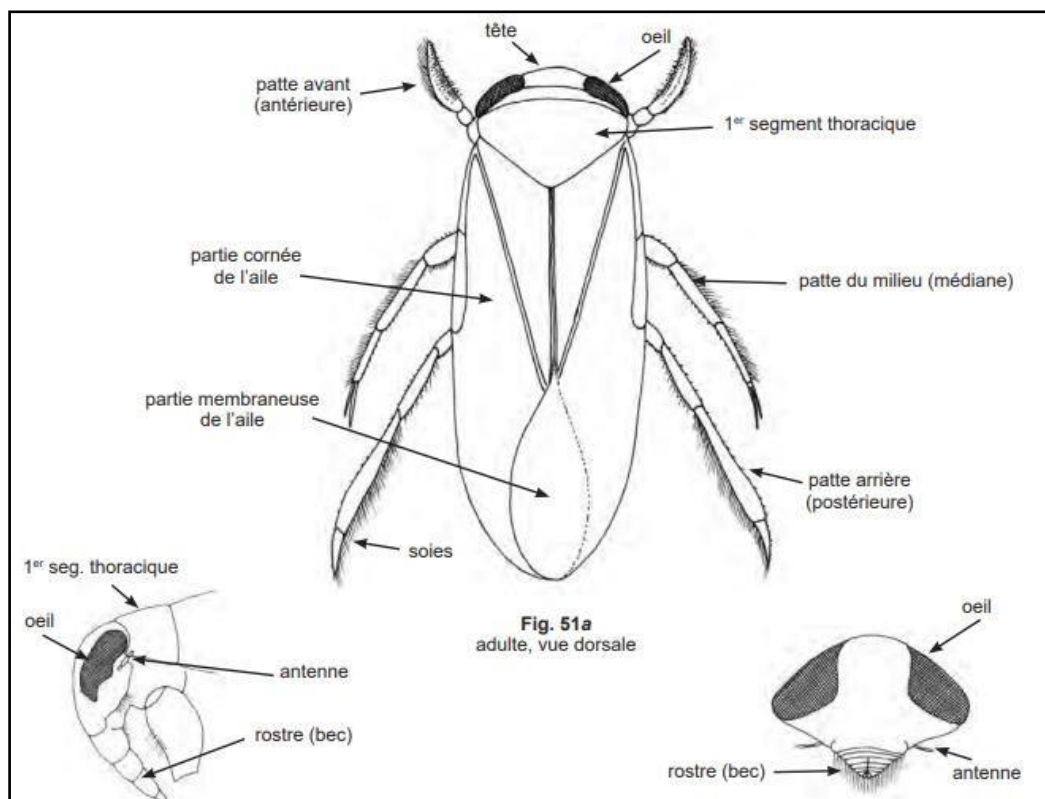


Figure 19 : Caractéristiques d'un adulte hémiptère (Moisan, 2010).

1.1.7. Gastéropodes

Les Gastéropodes constituent une classe de Mollusques fondamentalement asymétriques par suite d'une torsion qui affecte l'ensemble de l'anatomie, y compris la coquille qui est généralement spiralée ; cependant, chez les Ancyliidae notamment, la coquille présente une symétrie bilatérale acquise secondairement (Tachet *et al.*, 2010).

Ils appartiennent à deux sous-classes : celles des Prosobranches et celles des Pulmonés. Les premiers sont d'origine marine avec souvent des représentants en eaux saumâtres, les seconds sont d'origine terrestre, l'adaptation à la vie en eau douce étant secondaire. Chez les Prosobranches, la coquille est toujours spiralée, fermée par un opercule calcaire ou corné.

Cette coquille peut être conique ou plus ou moins aplatie dans un plan. La coquille est généralement dextre. Il n'y a plus qu'une cténidie dans la cavité palléale, cette cténidie sort à l'extérieur chez *Valvata*. Les yeux sont situés à la base des tentacules du côté externe. Chez les Pulmonés, la coquille est soit spiralée conique, soit en forme de chapeau chinois (coquille patelliforme des Ancyliidae). Lorsque la coquille est spiralée, elle est soit dextre (par exemple, *Lymnaea*), soit senestre (exemple, les Physidae) (Figure 20) (Tachet *et al.*, 2010).

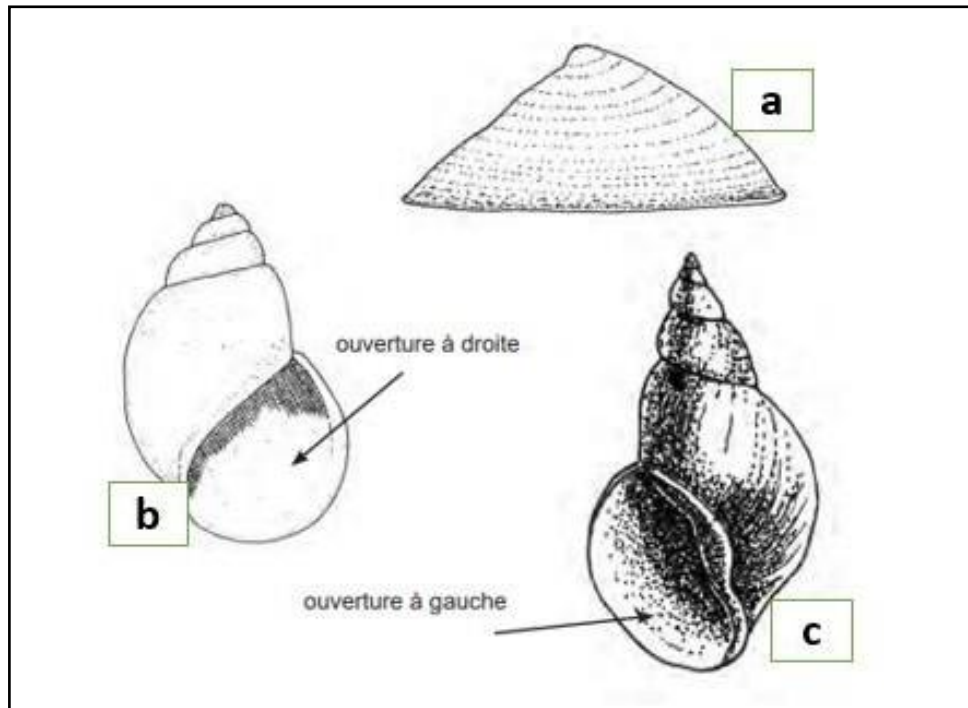


Figure 20 : Coquilles Gastéropodes ; a: Ancyliidae ; b: Lymnaeidae ; c: Physidae (Moisan, 2010).

1.1.8. Annélides

Les Annélides qu'ils soient vers de terre ou vers géants des fosses marines, sont constitués de segments identiques répétés en forme d'anneaux. D'où leur nom d'Annélides. La plupart des espèces d'Annélides rampent, s'enfouissent ou vivent dans des tubes. Certaines de ces espèces font temporairement partie du plancton à l'état d'embryons ou de larves. D'autres annélides sont planctoniques toute leur vie durant. Ce sont pour la plupart des annélides polychètes. Le phylum des animaux triploblastiques, coelomates dont les membres métamérisés (segmentés). Les Annélides ont un tube digestif complet, des soies épidermiques paires et une chaîne nerveuse ventrale (2015 in Djitni, 2016).

Le corps comprend trois régions : la tête (prosoma) qui porte les organes et la bouche, le tronc (métasoma ou soma) qui est la région la plus importante et le pygidium. Le tronc est

métamérisé, les segments ou métamères contenant tous une paire de sacs cœlomiques symétriques (**Djitni, 2016**).

Les Oligochètes et les Achètes, représentent les principales classes de cet embranchement.

- La classe des oligochètes correspond à des Annélides caractérisés fondamentalement par la présence de deux paires de faisceaux de soies : une paire latéro-dorsale et une paire latéroventrale. Très exceptionnellement, il peut y avoir absence totale de soie comme cela est le cas chez un Enchytraeidae hyporhéique du genre *Achaeta* (Figure a21) (**Bouda, 2001**).
- Tous les Achètes présentent une ventouse antérieure, où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure. L'anus est dorsal et s'ouvre en avant de la ventouse postérieure. Le corps est segmenté, retrouvés beaucoup plus dans les milieux marins que d'eau douces (Figure b21) (**Tachet et al., 2010**).

○ Classification

Règne : Animalia

Sous-règne : Eumetazoa

Embranchement : Annelida (**Grube, 1850**) [7].

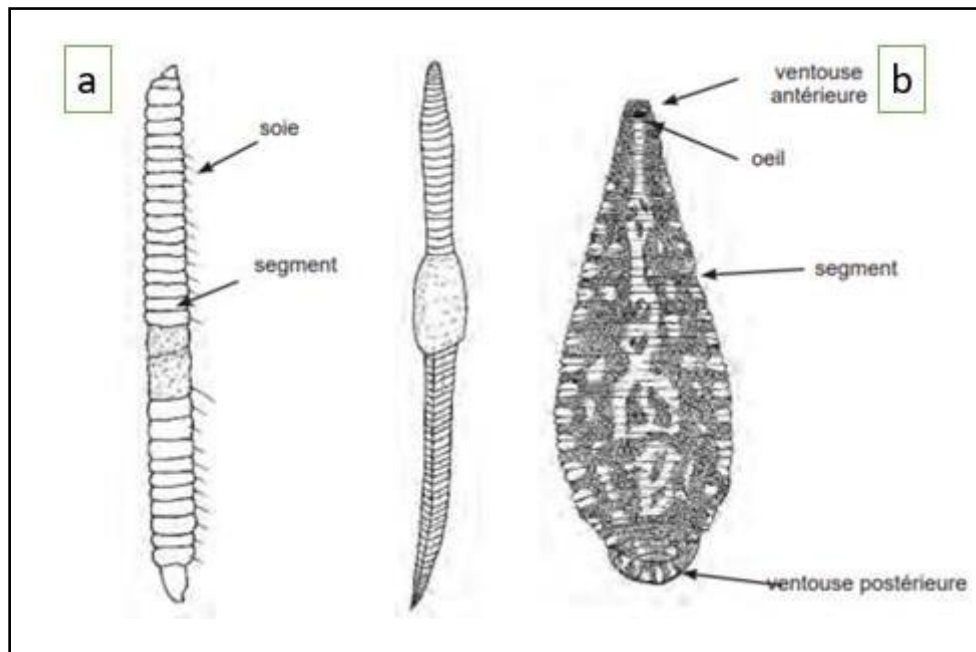


Figure 21 : Vers annélides (a: Oligochète, b: Achète sangsue) (**Moisan, 2010**).

Chapitres III

Matériel et Méthodes

3 Matériels et Méthodes

Afin de réaliser ce travail, l'étude systématique des macroinvertébrés et physicochimique ont été effectués dans les laboratoires pédagogiques de la faculté SNV et STU de Guelma et aussi en plein champ (oued zimba sur trois stations différentes (A, B, C) (Figure 8) la distance entre une station et une autre est d'environ 800 mètres) pendant une période comprise entre février – mai. La visite de ces stations est mensuelle.

3.1 Choix des sites

Après avoir identifier l'objectif de cette étude, nous devons choisir les sites accessibles et surtout qui nous emmène à notre but (Figure 8).

Le choix de trois stations est basé sur les critères suivants Nous avons suivi les critères ci-dessous :

- ✓ Les trois stations appartiennent à la même région (Oued Zimba).
- ✓ 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 température.
- ✓ Accessibilité des stations (proximité de la route, végétation peu dense) permettant une visite régulière (**Haddada et al., 2021**).

3.2 Matériel du terrain

- ✓ Une épuisette.
- ✓ Appareil multi-paramètres.
- ✓ GPS (Global Positionning System).
- ✓ Des bottes.
- ✓ Un appareil photo.
- ✓ Une épuisette pour la collecte des taxons faunistique (maille de 1 mm)
- ✓ Cuvettes.
- ✓ Bouteilles vides en plastiques.
- ✓ Éthanol (90°) pour la conservation des échantillons.

- ✓ Eau.
- ✓ Carnet de notes.
- ✓ Crayon.
- ✓ Ruban adhésif.
- ✓ Étiquette en papier résistant à l'eau.
- ✓ Un chronomètre.
- ✓ Un bouchon en liège.
- ✓ Sac à dos.
- ✓ Tamis.

3.3 Matériel de laboratoire :

- ✓ Loupe binoculaire.
- ✓ Carnet de notes
- ✓ Étiquettes.
- ✓ Flacon en verre.
- ✓ Des pinceaux.
- ✓ Des pinces
- ✓ Boîtes de pétri.
- ✓ Guides pour l'identification des spécimens. (Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie de (Tachet et al, 2000) et Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec de (Moisan et Pelletier, 2013)).
- ✓ Éthanol (90°). (Pour la conservation du matériel biologique).



Figure 22 : Loupe binoculaire.



Figure 23 : Boîtes, flacons de conservation.



Figure 24 : Appareil multi paramètre.



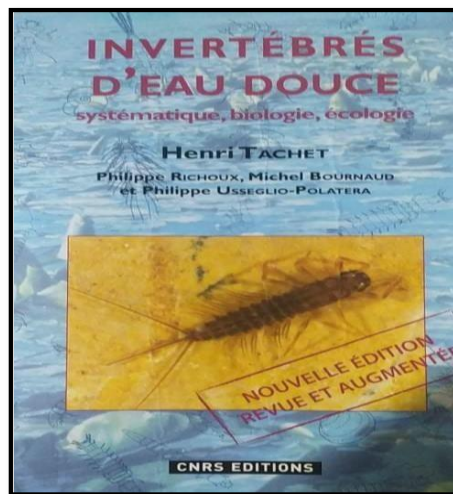
Figure 25 : Pinces.



Figure 26 : GPS.



Figure 27 : Pinceaux.

**Figure 28** : Boîtes de pétri.**Figure 29** : Filet troubleau.**Figure 30** : Guide d'identification.

3.4 Méthode du travail

Pour avoir une méthodologie bien structurée qui s'adapte à chaque étude de cas, il est indispensable de sélectionner avec soin les sites d'échantillonnage et utiliser le bon matériel. Le but de l'échantillonnage est de recueillir la diversité la plus représentative de grands invertébrés à chaque station visitée, chaque sortie pendant les quatre mois (février, mars, avril et mai).

3.4.1 Échantillonnage en plein champ

En raison de l'hétérogénéité des fonds d'un cours d'eau ou d'un étang, il n'y a pas de méthode universelle pour réaliser des prélèvements. La méthode la plus simple consiste à utiliser une épuisette avec un manche (Tachet *et al*, 2010).

La technique de récolte consiste à utiliser un filet avec un maillage de 1mm. Des coups de filet (10 coups) sont effectués sur le centre et les bords du cours d'eau dans les zones riches en végétation aquatiques, et sur le fond des zones de vase et de sable, en particulier sur les courants d'eau (Figure 31). Le contenu du filet (roches, feuilles, bâtons...) est transféré dans un seau et est égoutté à l'aide d'un tamis puis transféré dans les bouteilles en plastiques étiquetées (étiquette indiquant la date, la station et la rivière) et remplies d'éthanol 90°5 (Moisan *et* Pelletier, 2013).

La physico-chimie des eaux est d'une importance majeure dans la dynamique des Espèces, Pour cela, les paramètres physico-chimiques ont été enregistrés mensuellement sur le terrain en utilisant un appareil multiparamétrique. En fait, la vitesse d'eau a été estimée à l'aide d'une technique simple, telle la durée de déplacement d'un objet flottant sur une distance connue liste de matériel de terrain (Bensakhri, 2015).

NB : Il faut noter toutes remarques pertinentes, Odeur anormale, Couleur, Apparence inhabituelle, Débit d'eau anormale...etc.

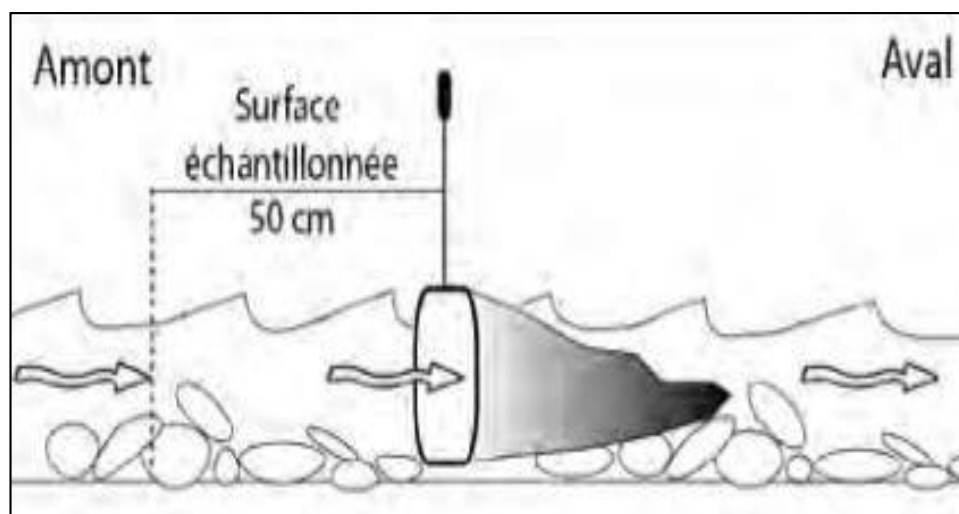


Figure 31 : Image qui explique la disposition du filet troubleau et délimitation du coup de filet (Moisan *et* Pelletier, 2013).



Figure 32 : étapes de récolte.

3.4.2 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 90° (**Bouras et Kherchiche, 2021**).

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, in Bouras, 2021**).

3.4.3 Caractéristiques physico-chimiques

Dans cette partie de notre étude, nous avons utilisé un appareil multi paramètre pour analyser chacun de ces facteurs.

3.4.3.1 Température

La température est le facteur cinétique le plus important de toutes les réactions chimiques et biologiques dans les milieux aquatiques (**Bouati, 2019**). C'est un facteur essentiel dans la vie des eaux de surfaces. Elle favorise la fermentation qui agit comme pollution additionnelle et qui diminue la teneur en oxygène dissous (**Meziane, 2009**). Des températures élevées de l'eau peuvent détruire la faune et la flore présentes dans l'eau et favoriser le développement d'espèces peu utiles telles les algues (**Chaib, 2002**). Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface (**Philippo et al., 1981**).

3.4.3.2 Potentiel Hydrogène

Le potentiel Hydrogène ou pH, 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 (**Haddada et al., 2021**).

3.4.3.3 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est indispensable à tous les organismes aquatiques, il provient : des échanges de l'interface (air- eau), de l'aération (mouvement de l'eau), des rejets industriels, et de la photosynthèse des plantes aquatiques et des algues (**SATHA, 2008**).

Une valeur inférieure à 1 mg d'O₂ par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments. Une valeur de 1 à 2 mg d'O₂ par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible ; une teneur de 4 à 6 mg d'O₂ par litre caractérise une eau de bonne qualité ; des teneurs supérieures es à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité

photosynthétique intense Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en oxygène inférieure à 4 mg/l (**Nehme, 2014**).

3.4.3.4 Salinité

La salinité traduit la quantité de sels dissouts dans l'eau et est exprimée ici en PSU (Practical Salinity Unit ou l'échelle pratique de salinité) qui est l'équivalent de ‰ (1 psu = 1 ‰).

- Eau douce (< 0,5g/l),
- Eau douce à saumâtre (0,5 à 5g/l),
- Eau saumâtre (5 à 18g/l),
- Eau saumâtre salée (18 à 30g/l),
- Eau salée supérieur à 30g/l. (**Ouali, 2015**).

3.4.3.5 Conductivité

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard exprime généralement en millisiemens par mètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 20 °C (**Nehme, 2014**). La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (**Rejsek, 2002**). La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité (**Nehme, 2014**).

3.4.3.6 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 (**Meziane, 2009**). Il est difficile de déterminer la vitesse du courant, du coup elle est estimée par sa valeur moyenne. La mesure est effectuée en lâchant une feuille d'un arbre en surface du cours d'eau sur une distance de 5m, le temps est mesuré par un chronomètre.

3.4.4 Analyse des données

Pour l'analyse des données : calcule la moyenne, la somme, tous ce qui est graphique, camemberts, courbes, histogrammes... (statistique élémentaires), nous avons utilisés l'Excel.

3.4.4.1 Organisation des peuplements

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs, il est possible de décrire la structure de la dominance, la diversité spécifique (**Soualmia et Kebabsa, 2013**).

- **L'abondance** : correspond au nombre d'individus échantillonnés.
- **Fréquence** : elle peut s'exprimer par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

Elle peut être également exprimé par le pourcentage d'où :

- $C = (p * 100) / p$
- P* : nombre de relevés contant l'espèce étudiée.
- P : nombre total de relevés effectués.

3.4.4.2 Structure d'un peuplement :

Elle exprime le mode de distribution des individus parmi les espèces qui composent le peuplement, c'est-à-dire l'organisation du tableau espèces-relevés (**Soualmia et Kebabsa, 2013**). L'étude de ce mode de répartition peut être faite :

- L'analyse de la distribution d'abondance (modèles de Preston, Motomura, Mac Arthur).
- De façon plus simple, au moyen d'indice synthétique de diversité (Mekki, 1998).
- La diversité d'un peuplement s'exprime aussi par le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique).

Parmi les indices de diversité permettant la comparaison des peuplements dans l'espace et le temps, nous avons :

3.4.4.2.1 Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963) (H')

L'indice de Shannon a l'avantage d'intervenir l'abondance des espèces. Il se calcule par la formule suivante :

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

H' : Indice de biodiversité de Shannon.

i : Une espèce du milieu d'étude. Avec :

$$p_i = n_i / N$$

Où n i : effectif de l'espèce i,

N : effectif total du peuplement

Cet indice s'exprime en bit (unité d'information) et mesure le niveau de complexité d'un peuplement. Un indice de diversité élevé correspond à un peuplement à large nombre d'espèces pour un plus petit nombre d'individus (**Chirouf et Moumene, 2015**).

3.4.4.2.2 Équitabilité

Les valeurs de l'indice de diversité connaissent des déséquilibres qui peuvent être appréciés par l'indice d'équitabilité ou (régularité), comme étant le rapport :

$$E = H/H_{max}.$$

H_{max} : étant la diversité maximale (H_{max}= log_x 2. S).

S : richesse spécifique.

H : indice de diversité.

3.4.4.2.3 Avantages des indices

- L'indice de Shannon indique l'abondance des espèces.
- L'indice d'équitabilité est utilisé pour comparer la diversité de deux peuplements ayant une richesse spécifique différente.

3.4.4.2.4 Richesse Spécifique

Est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. La richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent (**Ramade, 2003**).

Chapitre IV

Résultat et discussion

4 Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous allons traiter principalement l'étude de l'abondance, de la fréquence, de la richesse spécifique ainsi que Facteurs physicochimiques propres aux macroinvertébrés et au site à étudier (Oued zimba).

4.1 Variation des facteurs abiotique

Cette étude est basée sur l'analyse de la température, le pH, la conductivité, la salinité, l'oxygène dissout et la vitesse.

4.1.1 Température de l'eau

La troisième station a enregistré la température d'eau la plus élevée (16,9) pour les trois sorties faites les mois de (février, mars et avril) par contre la première station a enregistré la température la plus basse (8,5). La température moyenne a été marquée dans la 2^{ème} station (13,5) (Figure 34).

La 3^{ème} station est située près d'une zone urbaine et une autre industrielle où ces derniers vident leurs réseaux d'égouts de ce fait il y a une élévation de température. Et la fraîcheur de l'eau dans la station 1 est due à la géolocalisation, la vitesse d'écoulement de l'eau qui est un peu plus rapide que dans les autres stations.

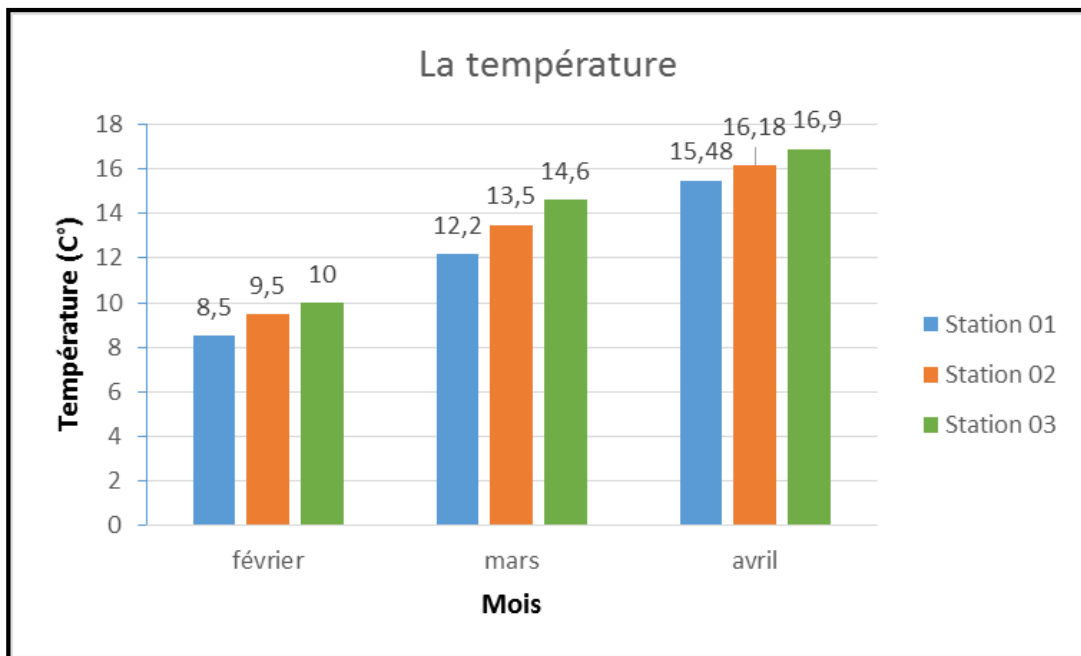


Figure 33 : Variation spatio-temporelle de la température de l'eau de chaque station.

4.1.2 pH

Durant la période d'étude, le pH a été un peu neutre à alcalin et s'oscille entre 7,78 dans la 3^{ème} station (mois de février et avril) et 8,23 dans la 1^{ère} station en mois d'avril. Il n'y a pas une grande différence entre les valeurs des 3 stations en mois de mars. La cause de cette petite variation peut être causée par les pluies acides.

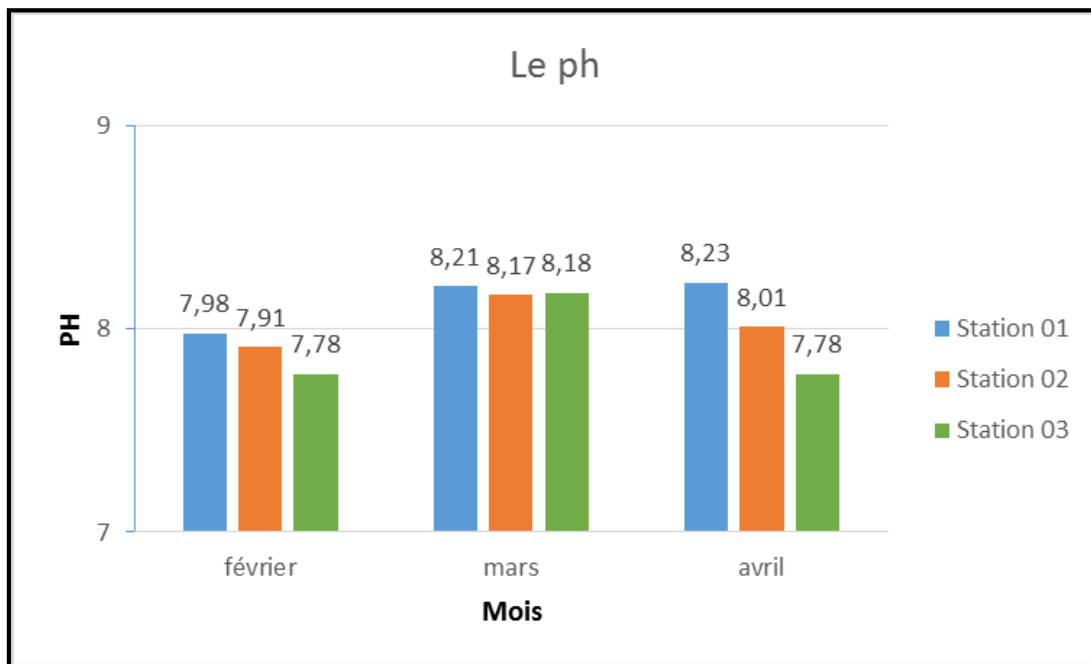


Figure 34 : Variation spatio-temporelle de pH.

4.1.3 Conductivité

Le paramètre de conductivité nous indique le degré de minéralisation des eaux (Bounaceur, 1997 ; in Touati, 2008).

Les valeurs de la conductivité des 3 stations diminuent de février à mars puis elles augmentent en mois d'avril pour marquer sa valeur maximale 1026 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans la station 3.

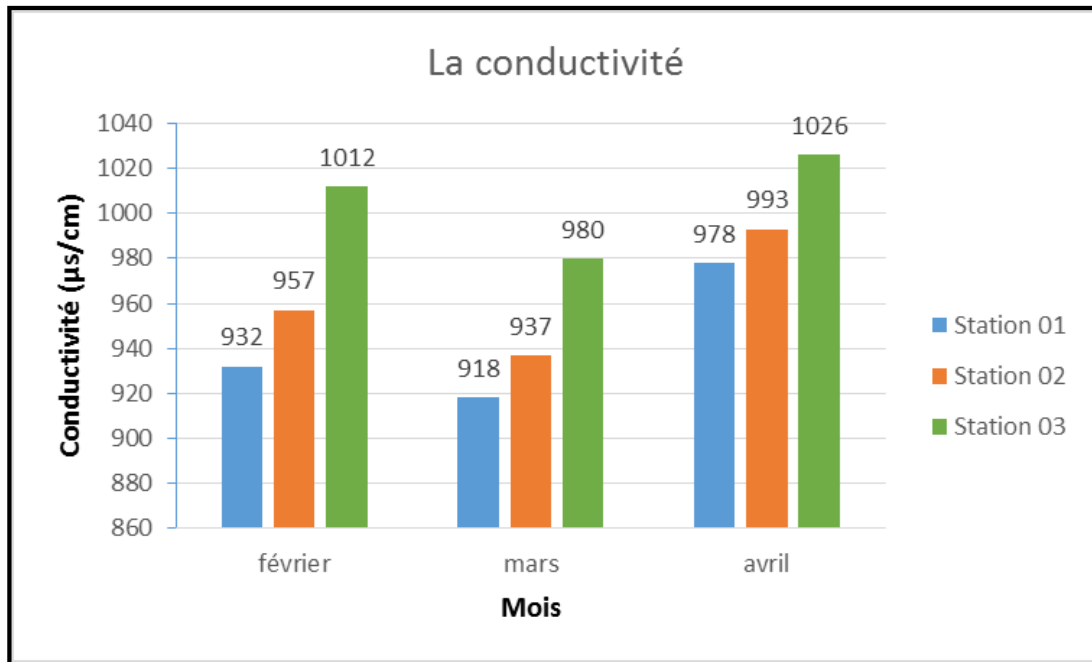


Figure 35 : Changement spatio-temporelle de la valeur de conductivité.

4.1.4 Salinité

D’après les résultats donnés dans le graphique qui suit (Figure 36), on a remarqué une ressemblance pour chaque chacune des stations pendant les 3 mois ce qui traduit une stabilité de la salinité.

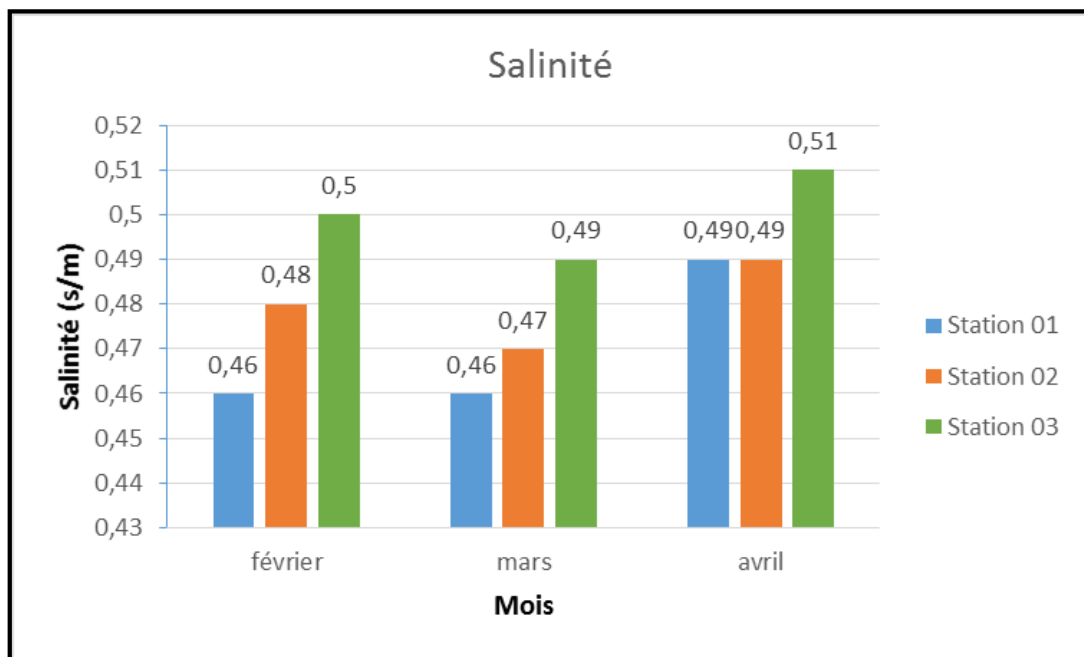


Figure 36 : Changement spatio-temporelle des valeurs de la salinité.

4.1.5 Oxygène dissous

La concentration en oxygène existant dans les eaux est le résultat de processus de la demande et de la production d'oxygène, est donc soumise à de fortes fluctuations (**Chaib, 2002 in Amiri et chekakta, 2015**).

D'après l'histogramme qui suit (Figure 37), on remarque une petite fluctuation concernant les valeurs d'oxygène dissous dans l'eau étudiée en mois de février (entre 12-15%) et mois de mars (entre 25-31%), ces valeurs sont par contre, il y a eu une grande augmentation qui dépasse 200% en mois d'avril, ce changement peut être causé par un déséquilibre dans le multiparamètre.

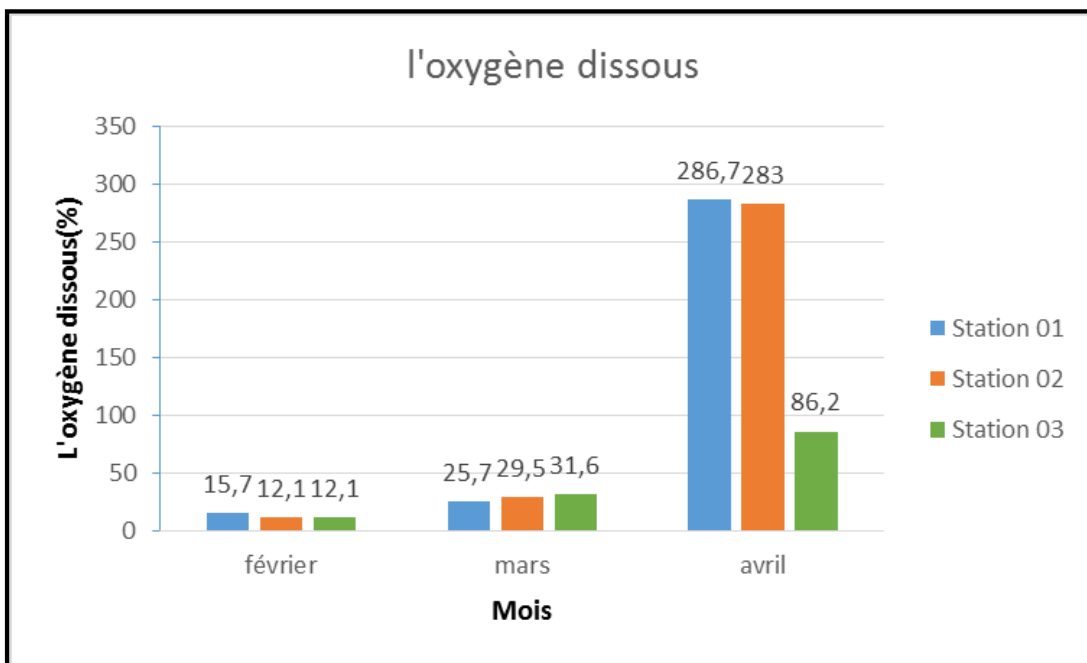


Figure 37 : Changement du pourcentage d'oxygène dissous dans les stations étudiées.

4.1.6 Vitesse du courant

D'après le graphique présenté dans la (Figure 38), nous avons remarqué une diminution de la vitesse du courant d'une station à l'autre qui la suit et en mois de mars la vitesse est élevée où on a marqué la vitesse maximale, cette élévation est par rapport au mois de février et avril. La cause de cette diminution peut être, la largeur et profondeur du cours d'eau ainsi que les précipitations.

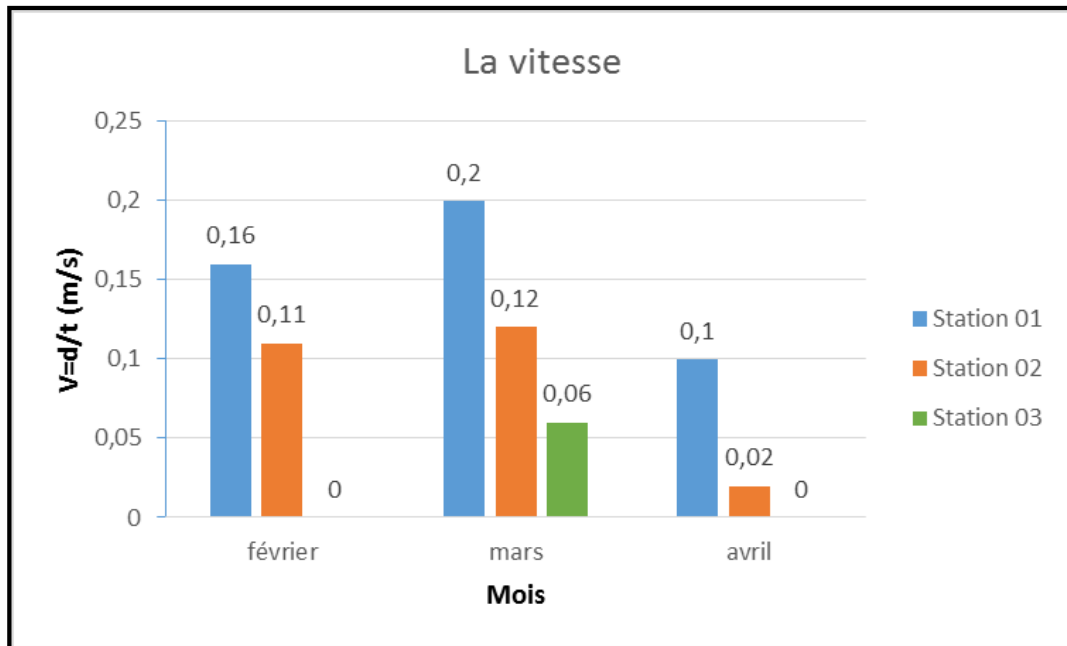


Figure 38 : Vitesse du courant d'eau dans les 3 stations d'Oued zimba en m/s.

4.2 Analyse de la faune benthique

4.2.1 Abondance de la faune benthique

L'étude du cours d'eau permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution, dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés en place (**Cereghino, 1992** *in* **Haddada et al., 2021**).

Tableau 12 : Check-list des taxons faunistique trouvés.

Taxons				Stations			Total	
Embran- chement	Classe	Ordre	Famille	Station1	Station 2	Station 3		
Arthropodes	Insectes	Ephéméroptères	<i>Baetidae</i>	181	94	115	390	
			<i>Caenidae</i>	16	6	2	24	
			<i>Leptophlebiidae</i>	353	292	9	654	
		Plécoptères	<i>Perlodidae</i>	25	1	0	26	
			<i>Leuctridae</i>	13	10	1	24	
			<i>Taeniopterygidae</i>	5	3	0	8	
			<i>Perlidae</i>	6	2	0	8	
		Coléoptères	<i>Dytiscidae</i>	8	19	8	35	
			<i>Haliplidae</i>	2	22	0	24	
			<i>Scirtidae</i>	1	0	0	1	
			<i>Gyrinidae</i>	0	1	0	1	
		Diptères	<i>Chironomidae</i>	4	109	88	201	
			<i>Dixidae</i>	3	16	10	29	
			<i>Stratiomyidae</i>	1	0	0	1	
			<i>Simuliidae</i>	0	7	3	10	
			<i>Ceratopogonidae</i>	0	1	1	2	
			<i>Culicidae</i>	0	1	10	11	
			<i>Tipulidae</i>	0	1	1	2	
			<i>Limoniidae</i>	2	1	0	3	
			<i>Empididae</i>	0	0	1	1	
			<i>Tabanidae</i>	0	0	1	1	
			Odonates	<i>Coenagrionidae</i>	0	0	1	1
				Zygoptères	0	20	0	20
		Trichoptères	<i>Limnephilidae</i>	1	0	0	1	
			<i>philoptamidae</i>	1	0	0	1	
		Hémiptères	<i>Veliidae</i>	12	1	0	13	
			<i>Notonectidae</i>	9	3	0	12	
			<i>Corixidae</i>	0	1	0	1	
		Mollusques	Gastéropodes	<i>Ancylidae</i>	50	33	7	90
				<i>Hydrobiidae</i>	1	0	0	1
<i>Physidae</i>	16			42	41	99		
<i>Planorbidae</i>	0			1	0	1		
<i>Lymnaeidae</i>	1			32	14	47		
Annélides	Oligochètes	<i>Lumbricidae</i>	0	1	0	1		
Amphibiens				2	11	2	15	
				713	731	315	1759	

En passant par les trois stations étudiées, on a pu trouver au total 1759 individus dont 85% sont des insectes et 15% sont Mollusques, Oligochètes et Amphibiens (Tableau12).

Les ordres de macroinvertébrés les plus présents sont : Éphéméroptères, Diptères, Gastéropodes. Ces derniers présentent une diversité et une abondance remarquable où les Éphéméroptères viennent en premier lieu avec une abondance de 61% réparties en trois familles en suite viennent les diptères dans la 2^{ème} classe avec 15% et 10 Familles (l'ordre le plus divers et riches en familles), puis les Gastéropodes avec une abondance proche à celle des diptères mais moins de diversité de familles (5 familles).

Le reste (Plécoptères, Coléoptères, Trichoptères, Oligochètes, Amphibiens, Odonates, Hémiptères) sont faiblement représentés et constituent respectivement (4familles, 4%), (4 Familles, 3%), (2 familles, 0.1%), (1 famille, 0.05%), (1 Famille, 1%), (2 Familles,1%) (3 Familles, 1%).

La présence des Leptophlebiidae (Ephéméroptères), Plécoptères en général en grand nombre indiquent une eau bien oxygénée et de bonne qualité, Car ils sont très sensibles aux pollutions.

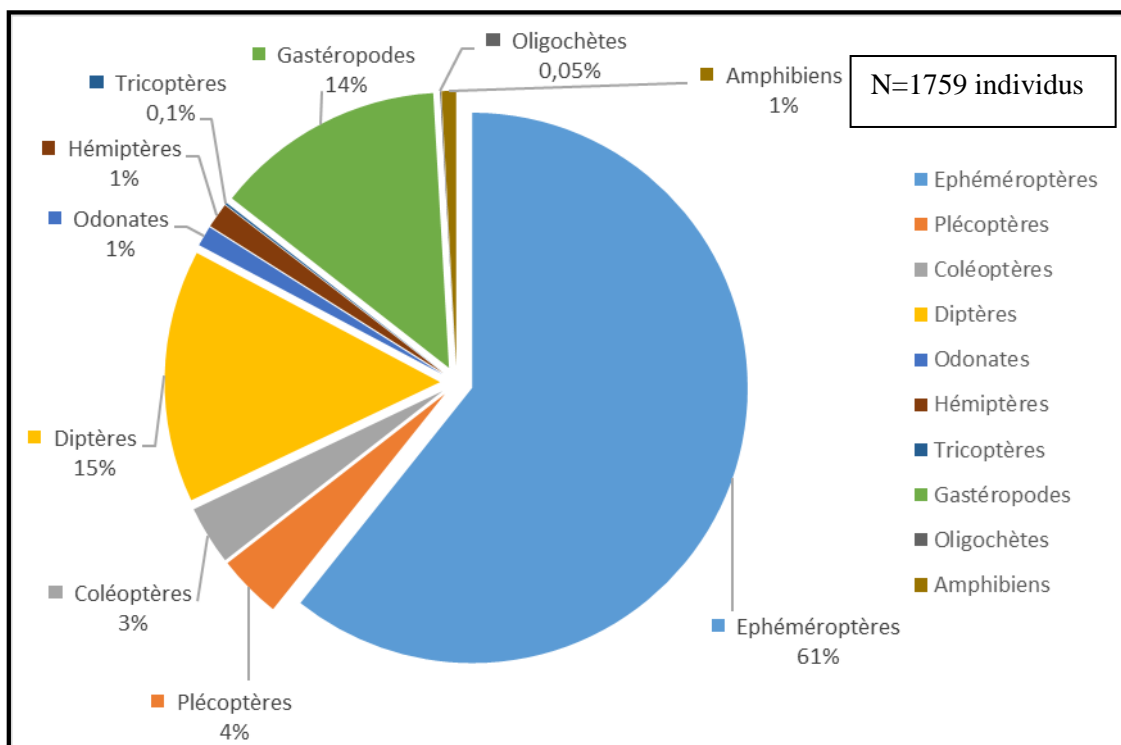


Figure 39 : Pourcentage de l'abondance de chaque famille des macroinvertébrés.

4.2.2 Distribution de macroinvertébrés dans chaque station

Tous les taxons faunistiques récoltés, triés, identifiés et pris en compte dans notre analyse correspondent à 1759 individus. L'abondance des taxons de macroinvertébrés varie d'une station à une autre, 713 individus dans la première, 731 individus dans la deuxième et 315 dans la dernière station, cela équivaut respectivement 40%, 42%, 18%. Ces derniers nous servent à analyser la diversité et la richesse spécifique (Figure 40, 41).

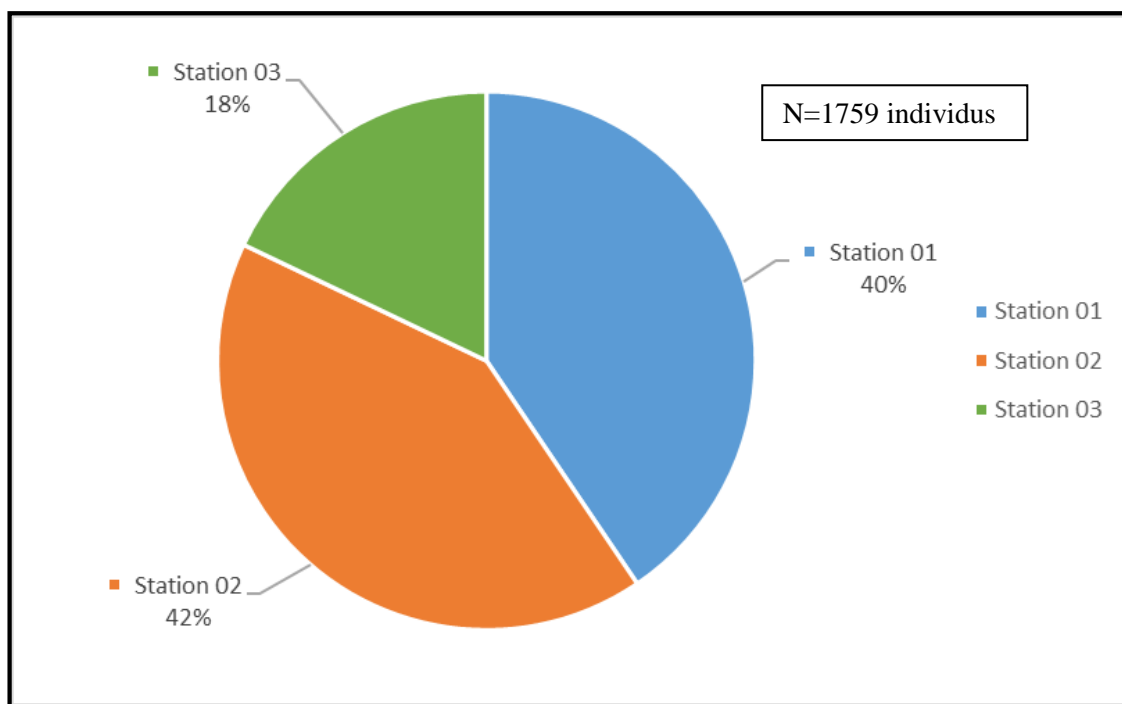


Figure 40 : Distribution faunistique des macroinvertébrés dans chaque station en %.

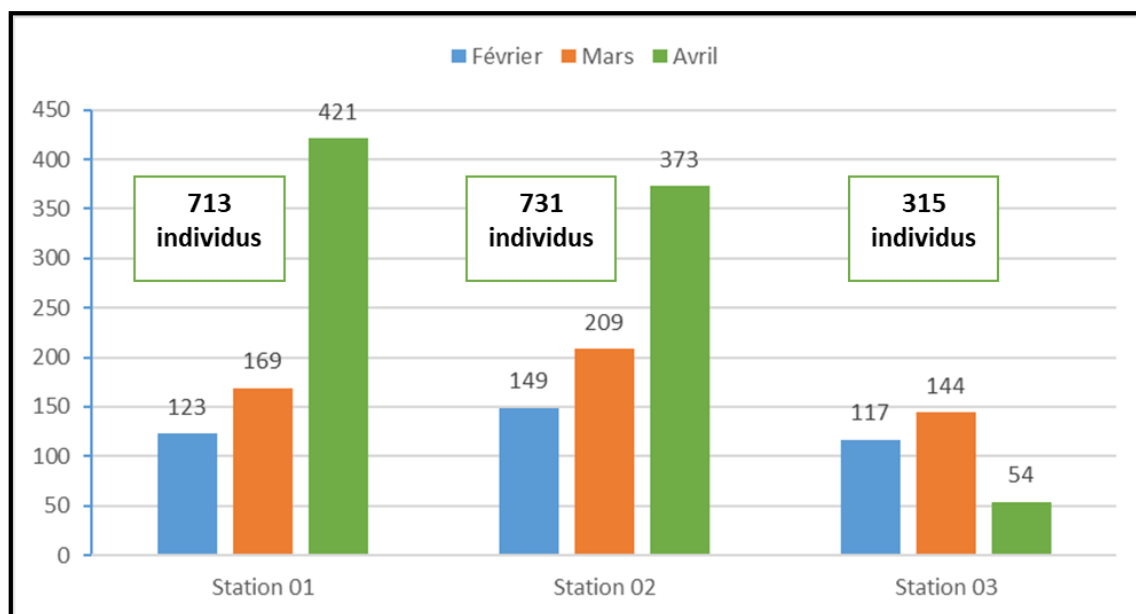


Figure 41 : Fluctuation spatio-temporelle de l'abondance par stations.

4.2.3 Abondance des taxons de macros invertébrées en fonction du temps

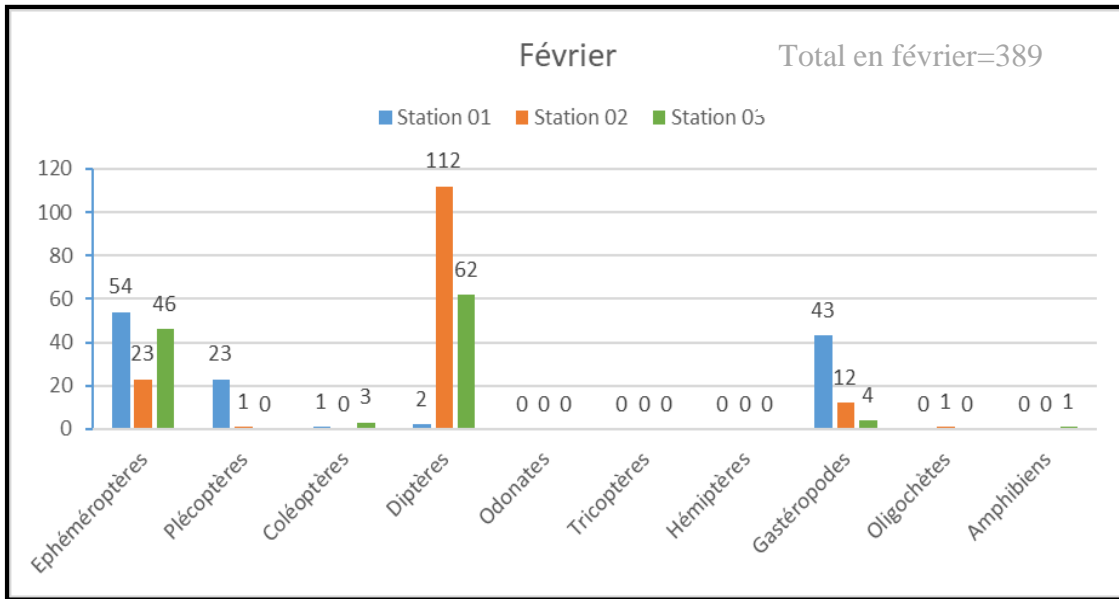


Figure 42 : Abondance des macroinvertébrés en février.

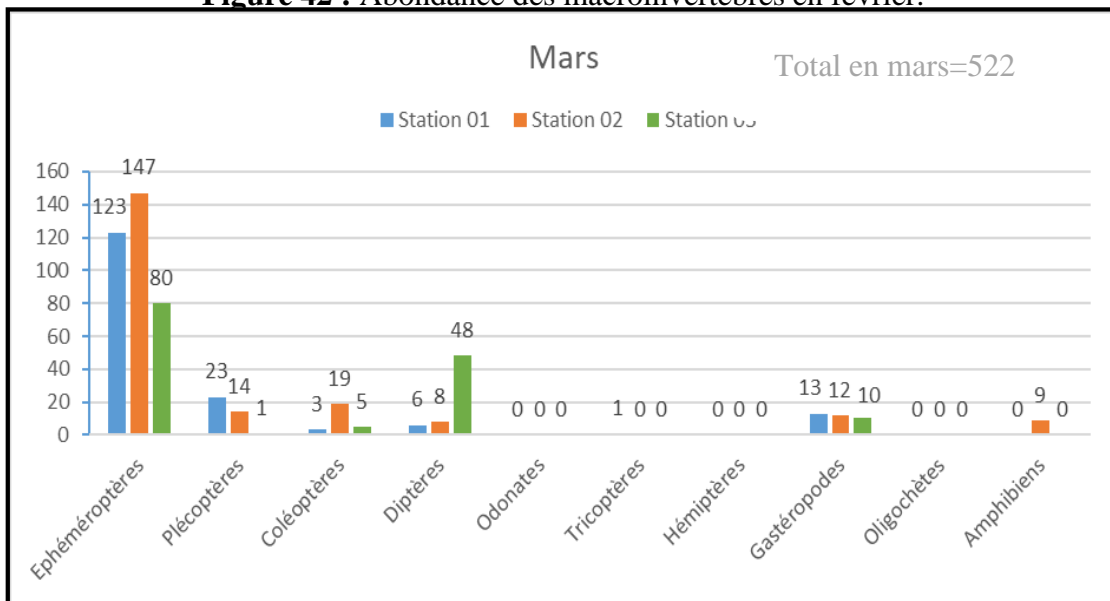


Figure 43 : Abondance des macroinvertébrés en mars.

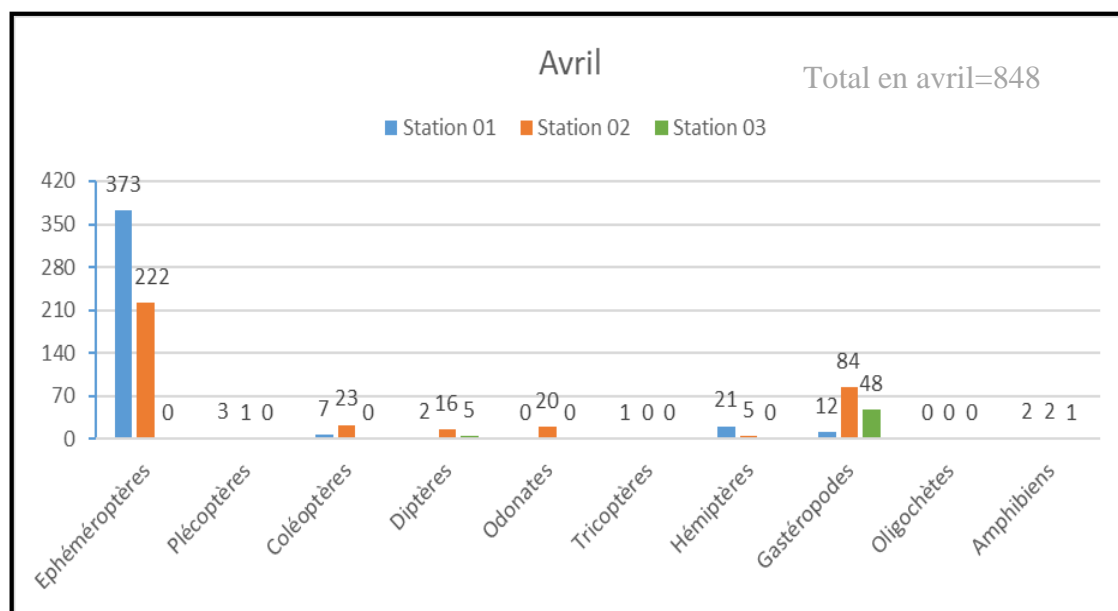


Figure 44 : Abondance des macroinvertébrés en avril.

Durant le temps de notre étude (février, mars, avril), nous avons pu marquer 35 taxons faunistiques sur un ensemble de trois stations échantillonnées. La diversité taxonomique de macroinvertébrés benthiques en fonction du temps atteint son maximum de 19 taxons en mois d'avril, 17 taxons en mars et son minimum en mois de février de 15 taxons.

4.2.4 Richesse spécifique

Ce paramètre renseigne sur la qualité du milieu, plus le peuplement riche plus le milieu est complexe et donc stable. Il n'est statistiquement pas interprétable dans le cas d'une comparaison entre plusieurs peuplements. Ce paramètre donne une place très importante aux espèces rares (**Houmeur et Bendada, 2016**).

Sur la base du diagramme obtenu de la richesse spécifique pendant la période d'échantillonnage au niveau de trois sites, nous pouvons affirmer que la faune aquatique de ces sites est assez riche. Le nombre des taxons faunistiques (35 taxons) montre que les données recueillies présentent une grande variété faunistique.

Après la lecture des résultats (Figure 45 et 46), on a observé la richesse taxonomique la plus élevée au niveau de la station 2 avec 27 taxons, 22 taxons à la station 1 et la moins riche c'est bien la station 3 avec 18. Cette fluctuation pourrait être en relation avec la température, la vitesse du courant ainsi que les actions anthropiques appliquées dans la région. Surtout la diminution de la diversité dans la 3^{ème} station est sûrement à cause du courant d'eau qui est presque nul.

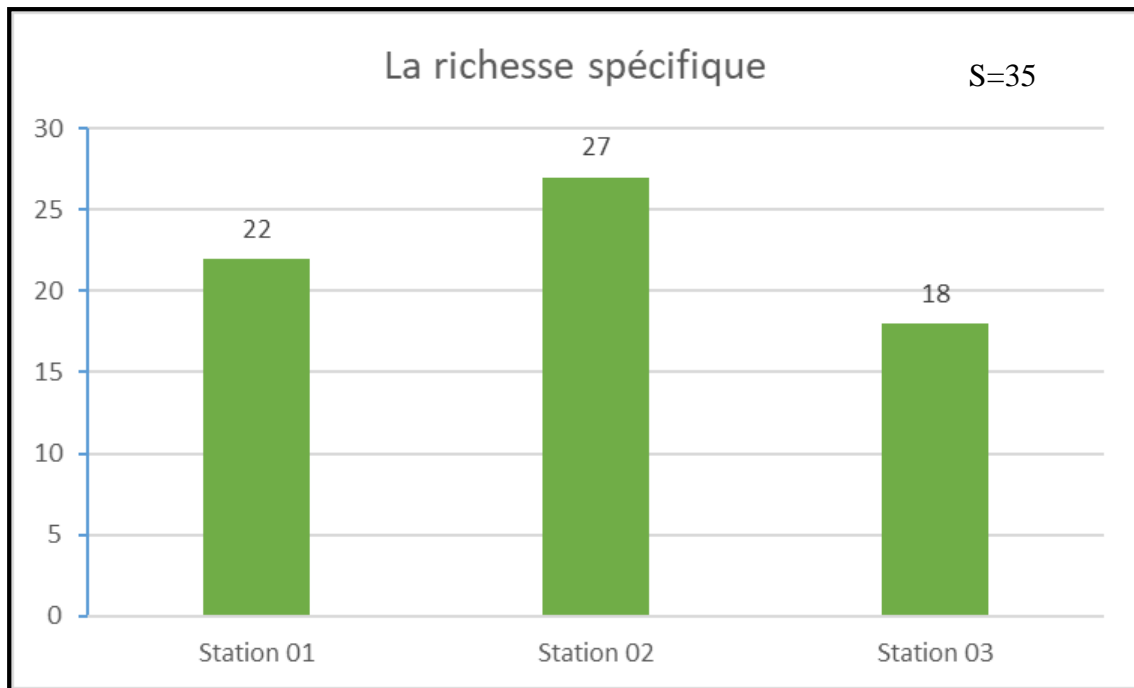


Figure 45 : Richesse spécifique de chaque station.

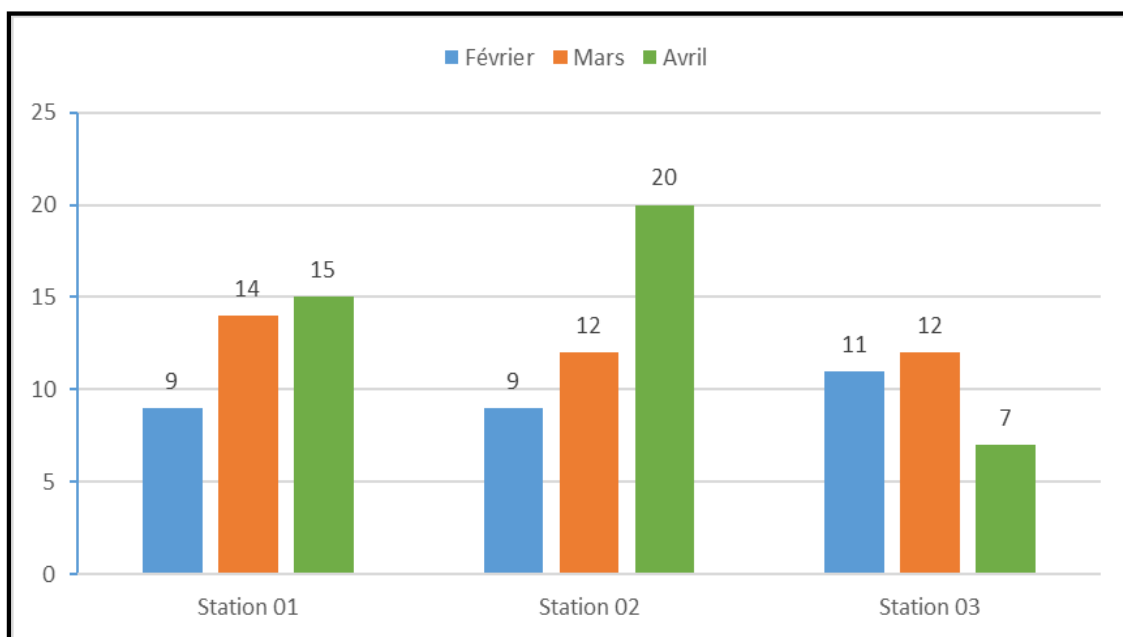


Figure 46 : Fluctuation spatio-temporelle de la richesse spécifique par station.

4.2.5 Indice de Shannon et d'équitabilité

L'indice de diversité de Shannon ainsi que l'équitabilité sont élevés dans la majorité des stations ce qui correspond à des conditions de milieux favorables permettant l'installation de nombreuses espèces.

Par définition l'équitabilité E varie de 0 à 1, l'équitabilité est pratiquement élevée pour la majorité des stations étudiée. Elle confirme les résultats de l'indice de Shannon. (**Meziane, 2009**).

Ces deux indices restent dépendants de la taille des échantillons et dépendant du type des habitats. Même lorsqu'ils ne sont pas perturbés. Il reste ainsi difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu à moins de déterminer au préalable des valeurs seuil pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée (**Haddada et al., 2021**).

Les valeurs la plus élevée de l'indice de Shannon ont été marquées au niveau de la station 2 en mois de mars avec 1.7 bits, en mois d'avril avec 1.8 bits et au niveau de la station 3 en mois de février avec 1.6 bits. Par contre les valeurs minimales ont été enregistrées dans la station 2 en février et dans la station 3 concernant les mois de mars et avril. Ces valeurs indiquent une diversité considérable (Figure 47).

L'indice de l'Équitabilité "E" est calculé par le rapport H/H_{max} . Il mesure l'équilibre des peuplements ou l'équirépartition et il varie entre 0 et 1, atteint son maximum lorsque l'abondance des taxons est identique. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur un seul taxon (dominance d'une seule espèce). L'équitabilité calculée pour chaque station dans le site d'étude est presque toujours proche à l'équilibre. Cet indice varie entre 0.4 marquée en avril dans la station 1, cette valeur traduit une diminution des taxons existants et qu'un taxon dominant ; et 0.7 marquée en février dans la même station, cela indique que le milieu est équilibré (Figure 48).

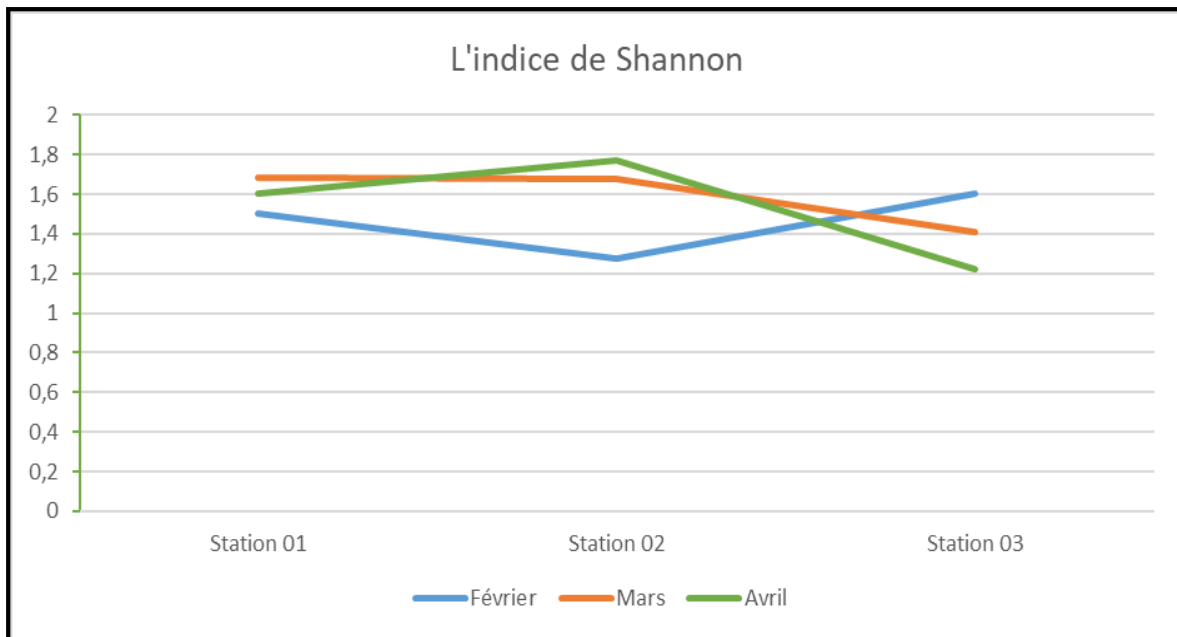


Figure 47 : Variation spatio-temporelle de l'indice de Shannon.

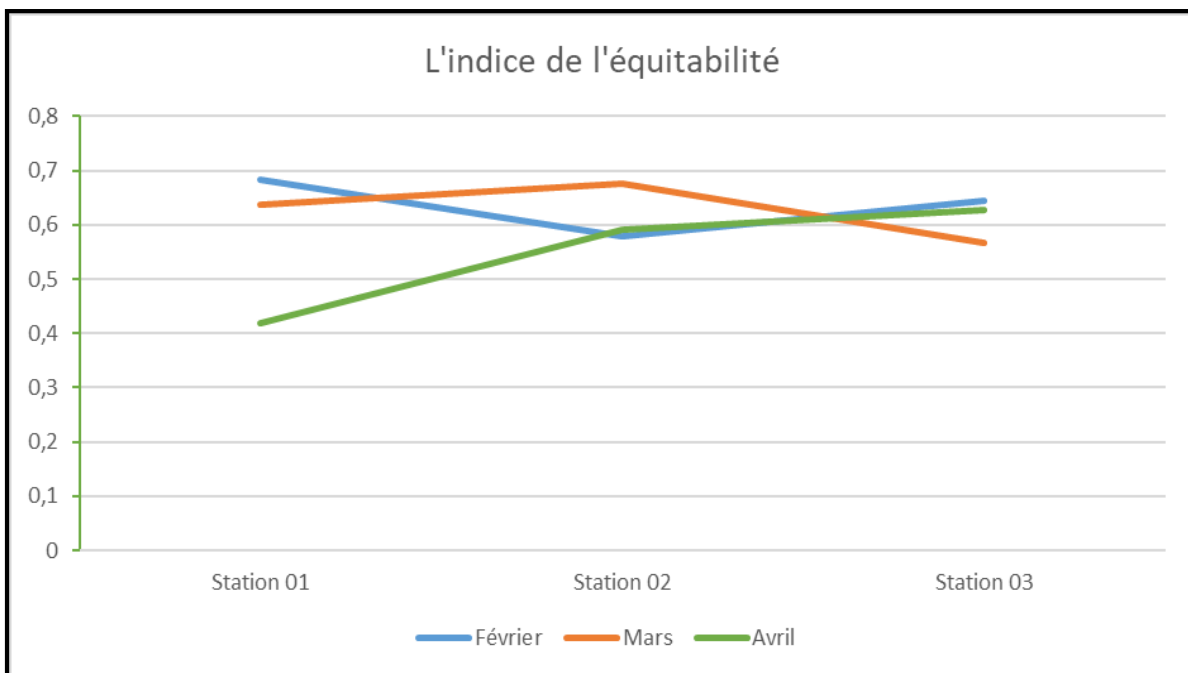


Figure 48 : Variation spatio-temporelle de l'indice d'équitabilité.

Conclusion

Conclusion

Une étude préalable de la distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés a été réalisée durant le temps d'étude qui s'étale du mois de Février jusqu'à le début du mois de Mai en plein champ et aussi au laboratoire.

Ce travail a permis de mettre en évidence la diversité faunistique de cette région constituée de 1759 individus appartenant à 3 classes d'invertébrés : Insectes, Gastéropodes et Annélides ainsi que quelques amphibiens. La classe les insectes représente le groupe dominant avec 85% de la totalité d'effectif représenté par ordre décroissant d'abondance : Éphéméroptères, Diptères, Plécoptères, Coléoptères, Hémiptères, Odonates, Tricoptères. Nous avons marqué dans ce travail la présence des Leptophlebiidae et des Plécoptères qui reflètent une meilleure qualité d'eau dans les stations 1 et 2.

Le calcul de la richesse spécifique, des indices de diversité de Shannon et l'Équitabilité montre que la majorité des stations étudiées représentent une faune bien diversifiée qui s'adapte aussi bien que possible aux variations des milieux. Ces indices révèlent aussi un point très important qui est la détérioration de la qualité de l'eau de la 3^{ème} station qui est la plus polluée.

Référence Bibliographique

Références bibliographiques

- Aubert, J. 1959. *Plecoptera. Insecta fauna Helvetica 1*. Lausanne
- Amiri, M. Chekakta, D. *Contribution à l'étude des macros invertébrées de l'oued bradaa*. mémoire de Master. Université de Guelma.
- Belanger, D. 2009. *Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier*. Essai présenté en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale. UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE. Quebec.
- Bensakhri, Z. (2015), *Contribution à l'étude des Chironomidae (Insecta: Diptera) des eaux courantes du Nord-est Algérien: Cas d'oued Charef et leur impact sur la santé*, Thèse de Doctorat . Université 8 Mai 1945-Guelma.
- Bouat, B. Boualleg, S. 2019. *Les macroinvertébrés benthiques bioindicateurs de la qualité écologique des milieux lotiques : cas d'Oued Bouhamdane et affluents Nord- Est d'Algérie*. Mémoire de Master. Université de Guelma.
- Bouchelaghem, H. 2008. *Caractérisation du peuplement Odonatologique du bassin versant des Oueds : Cherf – Seybouse*. Mémoire de Magister. Université de Guelma.
- Bouda, S. (2001). *Étude des macros invertébrés benthiques et de l'alimentation d'espèces de poisson en relation avec le rétrécissement saisonnier de la superficie d'eau du lac de barrage la Comoé*. Ingéniorat en développement rural. Université polytechnique de BOBO Dioulasso (U.P.B).
- Bounaia, W. 2020. *Contribution à l'inventaire de l'entomofaune de la région de Guelma (Etude et synthèse)*. Mémoire de Master, Université de Guelma.
- Bouras, O. Kherchiche. M, 2021, *Etude de la qualité biologique d'un écosystème lotique dans la région dz Guelma (Oued Charef)*, Mémoire de Master, Université de Guelma.
- Chaïb, N. 2002. *Contribution à l'étude écologique et hydrochimique de quelques hydrosystèmes de la Numidie (Région d'El Kala et de Guerbès-Sanhadja)*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Chirouf, M. Moumene, M. 2015. *Etude écologique des macroinvertébrés d'oued Helia*. Université de Guelma.
- Djebnoui, A. Nouar, M, 2015, *Contribution de l'étude de Macroinvertébré à la haute Seybouse*, Mémoire de Master, Université de Guelma.

- Djitni, F. Zaidi, Z. 2016. *Etude bioécologique et biochimique d'un annélide polychète «Nereis falsa »*. Mémoire de Master. Université Guelma.
- Genin, B, Chauvin, C. Ménard, F. 2003. *Cours d'eau et indices biologiques, pollution, méthodes, IBGN*, deuxième édition. France : Educagri.
- Gattoliat. J, 2002, *Etude systématique cladistique et biogéographique des Baetidae (Ephemeroptera) de Madagascar*, Thèse de doctorat, Université de Lausanne.
- Haddada. D, Souadkia. M, Zermiche, A. 2021, *Contribution à l'étude des macro-invertébrés dans un écosystème lotique dans la région de Guelma (Oued Zimba)*, Mémoire de Master, Université de Guelma.
- Houili. K, Graini. S, 2019, *Étude comparative des Odonates et macroinvertébrés des milieux lenticules de la région de Guelma*, mémoire de Master, Université de Guelma.
- Houmeur. Z, Bendada. M, 2016, *Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Bouhamdane*, Mémoire de Master, Univ de Guelma.
- Meziane, N. 2009. *Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva*. Mémoire de Magister. Univ Guelma.
- Montreuil, O. 2008. *Relation entre l'ordre des bassins versants, l'organisation spatiale et le fonctionnement hydrologique et hydrochimique des zones humides riveraines*. Thèse de doctorat. École nationale supérieure d'agronomie de Rennes. École nationale supérieure d'agronomie de Rennes.
- Moisan, J. 2006. *Guide d'identification des principales macros invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN-13: 978-2-550-48518-6 (PDF), ISBN10: 2-550 48518-1 (PDF).
- - Moisan, J. 2010. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec*.
- Moisan, J. et Pelletier, L. 2013. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec Cours d'eau peu profonds à substrat grossier*.
- Naidja, S. 2020. *Etude comparative des macroinvertébrés des milieux lenticules de la région de Guelma*, Mémoire de Master, Université de Guelma.
- Nehme, N. 2014. *Évaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière du Litani, Liban : approche environnementale*, Thèse de doctorat soutenue, Université de Lorraine.

- Ouali, H. 2015. *Les mares temporaires de Kabylie au printemps : caractérisation physico-chimique et inventaire des macroinvertébrés*. Univ Bejaia.
- Philippo, P. Pommery, J. Thomas, P. 1981. *Évolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportements des espèces métalliques au contact des matières humiques*. Journal français d'hydrologie.
- Rejsek, F. 2002. *Analyse des eaux : Aspects réglementaires et technique*. Sceran. Paris.
- Ramade, F. 1984. *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. Ed. McGraw et Hill, Paris.
- Samraoui, B. Khelifa, R. Youcefi, A. Kahlerras, A. Alfarhan, A H. Al-Rasheid. K A. S ; *L'odonatofaune (Insecta : Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie : intérêt pour la biodiversité du Maghreb* ; Revue d'écologie, 2011, vol. 66, N°1, pp. 55-66.
- Satha, A. 2008. *Caractérisation du peuplement odonatologique des Bassins versants de Bouhamdane et Seybouse*. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.
- Satha, H. 2014. *Évaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse*. Mémoire de master. Univ de Guelma.
- Soualmia, I Kebabsa, H 2013. *L'étude des macros invertébrées d'oued Seybouse*, Mémoire de Master, Université de Guelma.
- Tachet, H. Richoux, P. Bournaud, M. Usseglio-Polatera, P. 2010. *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. Paris. CNRS EDITIONS, Nouvelle édition.
- Tandjir, L. 2010. *Les zones humides : Unités environnementales fondamentales*. Algérie Office des publications universitaires.
- Touati, L. 2008. *Distribution spatio-temporelle des Genres Daphnia et Simocephalus dans les mares temporaires de la Numidie*. Université de 8 mai 1945, Guelma.
- Water Framework Directive (WFD). (2003). *Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential, Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT)*.

Sites web

[1]<https://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/wilaya-guelma>. Consulté le 07/03/2022.

[2]<https://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueGUELMA.html>.
Consulté le 07/03/2022.

[3]<https://www.infoclimat.fr/stations-meteo/climato-globale-comparaison-annees.php?staid=60403>
Consulté le 21/04/2022.

[4]<https://fr.weatherspark.com/y/55170/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Guelma-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e#Figures-WindSpeed>. Consulté le 22/04/2022.

[5]<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre2/chapitre2.html> consulté le 01/04/2022.

[6]https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroidvertebre/benthos/index.htm. Consulté
le 03/04/2022.

[7]<https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Plecoptera.html>. Consulté consulté le
19/04/2022.