الجمهورية الجزائرية الديموقراطية 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
Spécialité/Option: Hydro-Ecologie
Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème

La qualité de l'eau en relation avec les macro-invertébrés (cas oued Seybouse)

Présenté par :

Boudour Abla

Habiles Rahma

Devant la commission composée de :

Derbal N	**Président**	**Université de Guelma**
Rouibi A	**Examinateur**	**Université de Guelma**
Zerguine K	**Encadreur**	**Université de Guelma**
Bencherif H	**Membre**	**Université de Guelma**
Guettaf M	**Membre**	**Université de Guelma**
Ramdani K	**Membre**	**Université de Guelma**

Juin 2017

Résumé :

Notre travail est une étude écologique et systématique des macro-invertébrés d'Oued Seybouse dans le Nord-est Algérien.

Ce travail a porté autant sur les paramètres physico-chimiques que des paramètres biologiques (macro-invertébrés). Ainsi, les prélèvements ont été effectuée on 03 stations : Zimba, Hlia, et Seybouse.

L'objectif visé par cette étude est la mise en évidence de la relation de la variabilité spatio-temporelle avec l'estimation de l'évolution, la répartition et l'abondance des communautés des macro-invertébrés, à l'aide d'indices écologiques et de l'analyse en composants principales.

La faune recensée dans ce travail se compose de 19 taxons appartenant à quatre groupes qui sont : les Annélides, les Mollusques, Crustacées et les insectes aquatiques.

Les résultats des analyses de la richesse et de la diversité ainsi que des indices biologiques de diversité et l'IBGN effectués sur les données obtenues montrent que : la station de Hlia a une situation moyenne de la qualité des eaux, une qualité mauvaise pour la station de Zimba et la station d'Oued Seybouse montre une qualité médiocre.

Mots clés : Seybouse, macro-invertébrés, indice de diversité, indice IBGN.

Abstract:

Our work is an ecological and systematic study of macro-invertebrates of Seybouse River, case of Oued Seybouse, Zimba and Hlia in north eastern Algeria.

This work has focused on physicochemical parameters and biological parameters (macro invertebrates). In fact, the samples have been realized in 03 stations.

The principal objective of this study knows how the spatiotemporal variability can influence evolution and ecology of macro invertebrates community by using ecological indexes.

The fauna identified in this work consists of 19 taxa belonging to four groups that are: annelids, crustaceans, mollusks and aquatic insects.

The results of the wealth and diversity and biological diversity indices and IBGN performed on the data obtained show that: the station of Hlia has average state of water quality, bad quality for Zimba station and the Owed Seybouse station shows a mediocre.

الملخص

عملنا هذا هو دراسة بيئية و منهجية عن اللافقاريات الكبيرة في واد سيبوس في الشرق الجزائر

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة على مستوى 3محطات (سيبوس ,زينبة,حلية) هو معرفة العلاقة بين التقلبات الزمنية والمكانية مع تقدير التطور و التوزع وكثافة اللافقاريات الكبيرة باستعمال كل من المؤشرات البيئية.

الحيوانات التي تم تحديدها في هذا العمل تتكون من 19 صنف ينتمون الى اربع مجموعات هي : الحلقيات , القشريات , الرخويات و الحشرات المائية.

نتائج التحليلات من الثروة والتنوع و مؤشرات التنوع البيولوجي و اداء المؤشر البيولوجي العالمي الموحد تظهر على البيانات التي تم الحصول عليها ما يلي : محطة حلية لديها حالة متوسطة لنوعية المياه , ومحطة زينبة في حالة سيئة و واد سيبوس المياه في حالة متدهورة .

الكلمات المفتاحية: سيبوس- اللافقاريات الكبيرة- و مؤشر التنوع-المؤشر البيولوجي العالمي الموحد.

Remerciement

Nos sincères remerciements à Dieu, le tout puissant de nous avoir donnée la force, la volonté et le courage pour concrétiser notre travail.

Nous ne serons pas comment remercier nos parents qui nous ont aidés et qui étaient toujours compréhensifs envers nous. Ils ont sus nous mettre sur rails et nous encourager d'avantage. Encore une fois mille mercis.

Nos remerciements les plus sincères vont aussi membres de jury Mme Derbal N (Maitre-Assistant à l'université de Guelma) qui nous fait l'honneur de présider le jury et à Mr Rouibi A.H (Maitre-Assistant à l'université de Guelma) pour avoir accepté d'examiner ce travail.

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

A tout le personnel de l'institut de Biologie, et plus particulièrement la promotion de Santé Eau et L'Environnement. Sans oublier de conférer nos plus sincères remerciements a tout le personnel de laboratoire.

Nous remercions aussi la station météorologique de Belkhir (Guelma) pour leur soutien et leur aide.

Et enfin notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire et surtout nos parents.

Abla et Rahma

Dédicace

Avant tous, je remercie le bon dieu de m'avoir mis sur le bon chemin pour pouvoir réaliser ce travail.

Au soleil de mes jours, la source d'amour et tendresse à mes chers parents.

A ma sœurs : Selma.

A mon frère : Riad.

A tous les enseignants et professeurs qui ont contribué à ma formation Depuis l'école primaire jusqu'à l'université. Particulièrement à mon encadreur : Mme Zerguine Karima.

A tous mes amis : Amira, Nissa, Zahra, Rokaya, Marwa, Sara.

A tous les étudiants de la promotion santé eau et environnement.

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

Merci a tous

Rahma

Dédicace

Avant tous, je remercie le bon dieu de m'avoir mis sur le bon chemin pour pouvoir réaliser ce travail.

Au soleil de mes jours, la source d'amour et tendresse à ma

Très chère mère.

A la mémoire de mon chère père avec lequel je n'aurais pas le plaisir de partagé cet événement,

Mais qui est demeurera toujours dans mon cœur.

A mes chères frères :Abdessalem, Mehdi

et mes chères : sœurs Radia, Warda, Nassima qui n'ont ceci d'être pour moi des exemples de courage et de générosité.

A ma chère enseignante Mme Zerguine Karima.

A mes proches amies : Rahma, Zhra, Rokaya, Nissa, Sara.

A tous les étudiants de ma promotion Santé, Eau et Environnement.

A tous avec qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je veux dis merci.

MANOU

Abla

Sommaire

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction.....01

Chapitre 1 : Généralités sur les cours d'eau et les macro-invertébrés

1.1. Les eaux courantes.....03
1.1.1. Définition d'un cours d'eau.....03
1.1.2. Définition d'un oued.....03
1.1.3. Le bassin versant.....03
1.1.4. Les courants.....03
1.1.5. L'origine des courants.....03

1.2. Notion de la pollution des eaux.....04

1.2.1. Origine et types de pollution.....04

1.2.1.1. La pollution physique.....04

1.2.1.2. La pollution chimique.....04

1.2.1.3. La pollution organique.....04

1.2.2. L'impact de la pollution des eaux sur l'environnement.....05

1.2.2.1. Impact sur le milieu naturel.....05

1.2.2.2. Sur l'homme.....05

1.2.2.3. Sur la faune et la flore.....05

1.3.Les macro-invertébrés.....06

1.3.1. Définition des macro-invertébrés.....06

1.3.2. L'intérêt de leur étude.....06

1.3.3. Les principaux ordres des macro-invertébrés.....06

1.3.3.1. Crustacés.....06

1.3.3.2. Mollusques.....07

1.3.3.3. Les Odonates.....09

1.3.3.4. Les Ephéméroptères ou Mouche de mai.....09

1.3.3.5. Plécoptères.....10

1.3.3.6. Hémiptères.....10

1.3.3.7. Coléoptères.....11

1.3.3.8. Les Trichoptères.....12

1.3.3.9. Annélides.....12

1.3.3.10. Diptères.....14

1.3.4. Effets de la pollution sur les macro-invertébrés benthiques.....15

1.3.5. Avantages des macros-invertébrés benthiques.....16

1.3.6. Inconvénients de l'utilisation des macro-invertébrés benthiques.....17

Chapitre 02 : Description des sites d'étude

2.1. Présentation de la zone d'étude.....18

2.1.1. Description de la Seybouse.....18

2.1.2. Le réseau hydrographique.....19

2.1.3. La pollution des eaux de Seybouse.....20

2.2. Climatologie.....20

2.2.1. La température.....20

2.2.3. Les précipitations.....21

2.2.4. L'humidité relative de l'air.....22

2.2.5. Le vent.....23

2.3. Synthèse climatique.....24

2.3.1. Diagramme ombrothermique.....24

2.3.2. Climagrame d'Emberger.....25

2.4. Description des sites.....26

2.4.1. Oued Zimba (Belkhir).....26

2.4.1.1. Coordonnées géographiques.....27

2.4.2. Oued Hlia.....27

2.4.2.1. Coordonnées géographiques et administratives.....27

2.5. Pression exercés sur le site.....28

2.5.1. Agriculture.....28

2.5.2. Industrie.....29

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

3.1. Type et période de l'étude.....30

3.2. Matériel.....30

3.2.1. Sur terrain.....30

3.2.2. Au laboratoire.....31

3.3. Méthodes.....32

3.3.1. Sur terrain.....32

3.3.1.1. Choix des stations.....32

3.3.1.2. Echantillonnage des peuplements.....32

3.3.1.3. Collecte sous les pierres.....32

3.3.1.4. Les variables mesurées.....33
3.3.1.4.1. La conductivité.....33
3.3.1.4.2. La température.....34
3.3.1.4.3. Oxygène.....34
3.3.1.4.4. Mesure du pH 35
3.3.1.4.5. La salinité.....35
3.3.1.4.6. La vitesse de l'eau.....35
3.3.1.4.7. La profondeur et la largeur du lit mouillé.....36
3.3.2. Méthodes au laboratoire.....36
3.4. La structure d'un peuplement.....37
3.4.1. Indice de diversité de Shannon-Wiever.....37
3.4.2. Indice d'Equitabilité (équirépartition).....37
3.4.3. Indice de La richesse spécifique S.....38
3.4.4. Indice Biologique Global Normalisé (IBGN).....38
3.5. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN.....38
3.5.1. Méthode de l'IBGN.....38
3.5.2. La calcul de l'indice se fait en trois étapes.....39
3.5.3. Principe général de l'IBGN.....39
3.5.6. Les objectifs de l'IBGN.....39
3.5.7. Les limite de l'IBGN.....40
3.5.8. Calcul de l'IBGN.....40
3.6. L'Organisation d'un peuplement.....41
3.6.1. La fréquence.....41
3.6.2. L'abondance.....42

Chapitre 04 : Résultats

4.1. Qualité physique de l'eau.....43

4.1.1. Température.....43

4.1.2. Oxygène dissous.....43

4.1.3. Le potentiel d'hydrogène pH 44

4.3.4. La conductivité.....45

4.1.5. La salinité.....46

4.1.6. Profondeur.....47

4.1.7. Largeur du lit.....47

4.1.8. La vitesse de l'eau.....48

4.2. Etude de la faune.....49

4.2.1. Achètes.....51

4.2.2. Ephéméroptères.....51

4.2.3. Crustacés.....51

4.2.4. Diptères.....52

4.2.5. Hémiptères.....52

4.2.6. Trichoptères.....52

4.2.7. Gastéropodes.....53

4.2.8. Oligochètes, Nématodes et les Coléoptères.....54

4.3. Etude spatiale des macro-invertébrés d'Oued Seybouse.....54

4.3.1. Oued Seybouse.....54

4.3.2. Oued Zimba.....55

4.3.3. Oued Hlia.....56

4.4. Etude des indices de diversité.....56

4.4.1. Indice de Shannon et l'Equitabilité.....56

4.4.2. La richesse spécifique S.....57

Chapitre 05 : Discussion

5. Discussion.....59

5.1. Etude de la faune de macro-invertébrés.....59

5.2. Etude des indices biologiques.....61

5.3. Les macro-invertébrés en relation avec les facteurs environnementaux.....61

5.4. Etude des résultats de l'IBGN.....62

Conclusion.....64

Bibliographies

Résumé

Annexe

Liste des tableaux :

Tableau 01 : rapport entre la conductivité et la minéralisation.....34

Tableau 02 : Classification des eaux d'après leur pH.....35

Tableau 03 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau.....41

Tableau 04 : Check-list des insectes aquatiques échantillonnés.....50

Tableau 05 : check-list des macro-invertébrés échantillonnés au niveau d'Oued Seybouse...55

Tableau 06 : check-list des macro-invertébrés échantillonnés au niveau d'Oued Zimba.....56

Tableau 07 : Check-list des macro-invertébrés échantillonnés au niveau d'Oued Hlia.....57

Tableau 08 : Les indices de diversité des stations explorées.....57

Tableau 09 : la richesse spécifique dans chaque station échantillonnée.....58

Tableau 10 : Synthèse des résultats d'IBGN des trois stations échantillonnées.....59

Tableau 01 : Calendrier des sorties .....Annexe

Tableau 02 : Les données climatiques.....Annexe

Tableau 03 : Paramètres physiques des stations échantillonnées.....Annexe

Tableau 04 : Abondance total des macro-invertébrés.....Annexe

Tableau 05 : Pourcentage des Achètes échantillonnées.....Annexe

Tableau 06 : Pourcentage des Ephéméroptères échantillonnées.....Annexe

Tableau 07 : Pourcentage des Diptères échantillonnées.....Annexe

Tableau 08 : Pourcentage des Trichoptères échantillonnées.....Annexe

Tableau 09 : Pourcentage des Gastéropodes échantillonnées.....Annexe

Tableau 10 : L'indice de Shannon de la station de Seybouse.....Annexe

Tableau 11 : L'indice de Shannon de la station d'Oued Hlia.....Annexe

Tableau 13 : L'indice de Shannon de la station de Zimba.....Annexe

Annexe 14 : Listes des 138 taxons (extrait de la norme Afnor T 90-350, 1990).....Annexe

Annexe 15 : Tableau de détermination (Afnor, 2004).....Annexe

Liste des figures

Figure 01 : Morphologies des crustacées.....07

Figure 02 : Morphologie générale des bivalves.....08

Figure 03 : Morphologie générale des Gastéropodes.....08

Figure 04 : Morphologie générale des larves des Odonates.....09

Figure 05 : Larve d'Ephéméroptères a : vue latérale, b : vue dorsale.....10

Figure 06 : vue dorsale d'hémiptères adulte.....11

Figure 07 : les coléoptères (Adulte et larve).....11

Figure 08 : Larve de trichoptère.....12

Figure 09 : les différentes parties des oligochètes.....13

Figure10 : coupe longitudinale d'une Hirudinée.....14

Figure 11 : larves des Diptères Chironomidae.....15

Figure 12 : présentation des sous- bassins de la Seybouse.....19

Figure13 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (2007-2016).....21

Figure14 : Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2007-2016).....22

Figure 15 : Humidité moyenne mensuelle de la station de Guelma (2007-2016).....23

Figure 16 : La vitesse moyenne mensuelle du vent de la station de Guelma (2007-2016)....24

Figue 17 : Diagramme ombrothermique de la station de Guelma (2007-2016).....25

Figure 18 : Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2007-2016).26

Figure 19 : Epuisette.....31

Figure 20 : Multi-paramètres WTW 1970i.....31

Figure 21 : Variation spatio-temporelle de la température au niveau des stations échantillonnées au cours de la période d'étude.....43

Figure 22 : le pourcentage de l'Oxygène dissous au niveau des stations échantillonnées.....44

Figure 23 : variation spatio-temporelle des valeurs du pH durant la période d'étude dans les trois stations d'Oued Seybouse.....45

Figure 24 : variation de la conductivité électrique dans les trois stations de prélèvement.....46

Figure 25 : La salinité de chaque station échantillonnée au niveau d'Oued Seybouse.....47

Figure 26 : la profondeur des stations échantillonnées.....48

Figure 27 : largeur de chaque station échantillonnée au niveau d'oued Seybouse.....48

Figure 28 : la vitesse de l'eau (m/s)de chaque station échantillonnée au niveau d'oued Seybouse.....49

Figure 29 : Répartition quantitative des macro-invertébrés recensés au niveau d'Oued Seybouse pendant la période d'étude.....51

Figure 30: pourcentage de différentes familles des Ephéméroptères échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.....52

Figure 31 : pourcentage de différentes familles des Diptères échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.....53

Figure 32: pourcentage de différentes familles des Trichoptères échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.....54

Figure 33: pourcentage de différentes familles des Gastéropodes échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.....54

Figure 34: variation des indices de Shannon et d'Equitabilité au niveau d'Oued Seybouse durant la période d'étude.....58

Introduction :

L'eau, élément déterminant de toute forme de vie sur la planète et où est apparue la première forme biologique sur terre. Notre corps est constitué à 60% d'eau pour l'adulte et 70% chez les nourrissons. Elle est présente dans presque tous les éléments que l'on trouve sur terre.

Près de 80% de surface de la terre est recouverte d'eau d'où 97,2% d'eau salée, impropre à la consommation et 2,8 % d'eau douce dans différents réservoirs (lac, rivières ….), la majorité est enfermée dans les neiges et dans les glaces polaires (Furon, 1963).

La qualité des eaux a connu une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que de l'exploitation désordonnée. Ces facteurs provoquent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

Les eaux de surface et souvent même les eaux souterraines reçoivent de tout : des matières minérales d'origines naturelle et industrielle, des déchets végétaux ou des déchets de la vie des hommes et des animaux ainsi que des substances versant de l'industrie (Debieche, 2002).

Parmi les communautés biologiques, les communautés des macro-invertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé globale des écosystèmes aquatiques. Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs (Tall *et al.*, 2008).

Ces organismes constituent un important maillon de la chaine alimentaire des milieux aquatiques puisqu'ils sont une source de nourriture pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques des perturbations physiques, biologiques et chimiques des cours d'eau, ce qui permet d'évaluer les répercussions réelles de la pollution et de l'altération des habitats aquatiques et riverains sur les écosystèmes (Barbour, 1999).

Plus précisément, le suivi des macro-invertébrés benthiques est utile pour :

- Évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques, suivre l'évolution de l'état de santés d'un cours d'eau au fil du temps.

- ❖ Évaluer les effets des efforts de restaurations (des habitats et de la qualité de l'eau).
- ❖ Apporter un complément biologique au programme de surveillance de la qualité bactériologique et physiologique des cours d'eau.
- ❖ Documenter la biodiversité du benthos dans les cours d'eau.

Aujourd'hui, l'eau trouvée dans la nature est de moins en moins potable car elle est polluée par des substances nocives rejetées par les activités humaines. Cette pollution influence même la qualité de l'eau qui a été traitée, tant elle est considérable. Pour diminuer le nombre de morts et de maladies liées à l'insalubrité de l'eau, il s'agit avant tout d'éradiquer la pauvreté, et de réduire la pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques.

Ce travail vise comme objectif d'identifier les communautés des macro-invertébrés vivant dans des affluents d'Oued Seybouse et de déterminer leur degré de pollution à partir de ces mêmes communautés par le biais d'indices biologiques.

La structure de ce mémoire débutera par une introduction qui sera suivie du premier chapitre qui abordera les eaux courantes et les macro-invertébrés aquatiques, ensuite le deuxième chapitre qui est la description générale des sites d'étude, suivi du troisième chapitre qui sera réservé au matériel et méthodes utilisés. Enfin, les résultats de ce travail ainsi qu'en leur discussion seront présentés au quatrième chapitre et nous terminerons par une conclusion ou nous ferons le point sur nos connaissances des macro-invertébrés aquatiques et nous explorerons les perspectives d'avenir.

1.1. Les eaux courantes :

1.1.1. 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. N Au-delà de cet aspect, il ne faut pas oublier que ces derniers permettent aussi de stocker de l'eau de manière temporaire ou permanente (Musy & Higy, 2004).

1.1.2. Définition d'un oued :

Un oued est un cours d'eau des régions arides d'Afrique du nord dont l'écoulement est temporaire, le nom vient de l'arabe wad ou wadi c'est-à-dire rivières.

Les oueds sont les vestiges des anciens réseaux hydrographiques qui couvraient les régions arides avant le début de la désertification, il y'a 4 à 5 millions d'années. Certains oueds atteignent la mer, cependant la plupart aboutissent dans des dépressions fermées ou disparaissent progressivement tant leur écoulement est temporaire (Verniers, 1995).

1.1.3. 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 (Musy & Higy, 2004).

1.1.4. Les courants :

Les courants sont les déplacements d'eau dans une certaine direction et à une certaine vitesse. Les forces d'impulsion sont multiples selon le corps hydrique considère, océan, mer, lac ou cours d'eau (Ramade, 2003).

1.1.5. L'origine des courants :

Dans les cours d'eau, l'origine du courant principal est la gravité. Sa vitesse s'accroit donc avec l'augmentation de la pente et de l'épaisseur de la tranche d'eau et avec l'abaissement de la rugosité des berges et du fond (Tachet, 2003).

1.2. Notion de la pollution des eaux :

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

1.2.1. Origine et types de pollution :

La pollution des eaux a pour origine, essentiellement, les rejets des eaux usées urbaines et industrielles dont l'abondance et la variété croient au fil des années sous l'effet de l'urbanisation galopantes. En effet, les eaux usées étaient déversées directement dans les cours d'eau, oued, lacs et mers (Quevanviller, 2001).

On distingue les types de pollution pouvant affecter la qualité des eaux :

1.2.1.1. La pollution physique :

La pollution physique est provoquée essentiellement par les centrales thermiques qui, situées le plus souvent aux bords de cours d'eau, puisent des grandes quantités d'eau pour le refroidissement de leurs systèmes. Cette eau réchauffée et ensuite déversée dans le milieu naturel, ce qui a pour effet de modifier fortement la flore et la faune, car la variation de la température est un paramètre écologique très important (Kebich, 1999).

1.2.1.2. La pollution chimique :

L'utilisation de diverses substances chimiques pour le besoin du développement industriel a entrainé dans presque toutes les régions du monde une dissémination dans le milieu naturel d'une multitude de résidus toxiques. Ces substances présentes habituellement dans les eaux à l'état de traces, sont souvent capables de s'accumuler dans les tissus végétaux et animaux et de se concentrer au niveau des différentes chaines tropho-dynamiques et atteignent ainsi des concentrations dangereuses en fin de chaine (animaux supérieurs et l'homme) (Leclerc, 1997).

1.2.1.3. La pollution organique :

Cette forme de pollution constitue la fraction la plus importante. En effet, elle résulte de l'introduction dans le milieu de substances organiques provenant de diverses activités : industrielles (hydrocarbures), agricoles (engrais azotés et phosphatés) et domestiques (phosphates, matières fermentescibles) (Khaled, 1995).

La pollution organique de l'eau provenant des eaux domestiques et des industries agroalimentaires provoque une surconsommation de l'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et peut entrainer par conséquent la mort de la vie aquatique (Chow-Toun, 1997).

1.2.2. L'impact de la pollution des eaux sur l'environnement :

La pollution des eaux a un grand nombre d'effets (Kenesse, 1980).On peut distinguer trois types de désutilités de gravité croissantes : les polluants peuvent d'abord nuire à l'agrément de la vie, ils peuvent ensuite porter atteinte à la santé de l'homme, ils peuvent enfin menacer la survie même de l'espèce (Brud'homme, 1980).

1.2.2.1. Impact sur le milieu naturel :

- Les matières en suspension résiduelles ; même en concentration faible, sont susceptibles de réduire la transparence du milieu (Thomas, 1995).
- La présence de nitrate et de phosphore et l'effet précité des matières organiques peuvent accélérer le processus naturel d'eutrophisation des milieux récepteurs fermés.
- Enfin un rôle moins perceptible de la matière organique est la modification des équilibres physico-chimiques du milieu et notamment son interaction avec les formes métalliques par des mécanismes de réduction, de précipitation … susceptibles d'accroître les effets propres de ces métaux sur l'environnement (Thomas, 1995).

1.2.2.2. Sur l'homme :

Les causes des maladies à transmission hydrique sont multiples, et c'est essentiellement la pollution des eaux superficielles par les rejets des eaux usées aggravés par une pluviométrie insuffisante et irrégulière. L'homme peut être affecté par une pathologie cutanée ou par d'autres maladies telles que : la typhoïde, le choléra grâce à une consommation par voie digestive d'eau contaminée par des matières fécales, ou par des mains sales (Vilgines, 2000).

1.2.2.3. Sur la faune et la flore :

Ces substances nocives concentrées dans les eaux usées peuvent détruire les êtres vivants et les végétaux dans les rivières et les lacs, ainsi que les micro-organismes qui interviennent dans l'épuration biologique des eaux usées (Souiki *et al.*, 2008).

L'altération que l'on peut constater dans la végétation de certains étangs ou les cours d'eau sont souvent le témoin d'une pollution directe par des produits toxiques, ainsi, l'apport trop important d'éléments nutritifs peut induire une prolifération intense d'algues aboutissant au phénomène de l'eutrophisation qui limite les possibilités de la vie aquatique. L'équilibre des espèces des poissons peut de ce fait être perturbé par la diminution du taux d'oxygène dissous (Dajoz, 2000).

1.3.Les macro-invertébrés :

1.3.1. Définition des macro-invertébrés :

Les macro-invertébrés 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 (Gagnon et Pedneau, 2006). En effet, ils représentent près de 95% de tous les macro-invertébrés présents en zone lotique (Lee *et al.*, 2006).

1.3.2. L'intérêt de leur étude :

Les macro-invertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture de nombreux 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 macro-invertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau (Moison *et al.*, 2010).

1.3.3. Les principeaux ordres des macro-invertébrés :

1.3.3.1. Crustacés :

Les crustacés vivent dans les eaux douces stagnantes, ou à faible courant, qui sont riches, en débris organiques. La prolifération de crustacés constitue donc un indice de pollution organique. De plus, ils sont sensibles à la pollution par les nitrates et les pesticides, ainsi qu'à l'acidification et à la faible oxygénation des plans d'eau (Hullnudd, 2009).

Le corps des crustacés peut être divisé en trois parties : le céphalon, le thorax et l'abdomen (Tachet, 2010). Les crustacés possèdent un minimum de cinq paires de pattes articulées (exception faite des ostracodes) ainsi que deux paires d'antennes (Beaumont et Cassier, 2009).

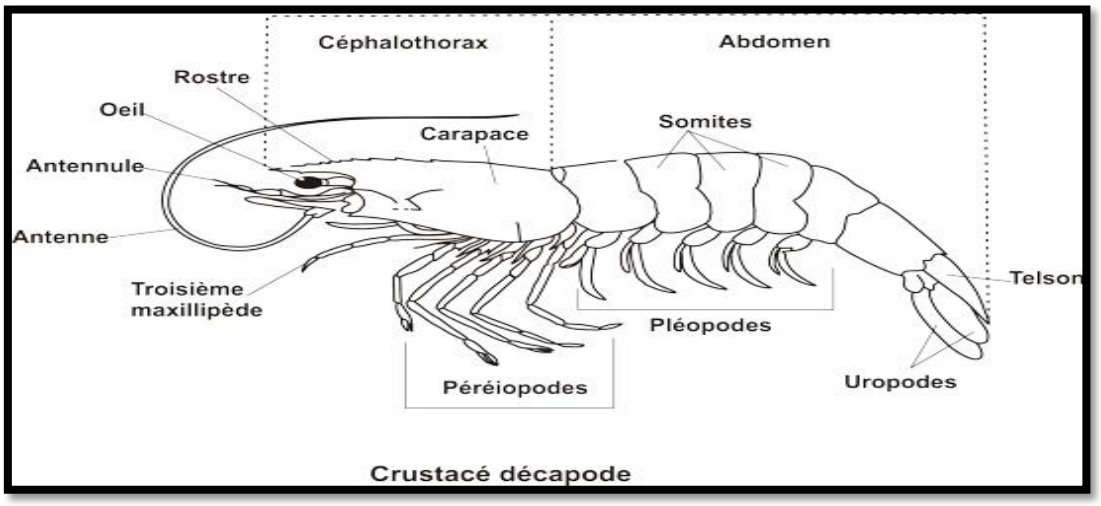


Figure 01 : Morphologie des crustacées (Moison *et al*., 2010)

1.3.3.2. Mollusques :

Les mollusques sont des invertébrés à corps mou dont la plupart possèdent une enveloppe externe dure, la coquille (Moison *et al.*, 2010).

Les Mollusques ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental. La teneur en calcium, la nature du substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur la prolifération et la répartition des Mollusques dans les eaux continentales (Haouchine, 2011). Ils sont divisés en plusieurs groupes :

-Bivalves :

Les Bivalves sont une classe de Mollusques caractérisée par la présence de deux valves jointes par une charnière comme chez les moules. Leur tolérance à la pollution est moyenne (Moisan *et al.*, 2010).

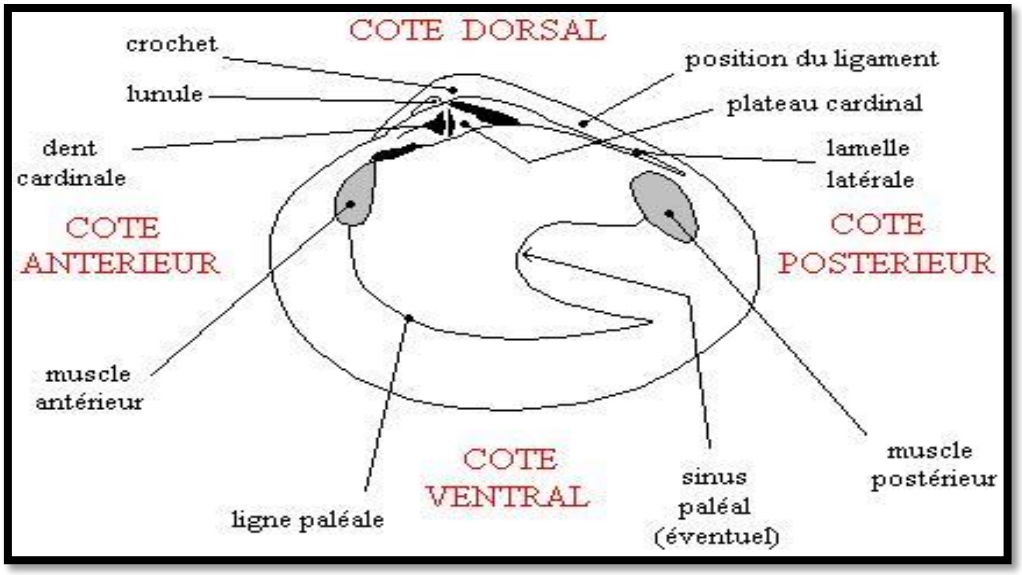


Figure 02 : Morphologie générale des bivalves (Moison *et al.*, 2010).

-Gastéropodes :

Les Gastéropodes sont une classe de Mollusques caractérisée par la présence d'une seule coquille habituellement spiralée. 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 en forme de petit chapeau. Les Gastéropodes avec un opercule (prosobranches) ont tolérance à la pollution, et ceux sans opercule (pulmonés) sont considérés comme tolérants (Moison *et al.*, 2010).

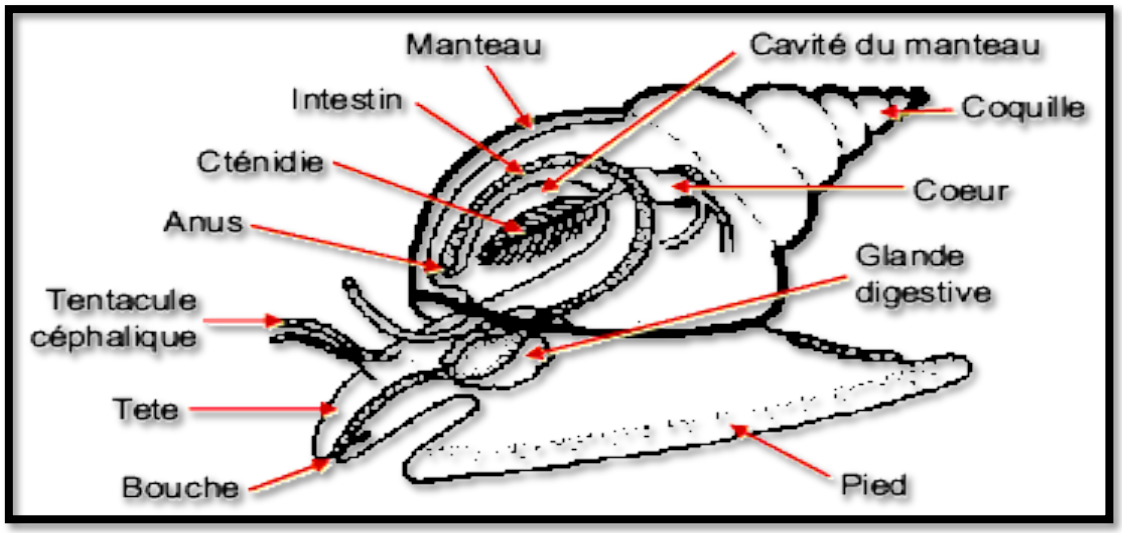


Figure 03: Morphologie générale des Gastéropodes (Moison *et al.*, 2010).

1.3.3.3. Les Odonates :

Les odonates constituent un ordre d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques. Ils sont connus depuis le carbonifère, notamment par les gigantesques Méga isoptères. C'est au permien qu'apparaissaient les véritables odonates. Les seuls sous ordres dominants aujourd'hui sont les Zygoptères qui sont plus primitifs que les Anisoptères (Bouchlaghem, 2008).

La principale caractéristique des odonates est la lèvre inférieure, qui est transformée en masque rétractable servant à capturer les proies. Ils possèdent également de gros yeux.ils préfèrent les eaux calmes et sont souvent associés à la végétation. Leur tolérance à la pollution est moyenne (Moison *et al*., 2010).

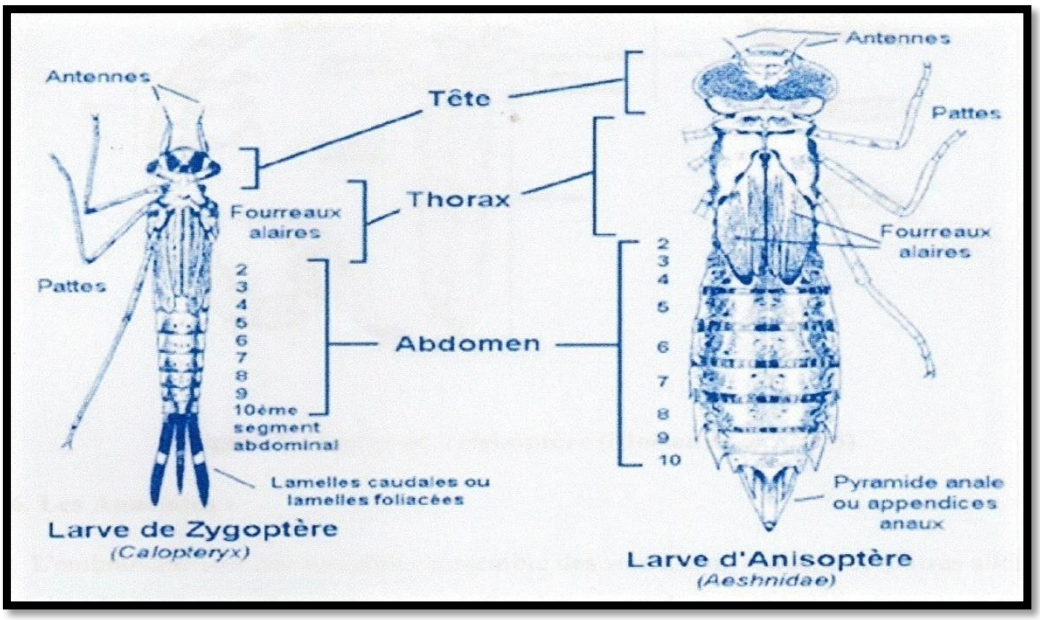


Figure 04 : Morphologie générale des larves des Odonates (Moison *et al*., 2008).

1.3.3.4. Les Ephéméroptères ou Mouche de mai :

Les Ephéméroptères sont insectes hémimétaboles dont les larves sont exclusivement aquatiques. Celles-ci se caractérisent typiquement par la présence des yeux composés, de trois plus rarement deux cerques multiarticulés, des pattes portant une seule griffe au tarse et de branchies abdominales ou moins chez les larves âgés en position latérales ou latéro-dorsale (Thomas, 1995).

La plupart des espèces sont très sensibles à la pollution, les Ephéméroptères jouent un rôle important dans la chaine alimentaire des écosystèmes aquatiques et représentent une grande proportion de l'alimentation de plusieurs espèces de poissons (Moison *et al.*, 2008).

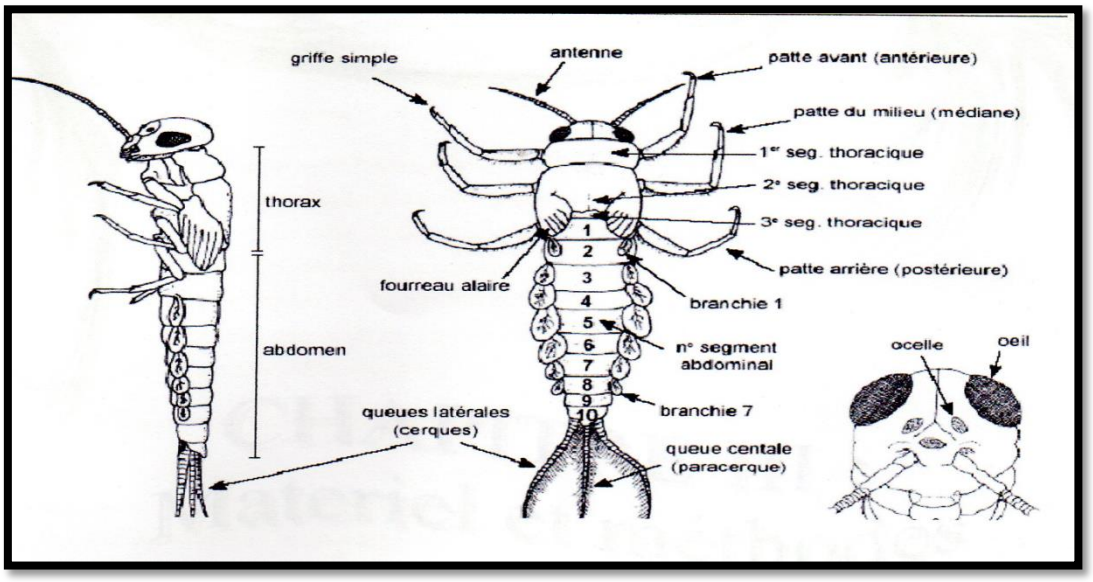


Figure 05 : Larve d'Ephéméroptères a : vue latérale, b : vue dorsale (Moison *et al*., 2008).

1.3.3.5. Plécoptères :

L'ordre des plécoptères, connu depuis le permien, regroupe des insectes hémimétaboles ressemblant beaucoup aux Éphéméroptères, ils sont caractérisés par des pattes à trois articles, avec deux griffes chacune, et l'abdomen portent seulement deux cerques, appendices filiformes articulés**.** Les plécoptères sont très sensibles à la pollution (Moison *et al.*, 2008).

1.3.3.6. Hémiptères :

Dans les habitats aquatiques ou semi-aquatiques, les Hémiptères peuvent se retrouver sous forme adulte ou larvaire. Les larves et les adultes sont presque identiques si ce n'est que les adultes sont habituellement ailés. Les ailes, lorsqu'elles sont présentes, sont cornées à la base (vers l'avant) et membraneuses au bout. La forme de leur corps varie de ovale à allongée. Leur principale caractéristique est la modification de leur appareil buccal e, forme de rostre et leur tolérance à la pollution est moyenne (Moison *et al.*, 2008).

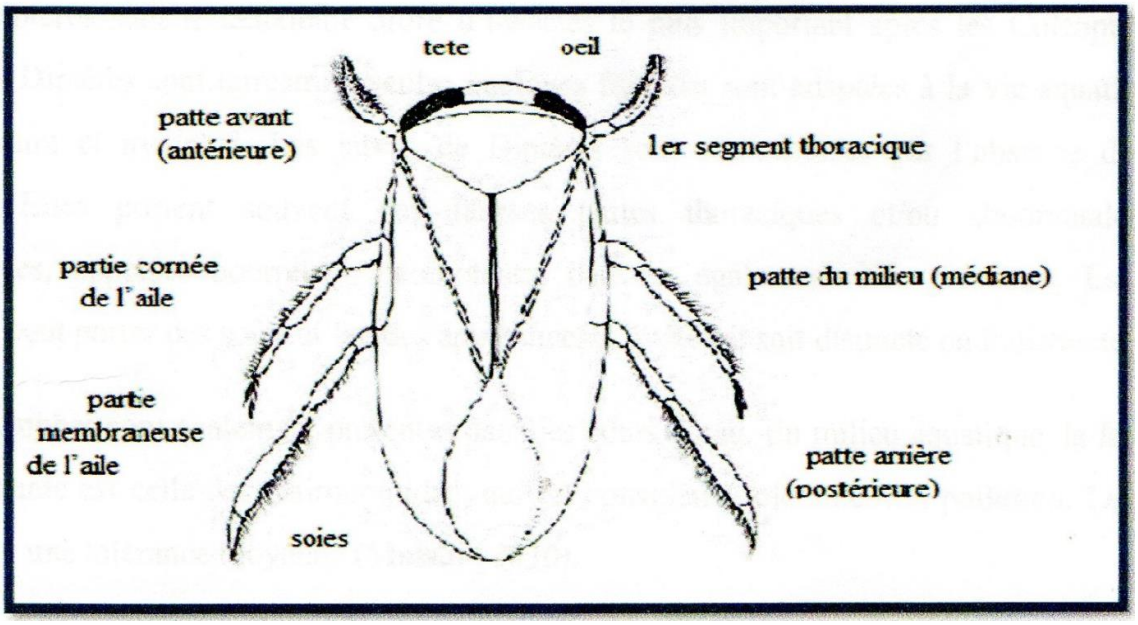


Figure 06: vue dorsale d'hémiptères adulte (Moison *et al.*, 2010).

1.3.3.7. Coléoptères :

Les Coléoptères constituent en nombre d'espèces le principal ordre d'insectes. Ils sont connus depuis le permien et représentent donc un des plus anciens ordres d'insectes holométaboles. La présence d'une première paire d'ailes transformées en élytres chez l'adulte constitue la principale originalité de l'ordre. Environ 15% des espèces de coléoptères peuvent être définies comme aquatiques (Tachet, 2010).

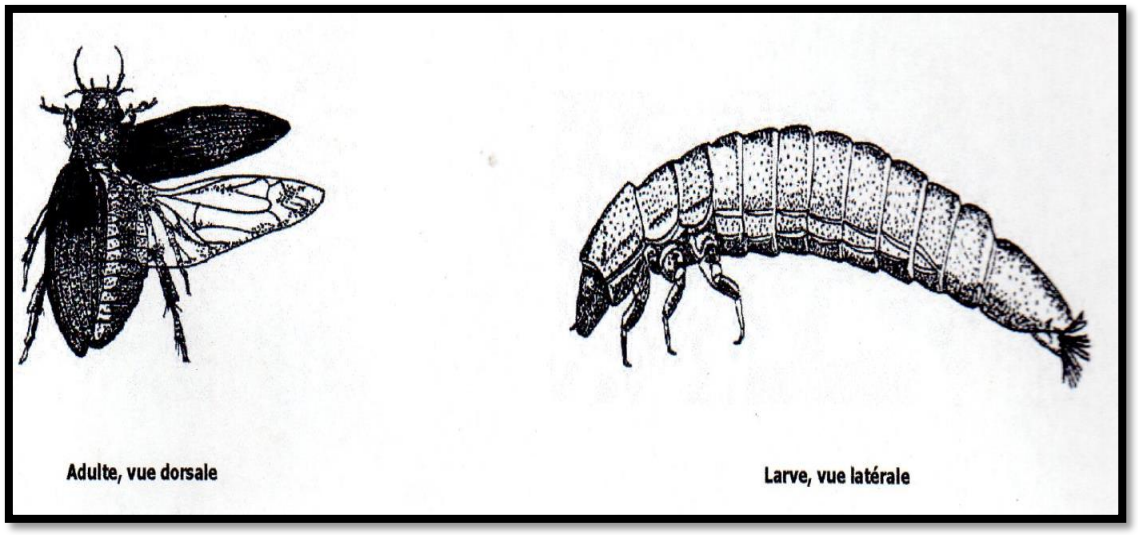


Figure 07 : les coléoptères (Adulte et larve) (Moisan *et al.*, 2008).

1.3.3.8. Les Trichoptères :

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles généralement 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. 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 (Tachet, 2010).

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

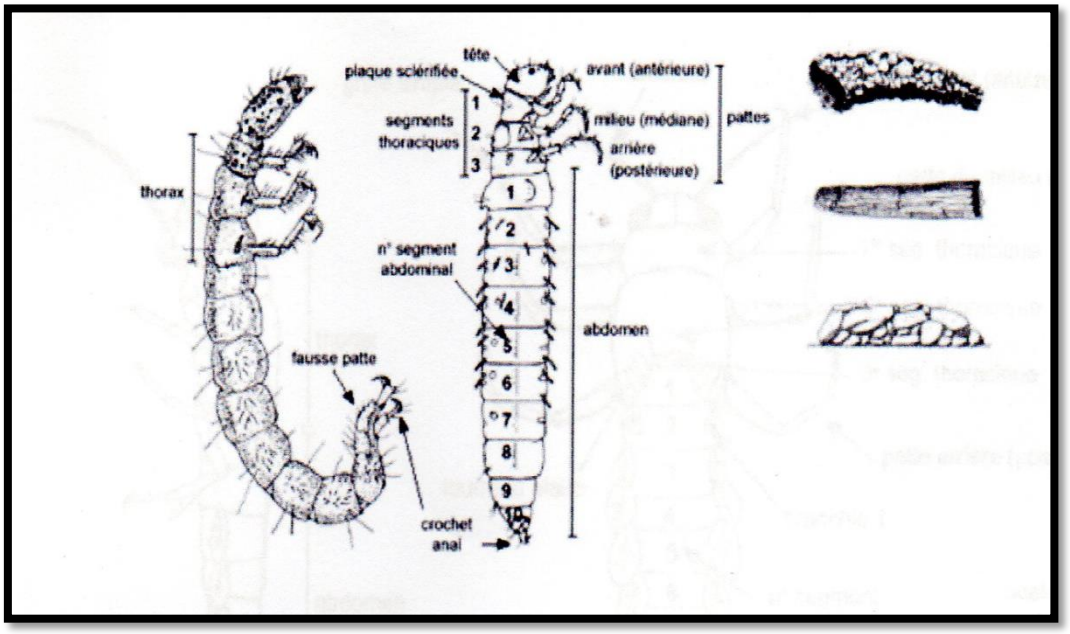


Figure08 : Larve de trichoptère (Moisan *et al.*, 2008).

1.3.3.9. Annélides :

L'embranchement des Annélides rassemble des vers à sang rouge ; à corps très allongé, mou, et dont la peau, qui offre souvent des reflets irisés et divisée transversalement en un grand nombre d'anneaux.

Les annélides présentent un nombre très grand de variations qui conduisent à distinguer trois classes : les Hirudinées (Sangsues), les oligochètes (vers de terre) et les polychètes (Néréis, Sapelles, Serpules) (Tachet, 2010).

-Oligochètes :

La classe des oligochètes telle qu'elle est définie, correspond à des Annélides caractérisés fondamentalement par la présence de deux paires de faisceaux de soies : une paire latéro-dorsale et une paire latéro-ventrale. Chez les individus sexuellement matures, il y a présence d'un épaississement glandulaire, le clitellum, qui est en relation avec l'appareil génital (Tachet, 2010).

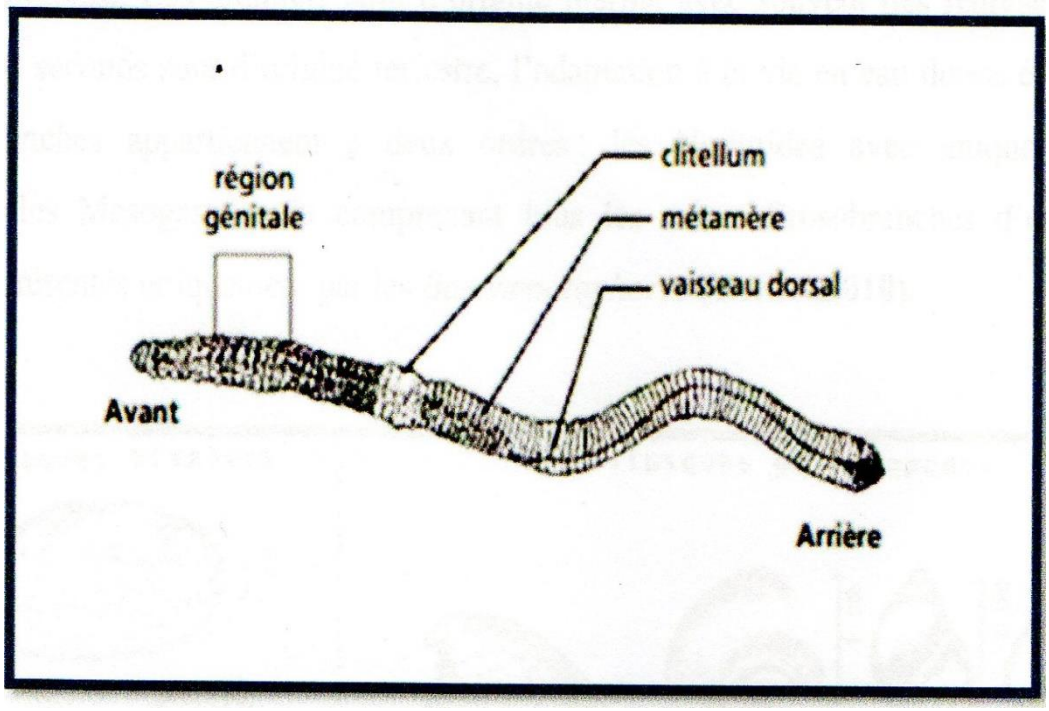


Figure 09 : les différentes parties des oligochètes (Tachet, 2010).

-Sangsues (Hirudinea) :

Corps mou et aplati composé de segments, le corps est caractérisé par l'absence de soies et présence de deux ventouses situées sur les deux extrémités du corps, les Hirudinées sont tolérants à la pollution (Moisan *etal.,* 2010 ; Bouchard, 2004).

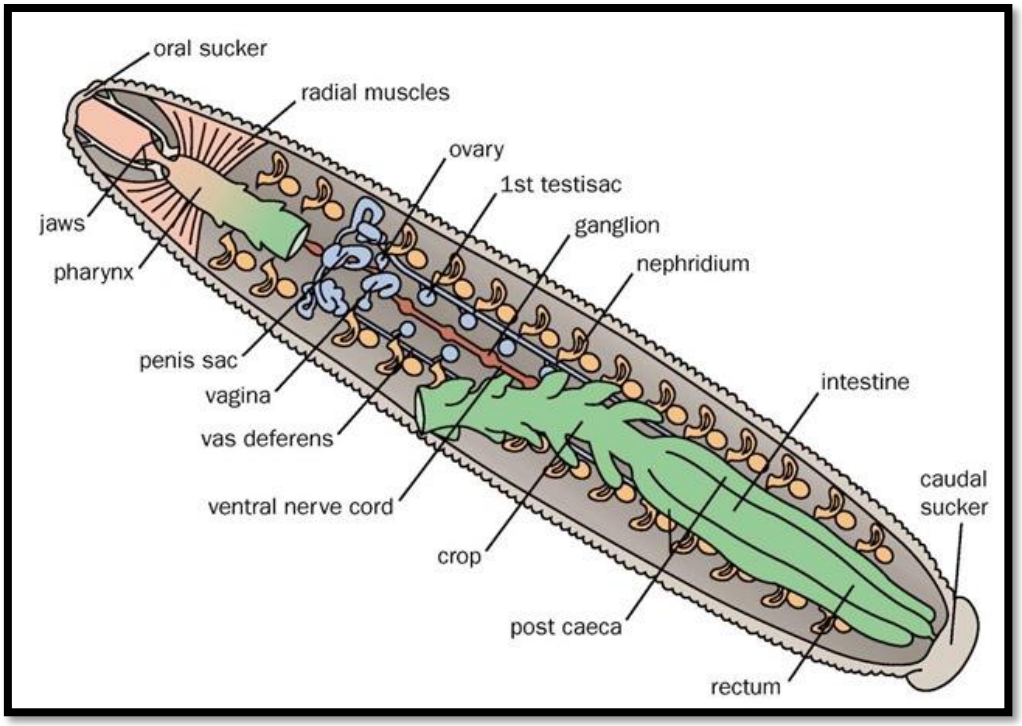


Figure10:coupe longitudinale d'une Hirudinée (Moison *et al.*, 2008).

1.3.3.10. Diptères :

Les diptères sont le deuxième ordre d'insectes le plus important après les Coléoptères. La plupart des Diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal. Pour certaines familles, seuls quelques genres ou espèces le sont. Les larves de Diptères sont caractérisées par l'absence de pattes articulées. Elles portent souvent des fausses pattes thoraciques et/ou abdominales. Des protubérances, appelées bourrelets locomoteurs, peuvent également être présentes. La fin de l'abdomen peut porter des soies et/ou des appendices. La tête est soit distincte ou absente. Des nymphes sont également présentes dans les cours d'eau (Campbell et Reece, 2007).

En milieu aquatique, la famille la plus importante est celle des Chironomidae, qui est considérée tolérante à la pollution. Les autres Diptères ont une tolérance moyenne (Zerguine, 2010).

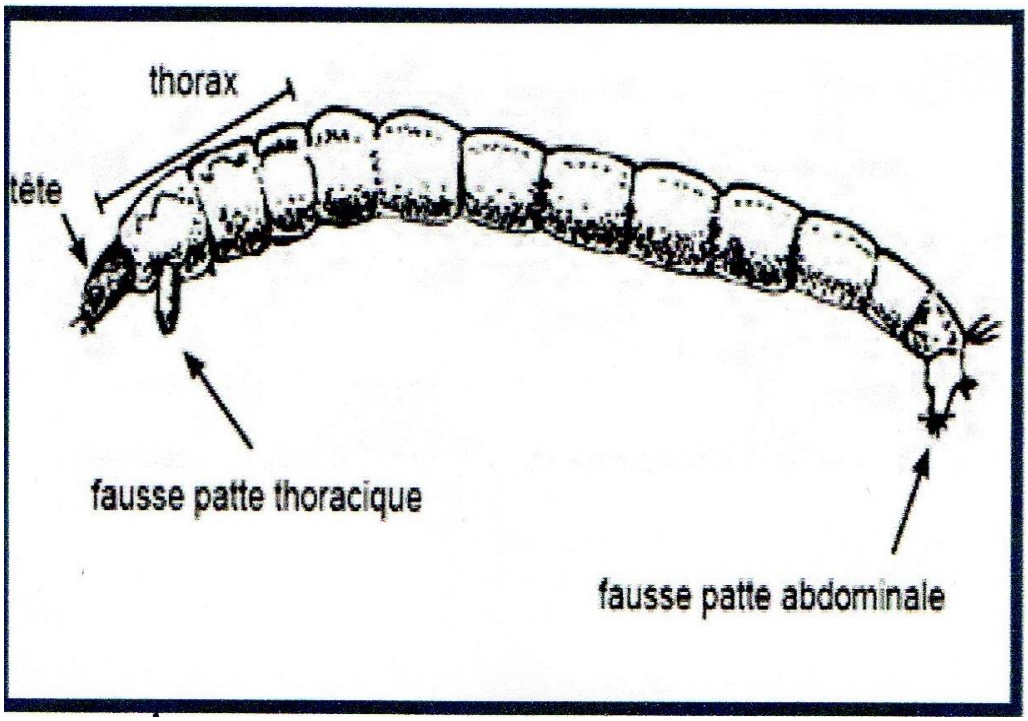


Figure 11 : larves des Diptères Chironomidae (Moisan *et al.*, 2008).

1.3.4. Effets de la pollution sur les macro-invertébrés benthiques :

La structure des communautés des 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 (Woodcock et Huryn, 2007).

On peut les utiliser pour identifier plusieurs types de pollution, comme la pollution organique, métallique, de même que pour détecter une acidification du milieu (Camargo *et al.*, 2004). Leur utilisation repose essentiellement sur l'évaluation des données concernant leur façon de se nourrir, de se reproduire et d'exploiter leur habitat (Camargo *et al.*, 2004). L'objectif de l'élaboration d'un indice à partir des macro-invertébrés est de pouvoir relier les résultats à un niveau de pollution ou de dégradation d'un cours d'eau. Pour élaborer un indice, il faut d'abord connaître le degré de sensibilité ou de tolérance des macro-invertébrés relativement à divers polluants.

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 Chironomidés et les Syrphidées sont les groupes les plus tolérants. Ils peuvent vivre dans une eau peu oxygénée avec une bonne quantité de polluant à une température plus élevée. Si on observe une abondance de ces espèces et une absence des espèces sensibles, on peut en conclure que l'eau est de mauvaise qualité.

Par exemple, si les bandes riveraines ont été détruites par l'activité humaine, la température du cours d'eau augmente, le niveau d'oxygène baisse et la quantité de débris végétaux diminue, ce qui a pour effet de favoriser les espèces tolérantes (De Pauw et Vanhooren, 1983; Camargo *et al.,* 2004; Peterson, 2006).

1.3.5. Avantages des macros -invertébrés benthiques :

a) Les macro-invertébrés benthiques sont présents et abondants dans tous les types de cours d'eau, petits ou grands (Chessman, 1995; Camargo *et al.,* 2004; Pelletier, 2007).

b) Ce sont des organismes vivants qui intègrent plusieurs composantes du milieu, comme l'habitat et les contaminants, puisqu'ils ont une durée de vie assez longue pouvant varier de quelques mois à deux ou trois ans (Camargo *et al.,* 2004; Pelletier, 2007). Contrairement aux analyses chimiques, on peut détecter à l'aide des macro-invertébrés benthiques des perturbations qui ont eu lieu même si elles ne sont plus présentes au moment de l'échantillonnage (Chessman, 1995).

c) Ils jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire aquatique, puisqu'ils sont la source principale de nourriture pour plusieurs poissons, insectes et amphibiens. Ils doivent donc être présents en quantité suffisante et avec une diversité importante pour maintenir l'écosystème des rivières en équilibre, fonctionnel et en santé (Chessman, 1995).

d) Les macro-invertébrés sont relativement sédentaires, ce qui en fait des bons témoins des conditions locales (Camargo *et al.,* 2004; Pelletier, 2007). Contrairement aux poissons qui peuvent fuir une source de pollution, les macro-invertébrés restent exposés aux problèmes qui peuvent survenir dans leur environnement, ce qui peut modifier leur physiologie, leur comportement, leur morphologie, leurs tissus et leur taux de survie.

e) Les macro-invertébrés benthiques comprennent un grand nombre de taxons dont plusieurs ont un degré de tolérance connu, ce qui facilite l'interprétation des données recueillies. De plus, le grand nombre de taxons existants leur permet de couvrir un large spectre de réponses.

Différentes sources de pollution et de dégradation des cours d'eau peuvent donc être détectées grâce à eux (Chessman, 1995; Camargo *et al.*, 2004; Pelletier, 2007).

f) Ils sont utilisés dans plusieurs pays depuis bon nombre d'années. Il existe donc plusieurs guides d'identification et leurs exigences écologiques sont assez bien connues (Camargo *et al.*, 2004; Pelletier, 2007).

g) Leur taille est adéquate pour l'échantillonnage et l'identification. Ils sont pour la plupart assez gros pour être observé directement au site d'échantillonnage. Ils ne sont toutefois pas trop gros, ce qui permet de les cueillir, de les transporter et de les conserver en grande quantité avec un équipement simple et léger (Chessman, 1995).

1.3.6. Inconvénients de l'utilisation des macro-invertébrés benthiques :

a) La qualité des échantillons recueillis et de l'identification des spécimens est reliée à la compétence du personnel, ce qui peut influencer le degré d'efficacité de la méthode.

b) Comme ils intègrent plusieurs composantes de leur milieu, il peut être difficile de trouver la cause spécifique d'un problème (Pelletier, 2007). Il faut, entre autres, porter une attention particulière afin de déterminer correctement les types d'habitats échantillonnés, afin de permettre une interprétation adéquate des résultats obtenus. Si une méthode rapide a permis la détection d'une zone de dégradation de la qualité de l'eau, il faut ensuite poursuivre avec une étude plus approfondie afin de trouver la source du problème.

c) Pour pouvoir mettre sur pied des indices biotiques et pour pouvoir traduire de façon fiable les résultats en degré de pollution, il faut posséder une bonne banque de référence (Metzeling *et al.*, 2003).

2.1. Présentation de la zone d'étude :

2.1.1. Description de la Seybouse :

La Seybouse est une rivière du Nord-est de l'Algérie qui prend naissance à l'ouest de la ville de Guelma précisément à Medjaz Amar et se termine au nord dans la mer Méditerranée après un parcours de 160 km (Bensakhri, 2014).

Le bassin d'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^2 (Debeiche, 2002 ; Satha ,2008) (photo 01).

Le bassin de Guelma est localisé dans la zone tellienne de la chaine alpine de l'Algérie du nord-orientale. Il a une forme allongée d'Est en Ouest sur 20 km de longueur et de 3 à 10 km de largeur. Cette zone est constituée d'un ensemble de terrasses emboitées les unes aux autres correspondant à une dépression de 50 km^2 de surface, traversée d'Ouest en Est par la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau superficiel de la région et ou viennent se jeter des petits oueds du bassin versant secondaire.

Ses coordonnées géographiques sont :

- Localité : Guelma.
- Longitude : 70° 28° E
- Latitude : 36° 28° N
- Altitude : 227 mm (Mouassa, 2006).

Photo 01: Représentation de la station de Seybouse.

2.1.2. Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique du bassin de la Seybouse possède un régime hydrologique de type pluvial, fortement dominé par les précipitations sur l'ensemble de l'année avec un chevelu hydrologique de plus de (3 000 km). Quarante-deux oueds ont une longueur supérieure à 10 km, dont deux : le Cherf (88,61 km), et le Bouhemdane (37,49 km), se réunissent à Medjez Amar pour donner naissance à l'oued Seybouse (160 km), qui serpente vers le Nord en parcourant la basse plaine de Annaba, souvent inondée au moment des crues, avant de se jeter dans la baie d'Annaba par l'estuaire de Sidi Salem (Bouchlaghem, 2008) (**Figure 12)** .

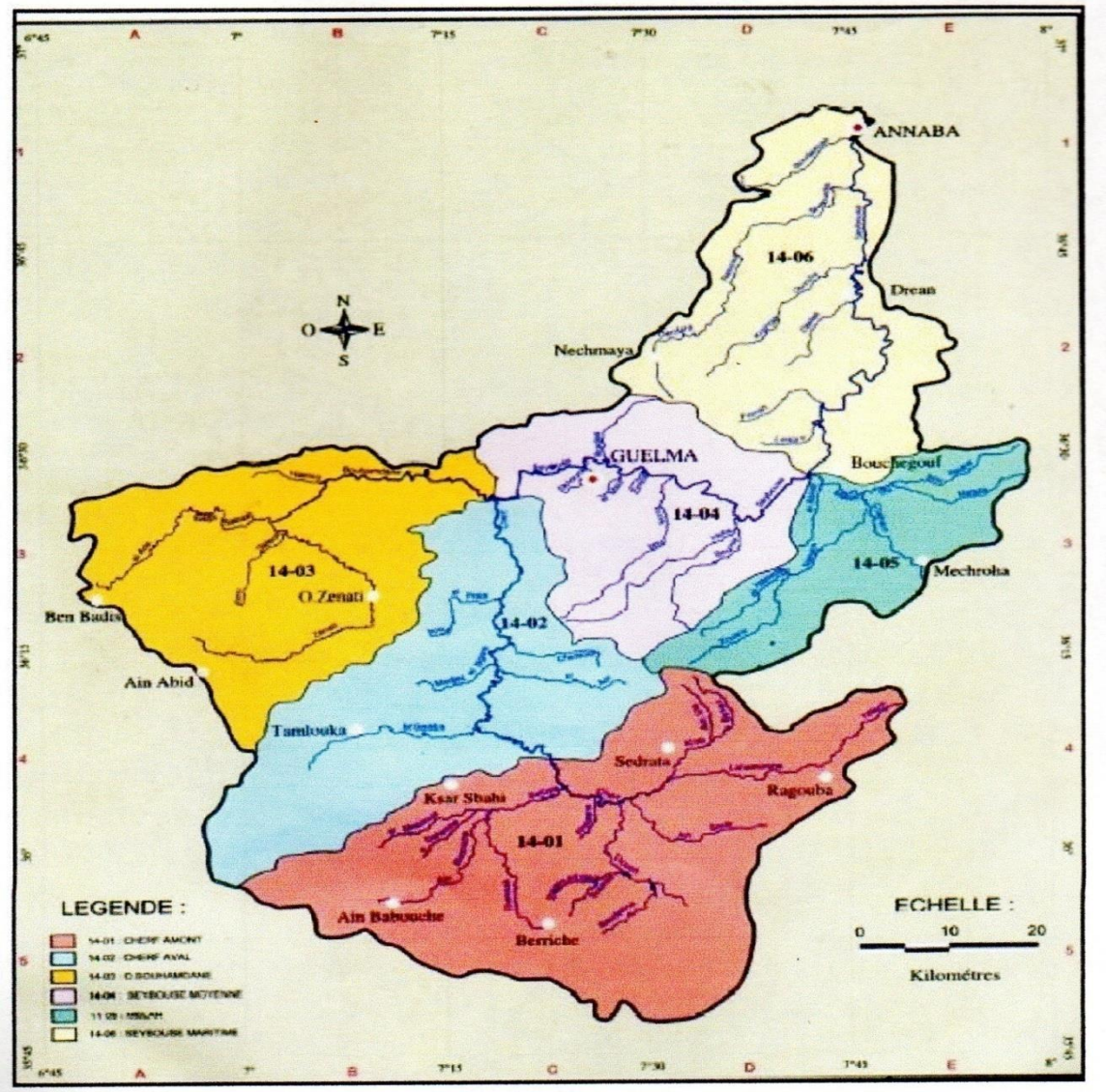


Figure 12 : Présentation des sous- bassins de la Seybouse (A.B.H, 1999).

2.1.3. La pollution des eaux de Seybouse:

Dans le bassin hydrographique de Seybouse, les activités humaines déployées dans la vallée et les plaines adjacentes ont d'importantes répercussions sur l'équilibre hydraulique, hydro chimique et biologique qui conditionnent l'avenir socio-économique régional. La qualité des eaux d'oued Seybouse a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques en l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau (Debieche, 2002).

2.2. Climatologie :

De par 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.

.Polaire : des masses d'air froides en provenance de Sibérie ou du pole viennent lécher la partie Nord du Maghreb en hiver. En revanche, le climat est de type tempéré et ensoleillé. Les hivers sont froids avec des épisodes neigeux parfois importants sur les régions du Nord. Les étés sont très chauds et secs (Bouchlaghem, 2008).

2.2.1. La température :

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (photosynthèse, respiration, digestion) (Dajoz, 2002). Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène d'évapotranspiration (Emsalem, 1986).

Elle dépend de l'obscurité, de l'altitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau, de sol, des formations végétales en place. L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elle qui nous permet d'évaluer le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

Températures moyennes mensuelles :

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma, sur une période de 10 ans (2007-2016). Ces valeurs sont consignées dans la figure (13).

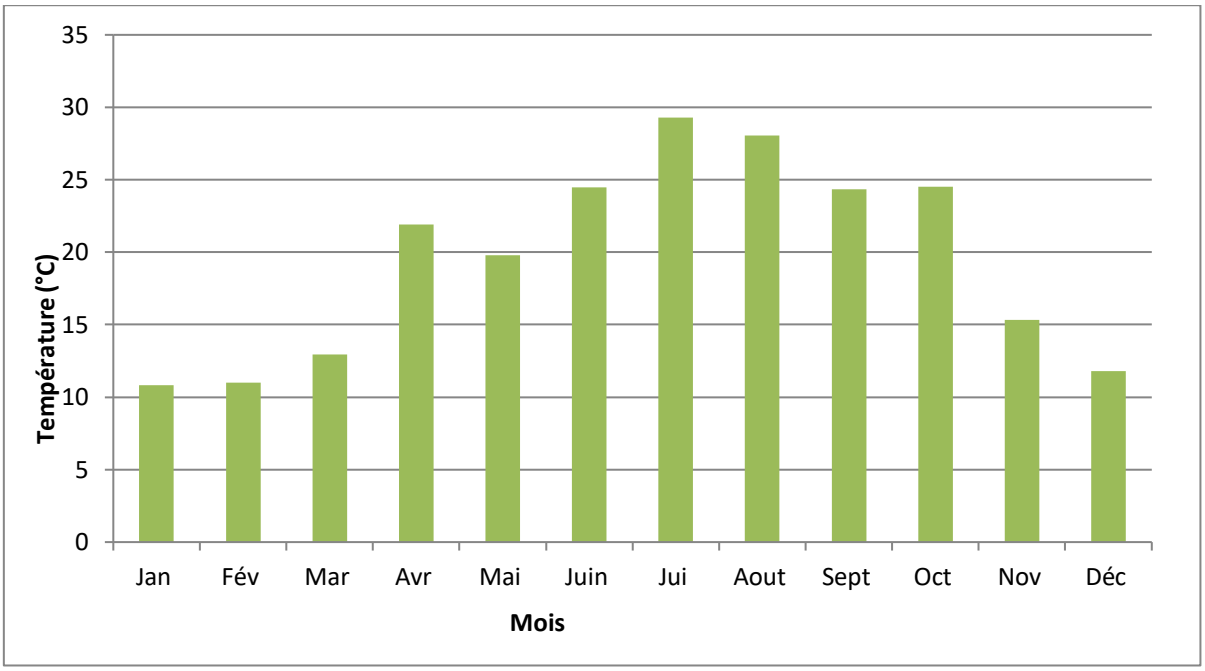


Figure13 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (2007-2016)

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variantes de 24,51°C. Par contre les températures les plus basses (11,81 à 12,96°C) sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de janvier (10, 82°C) et février (11,02°C).

2.2.3. Les précipitations :

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

On dispose des données de précipitation moyenne mensuelle de la station de Guelma (2007-2016) (Figure 14).

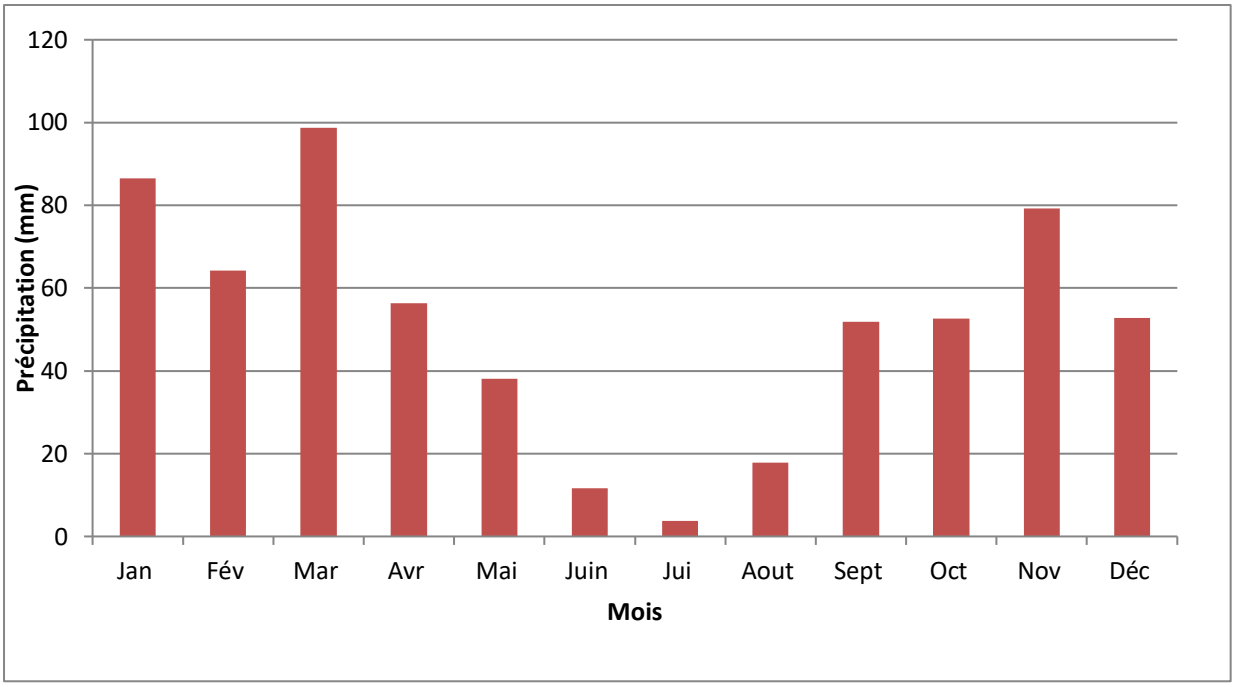


Figure14 : Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2007-2016)

Les précipitations moyennes mensuelles les plus élevées pendant la période allant de Mars (98,71 mm). Par contre les précipitations les plus basses (11,66 mm) sont observées pendant la période estivale (juin, juillet et Aout).

2.2.4. L'humidité relative de l'air :

L'humidité relative est l'un des paramètres principaux du cycle hydrologique. Elle conditionne l'évapotranspiration (Mansouri, 2009).

L'humidité relative est élevée durant toute l'année et varie peu durant l'été. Cette humidité est due d'une part, aux fortes évaporations des eaux des nombreuses zones humides dont jouit la région (Barrages, cours d'eau, affluents, retenues collinaires) et d'autre part, de la proximité de la région de la mer (Satha, 2014).

La figure (15) montre l'humidité moyenne mensuelle de l'air (%) de la station Guelma sur la période de (2007-2016).

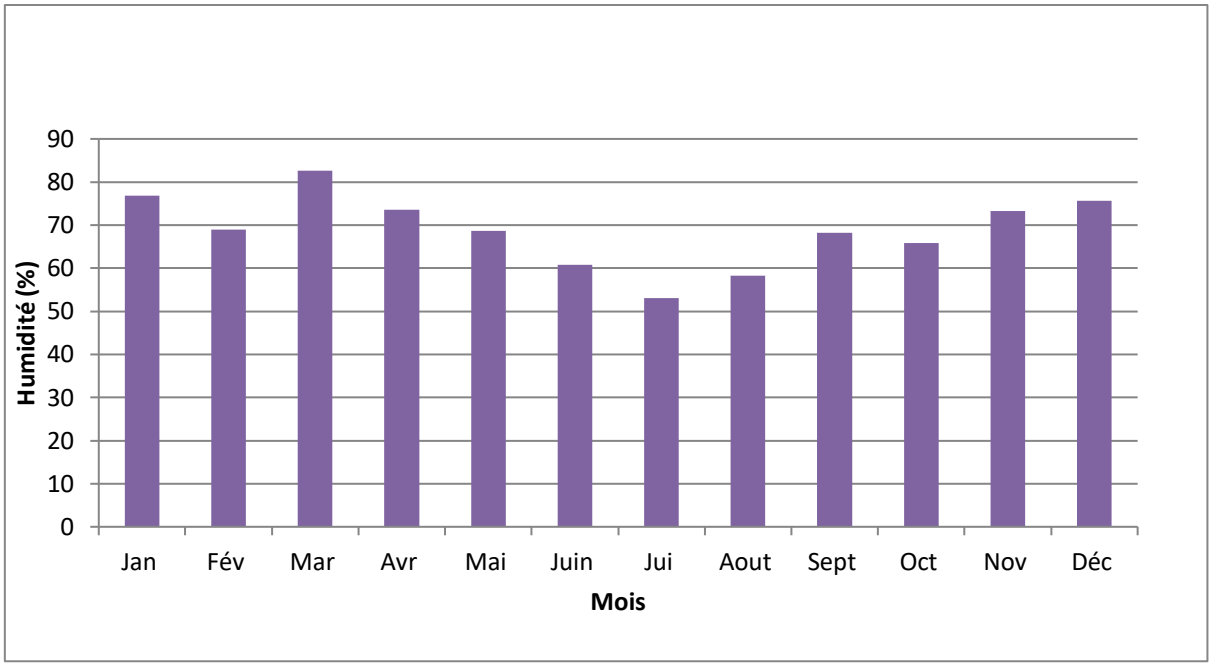


Figure 15 : Humidité moyenne mensuelle de la station de Guelma (2007-2016).

L'humidité de l'air est peu variable au cours de l'année, le taux maximal de l'humidité est observé pendant le mois de mars (82,89%), alors que le taux minimal est observé pendant le mois de juillet (53,09%).

2.2.5. Le vent :

Il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Sa vitesse est ralentie au niveau du sol que dans la végétation. Le vent a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation ; il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable. C'est aussi un agent de dispersion des animaux et végétaux (Dajoz, 2000).

La figure (16) montre la vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de la station de Guelma sur la période de (2007-2016).

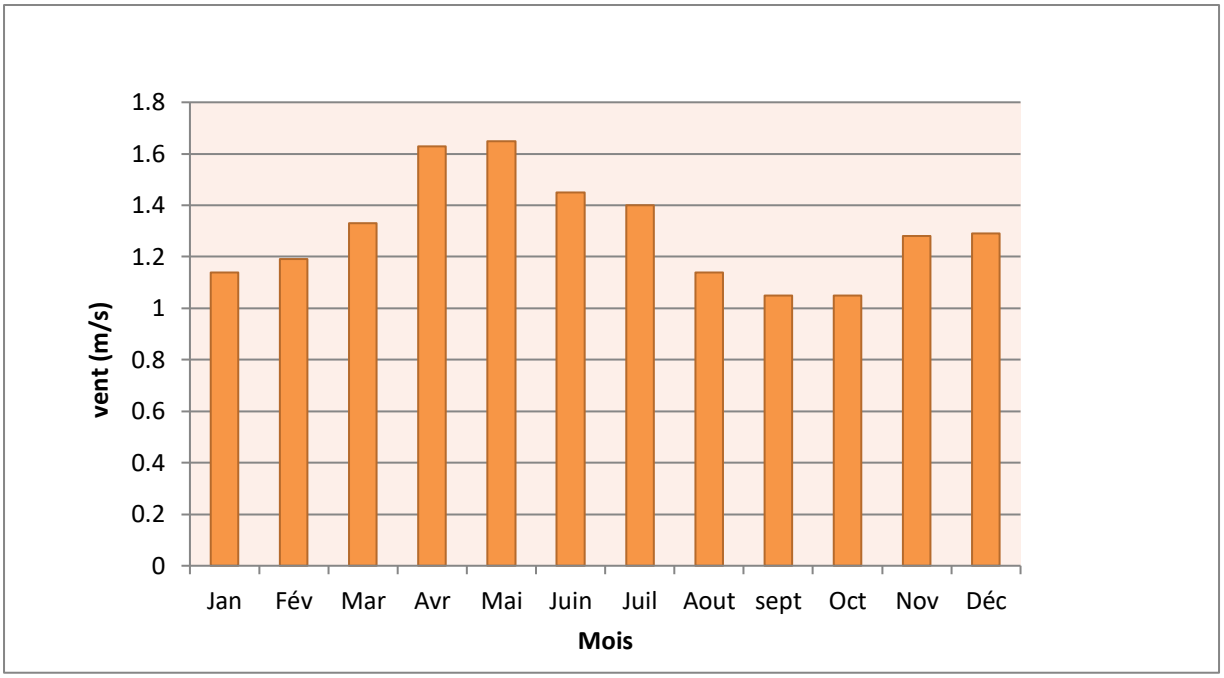


Figure 16 : La vitesse moyenne mensuelle du vent de la station de Guelma (2007-2016).

La vitesse moyenne mensuelle du vent est peu variable au cours de l'année, le taux maximale du vent est observé pendant le mois Avril (1,63 m/s) et le mois de Mars (1,65 m/s), alors que le taux minimale est observés pendant le mois de septembre et octobre (1.05 m/s) .

2.3. Synthèse climatique :

2.3.1. Diagramme ombrothermique :

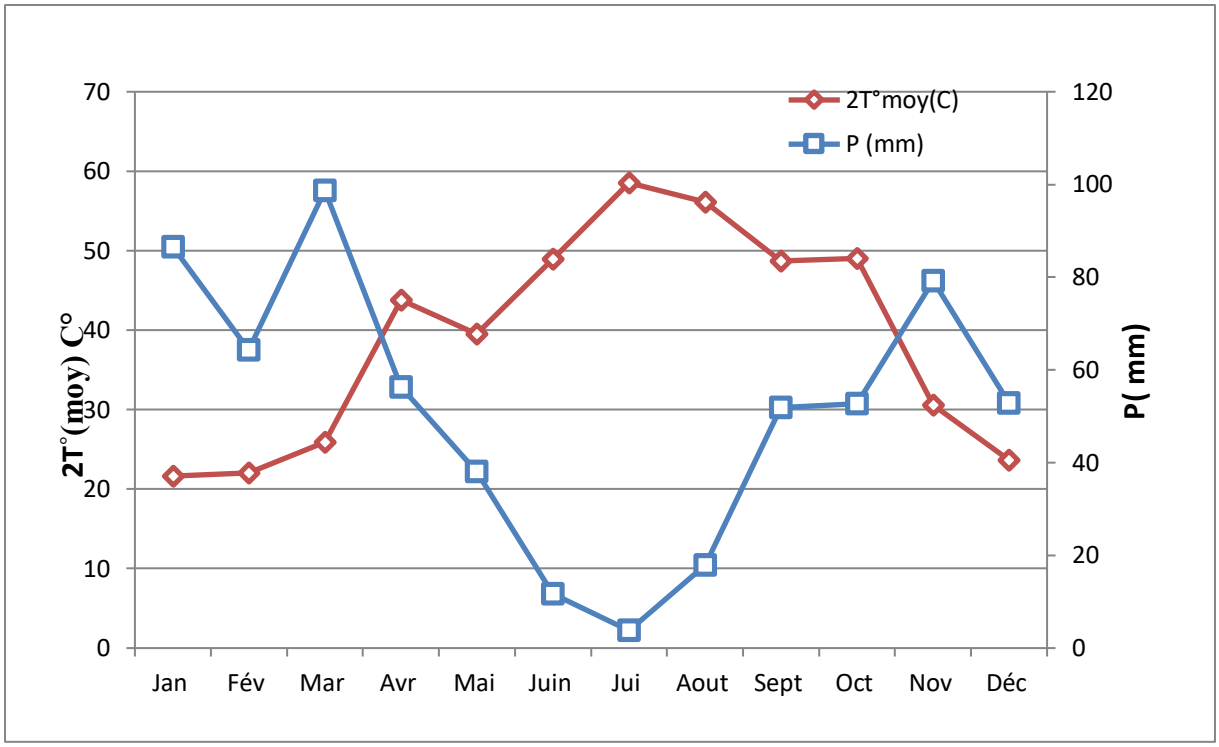
Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, ou sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec P=2T.

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 (Bangouls et Gaussen, 1953).



Figue 17 : Diagramme ombrothermique de la station de Guelma (2007-2016).

D'après la Figure17, on peut déduire deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide qui s'étale du début de mois Novembre jusqu'au la fin du Avril.
- Une saison sèche et chaude qui s'étend de la fin de mois d'Avril jusqu'au mois de Novembre.

2.3.2. Climagrame d'Emberger :

Selon Emberger (1969), 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).

$$Q_2 = 1000.P / \frac{(M+m).(M-m)}{2}$$

D'où :

M : Température maximale du mois le plus chaud.

m : Température minimale du mois le plus froid.

P : Précipitation moyenne annuelle.

Notre région (Guelma) présente un Q_2=130 Ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais.

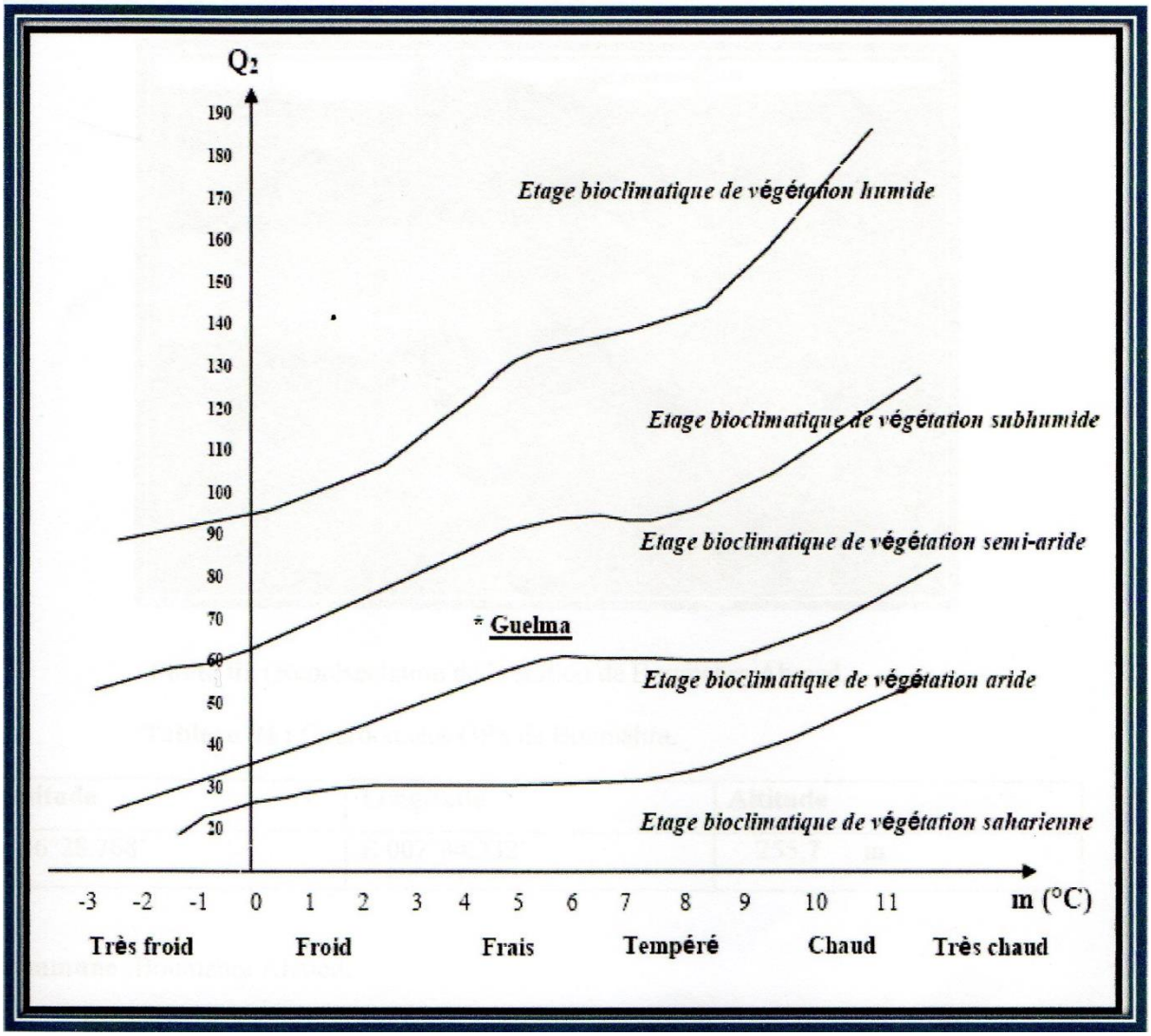


Figure 18 : Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2007-2016).

La région de Guelma appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver frais (Figure 18).

2.4. Description des sites :

2.4.1. Oued Zimba (Belkhir) :

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 (Photo 02) .

2.4.1.1. Coordonnées géographiques :

N 36°27.781'

E7°29.212'

Altitude : 259,7

2.4.1.2. Situation administrative:

Commune : Belkhir.

Daïra : Guelaat Bou Sbaa.

Wilaya : Guelma

Photo02 : représentation de la station de Zimba.

2.4.2. Oued Hlia :

2.4.2.1. Coordonnées géographiques et administratives :

N 36°24.795' E 7° 36.677'

Altitude : 144. 33 m.

Commune : Hammam N'Bail.

Wilaya : Guelma.

Limitées au nord par Bouchegouf, Beni Mezzline et Boumahra Ahmed, à l'est par Medjez Sfa, Oued Cheham et Dahouara, au sud par Hennencha et Khemissa, à l'oust par Ain Sandel, Bouhachana et Khezara. Ce ruisseau est un affluent de l'oued Seybouse. Il se trouve dans la région sud de Guelma (Photo 03). Cette section est formé par des bandes de calcaire yprésien qui sont fortement fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importantes, mais rapidement restituées parmi lesquelles la source de oued Hlia (Djabri, 1996).notre station se trouve sous un pont, elle est très exposées au soleil, les sols sont occupées par des jardins (cultures maraichères), et par des oliviers. Le fond de l'oued est tapissé de blocs, de pierres, de galets et de la vase.

Le lit de l'oued est tapissé de blocs de pierres, de galets et d'algues filamenteuses, le fond est formé de vase en certains endroits (Satha, 2008).

Photo 03 : représentation de la station de Hlia.

2.5. Pression exercés sur le site :

2.5.1. Agriculture :

La modernisation de l'agriculture conduite depuis plusieurs décennies s'est accompagnée généralement d'une augmentation de la consommation d'eau et d'une croissance des pollutions diffuses d'origine agricole.

Bien qu'Oued traverse des zones agricoles l'impact non négligeable des activités agricoles sur sa qualité est la conséquence des pertes de fertilisants (engrais chimiques,

engrais de ferme, effluents agro-alimentaires) et des produits de traitement des cultures (produits phytosanitaires).

Ces pollutions peuvent empêcher certaines utilisations du oued notamment son emploi pour l'alimentation humaine et animale et entrainant une dégradation du milieu naturel.

2.5.2. Industrie :

Oued Seybouse est connu comme un récepteur des eaux usées provenant de plusieurs zones industrielles qui l'entourent. Parmi ces installations industrielles, on peut citer :

- Station multi service.
- Limonadière (Dafri).
- Effluents des eaux usées de la commune de Belkhir.
- Sarl les Mouulins Amor Benamor (Amor Benamor).
- Litiaire EL Guelmiya.
- Les stations d'epuration.

Il est nécessaire de mettre en place une méthodologie bien structurée qui s'adapte à chaque cas d'étude et de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable. Les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif.

3.1. Type et période de l'étude :

Ce travail est une étude transversale de l'oued Seybouse, dans le but d'une contribution à la connaissance de son état de qualité. Elle est réalisée sur une période allant du mois de Février, Mars et Avril 2017.

- Premiers prélèvements le15/ 02 / 2017.
- Deuxièmes prélèvements le 14/ 03 / 2017.
- Troisièmes prélèvements le 18 / 04 / 2017.

3.2. Matériel :

3.2.1. Sur terrain :

-Multi-paramètres WTX 1970 i.

-Epuisette.

-Un appareil numérique (Panasonic DMC –LX3).

-Des fiches techniques.

- Etiquettes.

-Cuvettes.

-Bouteilles en plastiques.

-Formole5%

-Eau distillée.

- GPS (localisation).

Figure 19: Epuisette

Figure 20: Multi-paramètres WTW 1970i.

3.2.2. Au laboratoire :

- Pinces.

-Loupe binoculaire.

-Pinceaux.

-Boites de pétri.

-Flacons en verre.

- Etiquettes.

-Formol 5% (pour la conservation du matériel biologique).

-Ethanol 96% (pour la conservation des Mollusques).

-Polystyrène et des épingles entomologiques.

3.3. Méthodes :

3.3.1. Sur terrain :

3.3.1.1. Choix des stations :

Le choix de trois stations est basé sur les critères suivants :

1/ les trois stations appartiennent à la même région (Nord-est de l'Algérie).

2/ elles partagent ainsi des conditions climatiques semblables.

3/ Les stations sélectionnées ne partagent pas le même substrat et les mêmes paramètres régionaux et locaux, en particulier l'altitude.

4/ Accessibilité des stations (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense) permettant une visite régulière.

3.3.1.2. Echantillonnage des peuplements :

L'échantillonnage mensuel étant effectué au niveau de trois stations d'Oued Seybouse, Oued Zimba, Oued Hlia durant la période des trois mois (février, mars, avril). L'objectif de l'échantillonnage consiste en la collecte d'une diversité la plus représentative des macro-invertébrés au niveau de chaque station visitée. La technique de récolte consiste à utiliser une épuisette de 1 mm de vide de maille. Les coups de filet étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses.

3.3.1.3. 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 détacher les organismes des pierres avec des pinces et les conserver avec le contenu du filet dans des flacons en plastiques sur les quels noms et dates des prélèvements sont inscrits. Les échantillons sont pré-triés sur place (éliminations des plus grands éléments minéraux et végétaux) et fixés dans du formaldéhyde à 5%. Sachant bien que relevé est précédé par la mesure de la conductivité, la température, la profondeur, la largeur du lit, et la vitesse de l'eau…etc.

3.3.1.4. Les variables mesurées :

Les facteurs écologiques essentiels qui agissent sur le peuplement sont la température, la vitesse du courant, la nature du fond, l'oxygénation et la composition chimique des eaux (Dajoz, 1985) (Photo 04).

Photo04 : mesures des variables sur terrain.

3.3.1.4.1. 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 (Elafri, 2009).

Le tableau (01) établit une relation entre le degré de la minéralisation et la conductivité selon la réglementation française.

Tableau 01 : rapport entre la conductivité et la minéralisation (Rodier, 1996).

Conductivité	Minéralisation
0-100 µS /cm	Minéralisation très faible
100-200µS /cm	Minéralisation faible
200-333 µS /cm	Minéralisation moyenne accentuée
333-666 µS /cm	Minéralisation accentuée
666-1000 µS /cm	Minéralisation importante
> 1000 µS /cm	Minéralisation élevée

3.3.1.4.2. La température :

Il est important de connaitre 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 don 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 et la conductivité sont mesurées sur site à l'aide d'un conductimètre.

3.3.1.4.3. 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 étant absorbé par l'eau, par l'action de 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 autres plantes aquatiques, fixent le CO_2 de l'eau en utilisant l'énergie solaire et des molécules d'eau, elles

libèrent de l'oxygène dans le milieu (Huguette, 2006), l'oxygène dissous est mesuré par un Multi-paramètre.

3.3.1.4.4. Mesure du pH :

Le pH ou potentiel d'hydrogène mesure la concentration en ion 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 **(Tableau 02).**

Tableau 02 : Classification des eaux d'après leur pH (Anonyme, 1996-2002).

pH	**Caractéristiques de l'eau**
pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
pH = 7	pH neutre.
7 < pH <8	Neutralité approchée : majorités des eaux de surface.
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

Si l'on introduit des substances dans l'eau pure, elles se combinent avec les ions H et OH en modifiant l'équilibre chimique (Anonyme, 1996-2002).

3.3.1.4.5. La salinité :

La salinité est la quantité totale des résidus solides (en grammes) contenu dans 1Kg d'eau de mer (Dajoz, 1985).

3.3.1.4.6. 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, différent 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).En raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant est par sa valeur moyenne dans chaque station. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un bouchon en liège lâché en surface du cours d'eau sur une distance de 5m, le temps est mesuré par un chronomètre.

3.3.1.4.7. La profondeur et la largeur du lit mouillé :

Ces deux paramètres fournissent une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée. La profondeur de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophile. La profondeur de l'eau agit sur la teneur en O_2. La largeur du lit dépend de la précipitation et de la température, elle varie d'un cours d'eau à l'autre, et même cours d'eau pendant l'année (Touati, 2008).

3.3.2. Méthodes au laboratoire :

Nous avons procédé au dépouillement et au dénombrement des individus de chaque espèce animale récoltée, ce qui nous a permis de constituer une liste d'espèces des 03 sites. Les spécimens sont conservés dans du formaldéhyde à 5% (Photo 05).

Les espèces animales sont identifiées selon la détermination des différents groupes et à l'aide d'une loupe binoculaire et un microscope. Des guides d'identification ont été utilisés pour la détermination des échantillons (Tachet *et al.*, 2000 ; Moison *et al.*, 2008).

Photo 05 : dépouillement au niveau du laboratoire.

3.4. La structure d'un peuplement :

L'étude de la diversité peut être réalisée selon des approches qui sont fondée sur l'usage d'indices de diversité. Ces derniers permettent de comparer entre eux des peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps.

3.4.1. Indice de diversité de Shannon-Wiever :

Cet indice à l'avantage de faire intervenir l'abondance des espèces, il se calcule à l'aide de la formule suivante :

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

H' : indice de biodiversité de Shannon.

i: une espèce de milieu d'étude.

Pi : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

$$P(i) = n_i / N$$

Ou n_i est le nombre d'individus pour l'espèce **i** et **N** est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

Cet indice s'exprime en bit (unité d'information) et mesure le niveau de complexité d'un peuplement. Un indice de diversité correspond à un peuplement diversifié et équilibré (Meziane, 2009)

3.4.2. Indice d'Equitabilité (équirépartition) :

L'Equitabilité constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (Ramade, 1984). C'est la distribution du nombre d'individus par espèce. Elle est le rapport entre la diversité maximale H_{max} (Dajoz, 1995). Elle s'exprime comme suit :

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

H_{max} : la diversité maximale $\mathbf{H_{max} = \log2(S).}$

S : le nombre d'espèces formant le peuplement.

Une valeur de **E** proche de **1** traduit un peuplement plus équilibré.

3.4.3. Indice de La richesse spécifique S :

La richesse spécifique S désigne le nombre d'espèces qui existent dans un peuplement.

3.4.4. Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) :

L'indice biologique globale normalisé ou IBGN permet d'exprimer la qualité des peuplements d'invertébrés en relation avec la qualité des eaux courantes et la qualité du milieu.

Il tient compte à la fois des différentes polluons-sensibilités des différents groupes d'invertébrés (groupes indicateur) et de diversité taxonomique.

L'IBGN repose sur l'utilisation d'une liste de 138 taxons de macro invertébrés dont 38 indicateur (Annexe 1).Ces dernier sont classés en fonction de leur sensibilité croissant à la pollution (Annexe 2).une valeur fluctuante de zéro (très mauvaise qualité) à vingt (très bonne qualité) est attribué en fonction de la présence d'un taxon indicateur en suffisamment grand nombres et du nombre de taxons appartenant à la liste des 138 taxons .

L'information fournie est synthétique, et intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et de la caractéristique morphologique et hydraulique des cours d'eau (Vernaux, 1980).

L'IBGN peut permettre de suivre l'évolution de la qualité biologique d'un site au cours du temps, dans l'espace (amont/aval) et d'évaluer l'effet d'une perturbation sur le milieu.

3.5. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN :

3.5.1. Méthode de l'IBGN :

Les macro-invertébrés benthique sont considérés comme de très bons indicateurs biologiques des cours d'eaux, ils sont les éléments de qualité biologique les plus utilisés pour révéler les pressions anthropiques (Afnor, 1992).

L'indice biologique global normalisé (IBGN) est un outil de diagnostic basé sur l'étude de la faune des macro-invertébrés benthiques d'eau douce, l'IBGN permet de caractériser l'état écologique de l'eau, plusieurs paramètres sont à prendre en compte : la

richesse en macro-invertébrés la diversité des taxons présents, et l'absence ou la présence certains taxons plus particulièrement indicateurs de la présence de pollution.

3.5.2. La calcul de l'indice se fait en trois étapes :

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

2- Le groupe faunistique indicateur, en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins trois individus ou dix selon les taxons.

3- Le calcul de l'indice en lui-même est obtenu par la formule suivante.

IBGN=N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété - 1) avec IBGN ? 20

3.5.3. Principe général de l'IBGN :

Cette méthode s'applique à des sites d'eau courante dont la profondeur n'excède pas un mètre sur la majorité de la station.

Le principe repose sur la faune benthique prélevée directement sur le terrain, selon un protocole d'échantillonnage standardisé en tenant compte des différents types d'habitats.

Les diagnoses sont les plus souvent fondées sur l'analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques (inféodés au substrat). Leurs identifications fournissent des indications sur la qualité du milieu par la présence ou l'absence des groupes faunistiques indicateurs.

3.5.6. Les objectifs de l'IBGN sont :

- Situer la qualité biologique de l'eau courante d'un site dans une gamme typologique générale.
- Suivre l'évolution de la qualité biologique d'un site :
  - Au cours temps.
  - Dans l'espace (amont/aval).
- Evaluer l'effet d'une perturbation (exemple : un rejet) sur le milieu.

3.5.7. Les limite de l'IBGN :

L'IBGN est un outil de diagnostic parmi d'autres, une aide à l'interprétation de l'ensemble de résultats des informations recueilles sur le milieu étudie et, comme tous les outils de ce genre, il présente des limites d'application. En effet, les observations suivantes sont en considérer :

- La valeur de référence est voisine de 20 dans la plupart des milieux non perturbés, mais elle peut être plus faible dans des milieux particulaires, sans qu'une perturbation en soit la cause.
- La valeur de l'IBGN peut présenter une variabilité saisonnière, conséquence des cycles biologiques de la macrofaune benthique et de l'évolution des conditions de milieu.
- La globalité de la méthode ne permet pas d'interpréter avec certitude les causes et les origines d'une perturbation. Les analyses physico-chimiques complémentaires seront nécessaires.
- Les effets d'une même perturbation peuvent s'exprimer de manière différente selon le niveau typologique du site.

3.5.8. Calcul de l'IBGN :

L'IGBN est établi à partir du tableau ‹‹ valeur de l'IBGN » (Afnor, 1992) comprenant en lignes 9 groupes faunistiques indicateurs et en colonnes 14 classes de variétés taxonomiques. Pour cela en détermine successivement :

- La variété taxonomique de l'échantillon (∑t) qui est égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne représentés que par 1 seul individu. Elle donne essentiellement des renseignements sur la variété des habitats présents dans les cours d'eau étudiés.
- Le groupe faunistique indicateur (GI) ne prenant pas n'en compte que les taxons indicateurs représentés dans l'échantillon par 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

La détermination de GI s'effectue en prospectant les colonnes du tableau de haut en bas et en sélectionnant le taxon qui représente le degré de polluo-sensibilité le plus élevé de l'échantillon intégral de la station étudiée.

L'indice (valeur de l'IBGN) peut alors être lu dans l'Annexe 2 par le croisement de la colonne de variétés taxonomiques et de la ligne de groupe faunistique indicateur.

Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon de cours d'eau est affecté d'une couleur suivant la valeur de l'IBGN (Tableau 03.).

Tableau 03 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (Afnor, 1992).

IBGN	**≥à 17**	**13-16**	**9-12**	**5-8**	**4**
Classe de qualité	**1A**	**1B**	**2**	**3**	**HC***
Couleur correspondante	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité hydrobiologique	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

HC* : Hors Classe.

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe 1A (couleur bleue) indique une eau de bonne qualité excellente (absence de pollution).
- Classe 1B (couleur vert) indique une eau de bonne qualité (avec une pollution modérée).
- Classe 2 (couleur jaune) indique une eau de qualité moyenne (avec une pollution nette).
- Classe 3 (couleur orange) indique une eau de qualité médiocre (avec une pollution importante).
- Hors classe 4 (couleur rouge) indique une mauvaise qualité (avec une pollution excessive).

3.6. L'Organisation d'un peuplement :

3.6.1. La fréquence :

La fréquence centésimale (**Fe**) représente l'abondance relative, encore appelée probabilité d'occurrence de l'espèce i, elle correspond au pourcentage d'individus d'une espèce (**ni**) par rapport au total des individus recensées (**N**) d'un peuplement (Ramade, 2009).

L'abondance relative peut être calculée pour un peuplement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose.

FE=ni /N 100

La fréquence centésimale peut également renseigner sur l'importance quantitative (en biomasse) d'une espèce ou d'un taxa de proies composant le régime alimentaire d'un prédateur.

3.6.2. L'abondance :

Correspond au nombre d'individus échantillonnées.

4.1. Qualité physique de l'eau :

4.1.1. Température :

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique bactérienne ainsi que le développement, la croissance et le cycle biologique de la majorité des macro-invertébrés aquatiques. Elle varie en fonction de la température extérieure (air), des saisons, de la nature géologique et enfin de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Rodier, 1978).

La température de l'eau d'Oued Seybouse au niveau des stations échantillonnées est représentée dans la figure 21 :

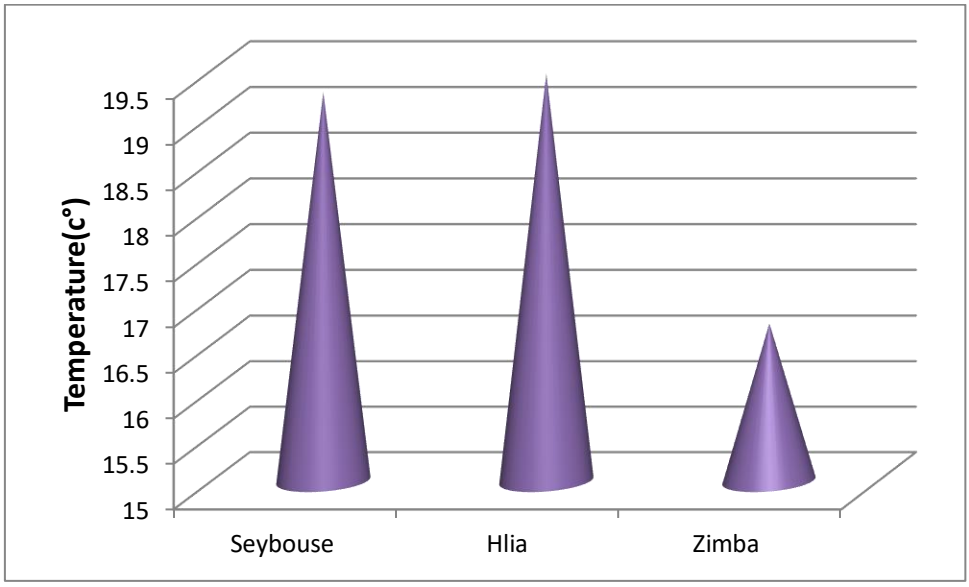


Figure 21 : Variation spatio-temporelle de la température au niveau des stations échantillonnées au cours de la période d'étude.

D'après la figure 21, la température la plus élevée a été enregistrée dans la station de Hlia avec 19,46 C°, et la plus basse a été observée au niveau de la station de Zimba 16,73 C°.

4.1.2. Oxygène dissous :

Les concentrations en oxygène dissous constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique (Khettar, 2009). La concentration en oxygène existant dans les eaux est le

résultat de processus de la demande et de production d'oxygène et est donc soumise à des fortes fluctuations (Chaib, 2002).

Le pourcentage de l'oxygène dissous des stations échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse est enregistré dans la (Figure 22)

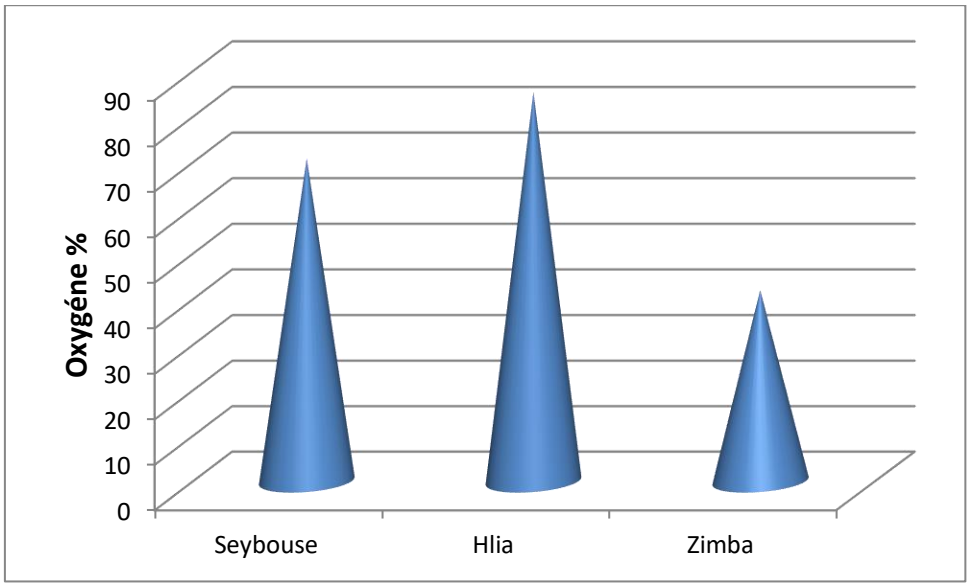


Figure 22 : le pourcentage de l'Oxygène dissous au niveau des stations échantillonnées.

La Figure 22, montre que la plus forte quantité de l'Oxygène dissous au niveau de la station de Hlia et Seybouse avec un pourcentage de 85,36 % et 70,86%. Par contre la station de Zimba est faiblement oxygénée avec 42,01%

4.1.3. Le potentiel d'hydrogène pH :

Le pH à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique (Rejsek, 2002). Les eaux traversant des terrains granitiques sont peu minéralisées, avec un pH acide ou voisin de la neutralité. Les eaux traversant des terrains calcaires ont par conséquent une forte concentration en bicarbonates et un pH élevé (Angelier, 2003).

Le pH des stations échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse est représenté dans la Figure 23 :

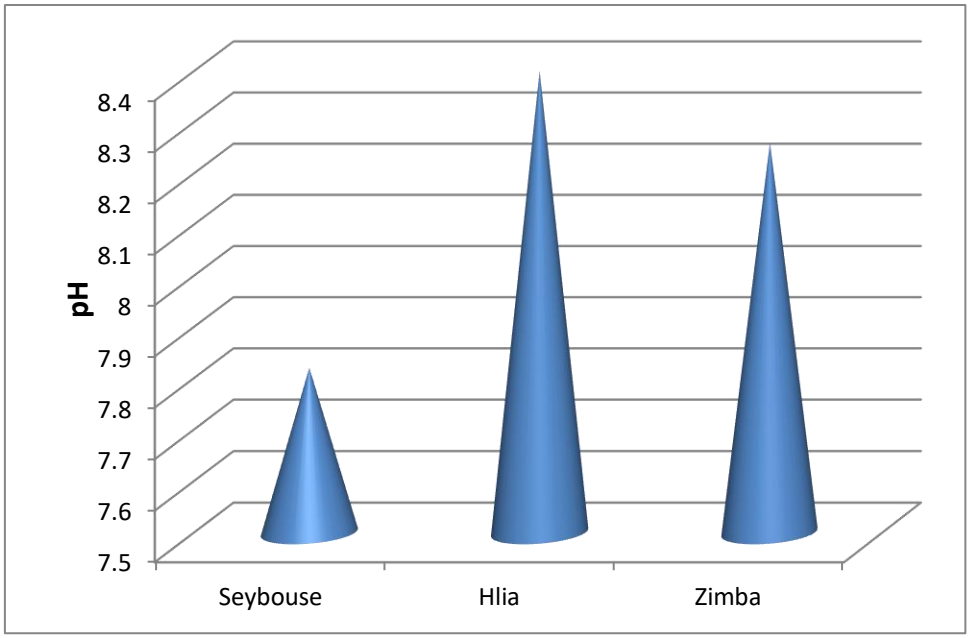


Figure 23 : variation spatio-temporelle des valeurs du pH durant la période d'étude dans les trois stations d'Oued Seybouse.

Au niveau de chacune des trois stations de prélèvement les valeurs de pH sont quasiment constantes, mais la comparaison entre les stations révèle qu'il ya une légère baisse du pH (moins basique) des eaux durant les périodes de prélèvement par apport aux eaux brutes, cela peut s'expliquer par la présence des matières organique acidifiantes issues de la dégradation de la matière végétale dans les eaux traitées.

D'après la figure 23, on remarque que les sites reflètent une alcalinité du milieu. En fait, les Valeurs du pH sont proches et sont limitées entre 7,82 et 8,40.

4.3.4. La conductivité :

La conductivité de l'eau est un paramètre important influençant la dynamique des peuplements. La conductivité de l'eau est proportionnelle à la quantité de sels ionisables dissous, elle constitue une bonne indication du degré de minéralisation des eaux (Bounaceur, 1997).

La conductivité varie en fonction de la température puisque plus cette dernière augmente ou diminue plus elle facilite ou empêche la dissolution et les réactions chimique dépendantes (Mansouri, 2009).

La conductivité des stations échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse est représentée dans la figure 24 :

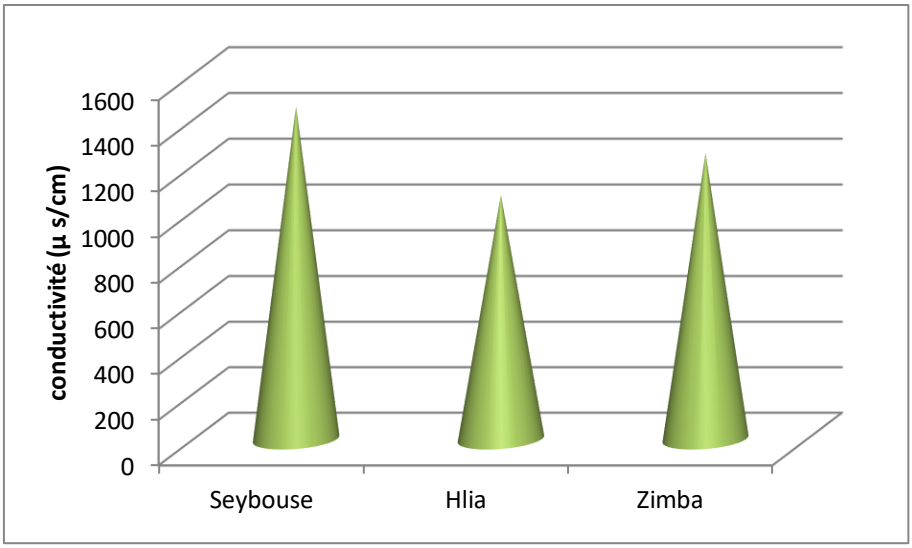


Figure 24 : Variation de la conductivité électrique dans les trois stations de prélèvement.

D'après la figure 24, la conductivité la plus été enregistrée dans la station de Seybouse (1458,13 u s/cm), la valeur de la conductivité la plus basse au niveau de station Hlia (1070 uS/cm).

4.1.5. La salinité :

La salinité est la quantité totale des résidus solides(en gramme) contenu dans 1kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacé par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée (Dajoz, 1985).

La salinité des stations échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse est représentée dans la (Figure 25).

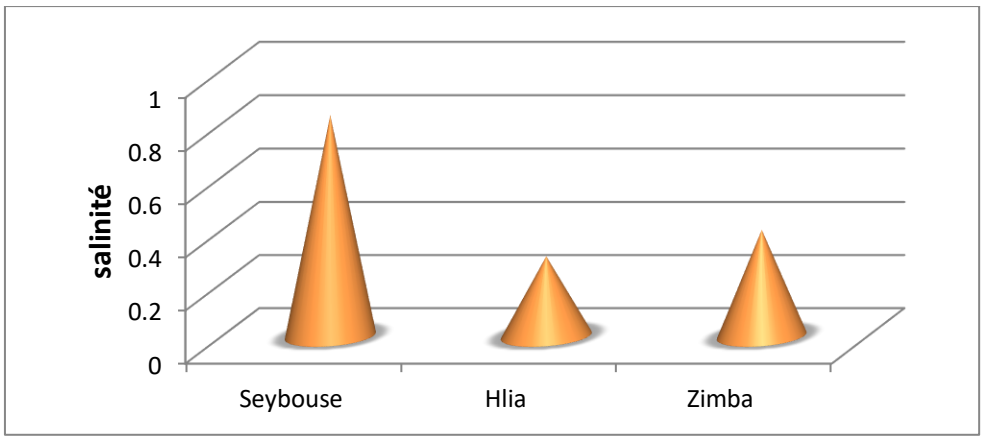


Figure 25 : La salinité de chaque station échantillonnée au niveau d'Oued Seybouse.

D'après la figure 25, on remarque que la salinité la plus élevée été enregistrée dans la station de Seybouse et la salinité la plus base dans la station de Hlia.

4.1.6. Profondeur :

La profondeur de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophiles. La profondeur de l'eau agit sur la teneur en O_2. La surface peu profonde permet à l'air de se diffuser largement et de bien se mélanger, par contre dans les lacs, la profondeur est telle qu'elle conduit à la stratification thermique (Sacchi et Testard, 1971).

La profondeur des stations échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse est représentée dans la Figure 26 :

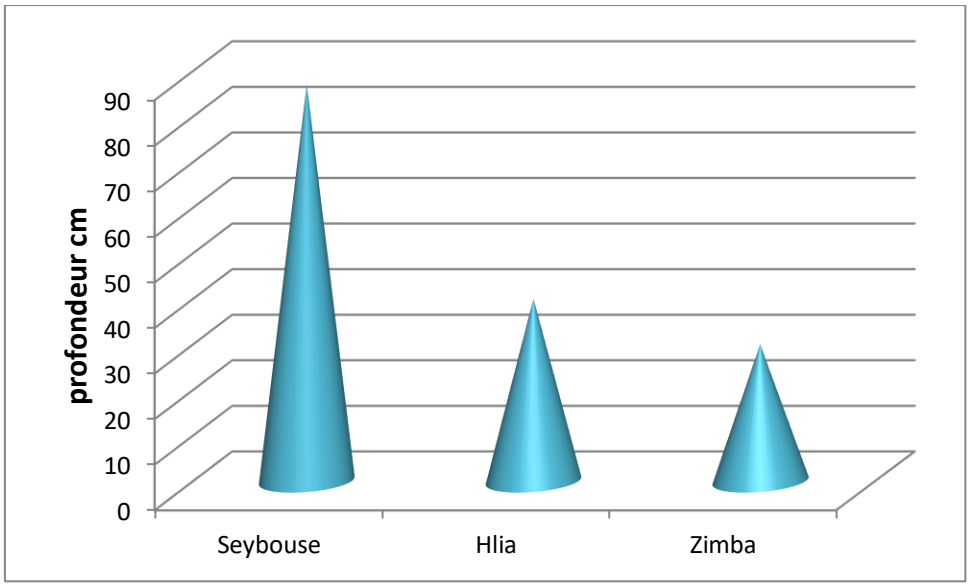


Figure 26 : la profondeur des stations échantillonnées.

D'après la figure 26, on remarque que la station de Seybouse est la plus profonde.

4.1.7. Largeur du lit :

Ce paramètre fournit une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée.la largeur du lit dépend de la précipitation et de la température, elle varie d'un cours d'eau à un autre, et du même cours d'eau pendant l'année.

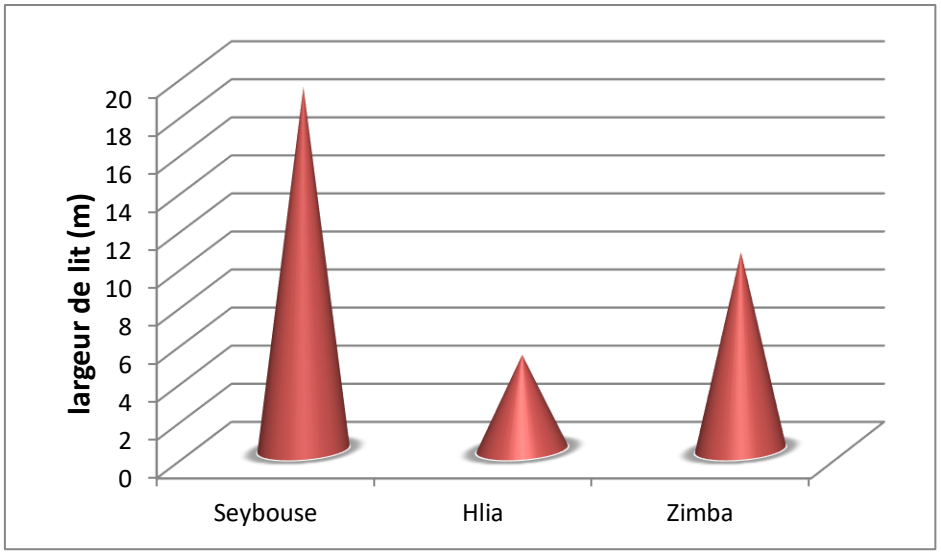


Figure 27 : largeur de chaque station échantillonnée au niveau d'oued Seybouse.

La largeur des stations échantillonnées au niveau de la Seybouse sont représentées dans la figure 27.Ces résultats montrent que la station de Seybouse est la plus large.

4.1.8. La vitesse de l'eau :

En coupe transversale (transect) l'oued montre que dans l'écosystème aquatique, coexistent eau courante et eau stagnante de sorte que dans ces biotopes vont coexister et cohabiter des espèces d'eau stagnante, ou le courants est faible ou nul, et des espèces d'eau courante à plus moins grande vitesse. C'est à ces divers titres que les informations sur la vitesse du courant sont indicatrices des biotopes et des espèces aquatiques (Angelier, 2003).

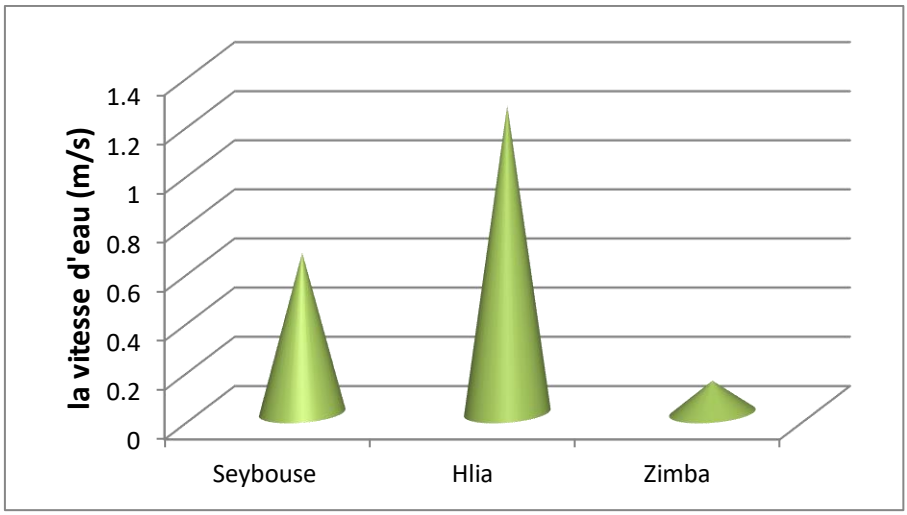


Figure 28 : la vitesse de l'eau (m/s) de chaque station échantillonnée au niveau d'oued Seybouse.

La figure 28 montre que la valeur maximale de la vitesse de l'eau est enregistrée au niveau d'oued Hlia.

4.2. Etude de la faune :

Sur un total de 3 sorties effectués du 15 février 2017 jusqu'au 18 avril 2017, nous avons recensés au total 806 individus, la plus part d'entre eux sont identifiés au niveau de l'espèce. La liste des espèces des macro-invertébrés échantillonnés des trois stations est représentée dans le tableau suivant (Tableau 04).

Tableau04 : Check-list des macro-invertébrés aquatiques échantillonnés.

Embranchement	**Classe et /ou Ordre**	**Famille**	**Genre /espèce**	**Nmbr**	**Fré**
Arthropodes	Ephéméroptère	Caenidae	*Caenis sp*	3	1/3
		Baetida	*Acentrilla sinaica sp*	104	2/3
			Baetis sp	25	2/3
		Heptagenidae	*Heptagenia sulphurea*	15	2/3
	Diptères	chironomidae	*Chironomus plumosus*	62	3/3
		Simuliidae	*Simullium sp*	50	1/3
	Hémiptères	Corixidae	*Corixa affinis (L)*	89	1/3
	Coléoptères		*Hygrobia sp*	1	1/3
			Harines sp	2	1/3
	Crustacés	Gammaridae	*Gammarus sp*	115	1/3
	Tricoptères	Glossosomidae	*Glossosoma*	24	1/3
		Hydropsychidae	*Cheumotopsyche lepida*	42	2/3
Mollusques	Gastéropodes	lymnaedae	*Lymnea sp*	9	1/3
		Physidae	*Physa sp*	4	2/3
			Physella	1	1/3
			Radix sp	1	1/3

Embranchement	Classe et/ou ordre	Famille	Genre/ espèce	Nmbr	Fré
		Ancylidae	*Ancylus fluviatilis*	22	2/3
Némathélminthes	Nématodes	Mermithidae		5	1/3
Annélides	Achète	Hirudinae	*Sangsues sp*	217	2/3
	Oligochètes			15	2/3
Total				806	

Au cours notre étude, 19 taxons ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées (Tableau 04). Les peuplements de ces stations sont composés essentiellement des Achètes avec pourcentage de 26,92%, les Ephéméroptères occupent la 2ème position avec 18,23% puis les Crustacées avec 14,26 %, les Diptères avec 13,89 %, les Hémiptères avec 11,04%, les Trichoptères avec 8,18%. Par contre, les Gastéropodes avec 4,59%, sont moins présents les Oligochètes avec 1,86%, les Nématodes avec 0,62% et les Coléoptères avec 0,37% avec un pourcentage important (Figure 29).

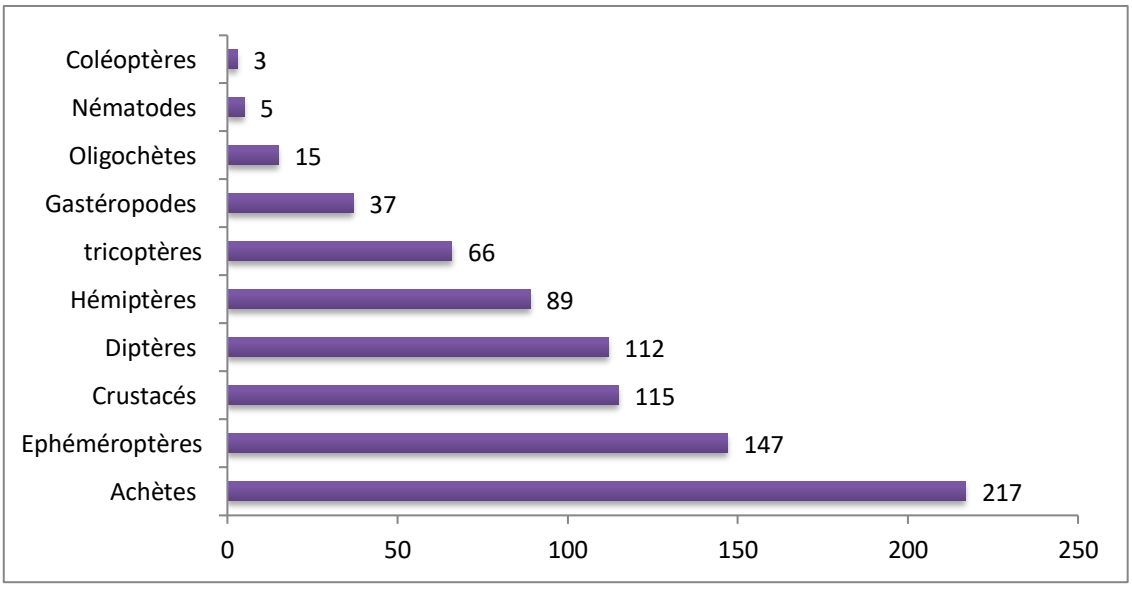


Figure 29 : Répartition quantitative des macro-invertébrés recensés au niveau d'Oued Seybouse pendant la période d'étude.

L'ensemble de ces taxons faunistiques est presque présent dans toutes les stations avec des effectifs variant d'une station à une autre.

4.2.1. Achète :

L'ordre des Achètes est représenté par une seule famille. Dans cet ordre nous avons prélevé 217 individus, appartiennent à la famille des Hirudinae et qui représente 26,92 %.

4.2.2. Ephéméroptères :

L'ordre des Ephéméroptères est représenté par 3 familles. Dans cet ordre nous avons prélevé 147 individus dont 129 appartiennent à la famille des Baetidae, et qui représentent 87,75 % des Ephéméroptères (figure 30). Les Heptagenidae viennent en deuxième position avec 15 individus, soit 10,20%. Les Caenidae occupent la 3ème position avec 3 individus, soit 2,04%.

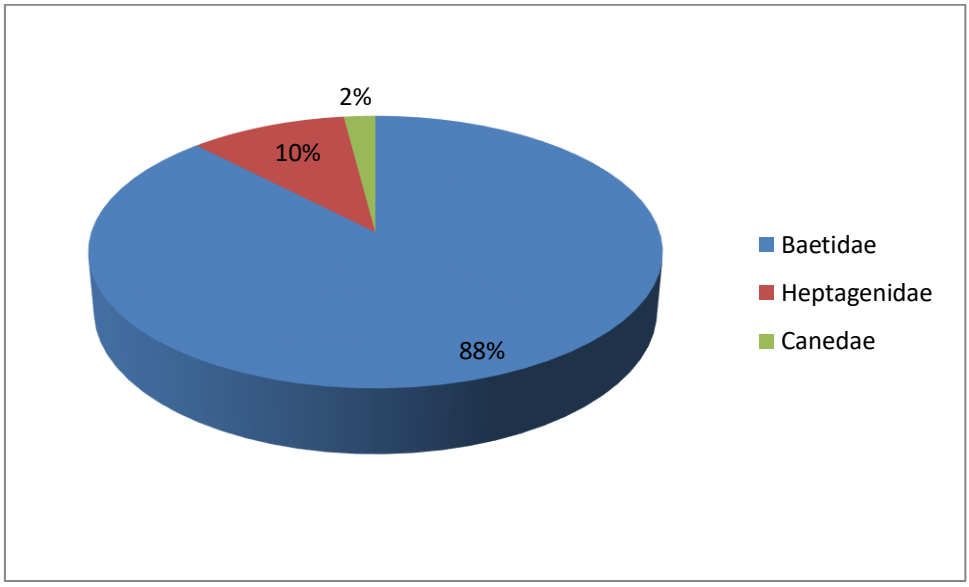


Figure 30: Pourcentage de différentes familles des Ephéméroptères échantillonnés au niveau d'Oued Seybouse.

4.2.3. Crustacés :

L'ordre des Crustacés est représenté par une seule famille. Dans cet ordre nous avons prélevé 115 individus, appartiennent à la famille des Gammaridae qui représente 100%.

4.2.4. Diptères :

Les Diptères sont représentés par 2 familles. Dans cet ordre nous avons prélevé 112 individus, dont 62 appartiennent à la famille des Chironomidae et qui représente 55,35%. Les Simulidae viennent en deuxième position avec 50 individus et qui représente 44,64% (Figure 31).

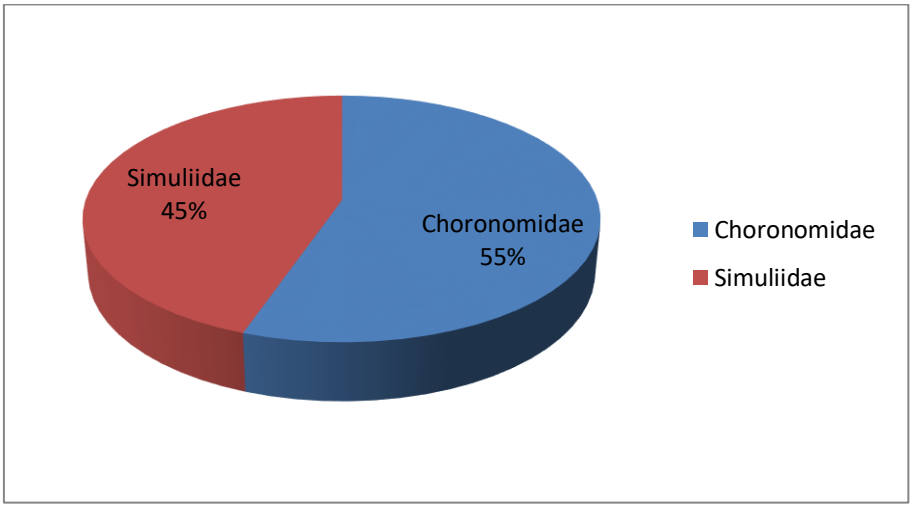


Figure 31 : Pourcentage de différentes familles des Diptères échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.

4.2.5. Hémiptères :

L'ordre est représenté par une seule famille. Dans cet ordre nous avons prélevé 89 individus, dont 89 appartiennent à la famille de Corixidae et qui représente 100%.

4.2.6. Trichoptères :

L'ordre est représenté par 2 familles. Dans cet ordre nous avons prélevé 66 individus, dont 42 appartiennent à la famille des Hydropsychidae et qui est représentée par 63,63%. Les Glossosomidae viennent en deuxième position avec 24 individus, soit 36,36% (Figure32).

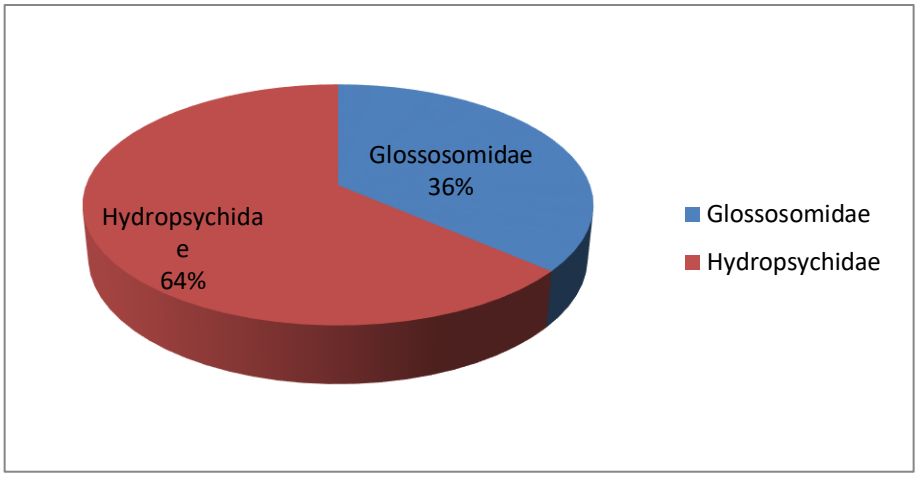


Figure 32:pourcentage de différentes familles des Trichoptères échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.

4.2.7. Gastéropodes :

L'ordre est représenté par 3 familles. Dans cet ordre nous avons prélevé 37 individus, dont 22 appartiennent à la famille des Ancylidae et qui représente 59,45%. Les Lymnaedae viennent en deuxième position avec 9 individus, soit 24,32% et les Physidae avec 6 individus, soit 13,51% (Figure33).

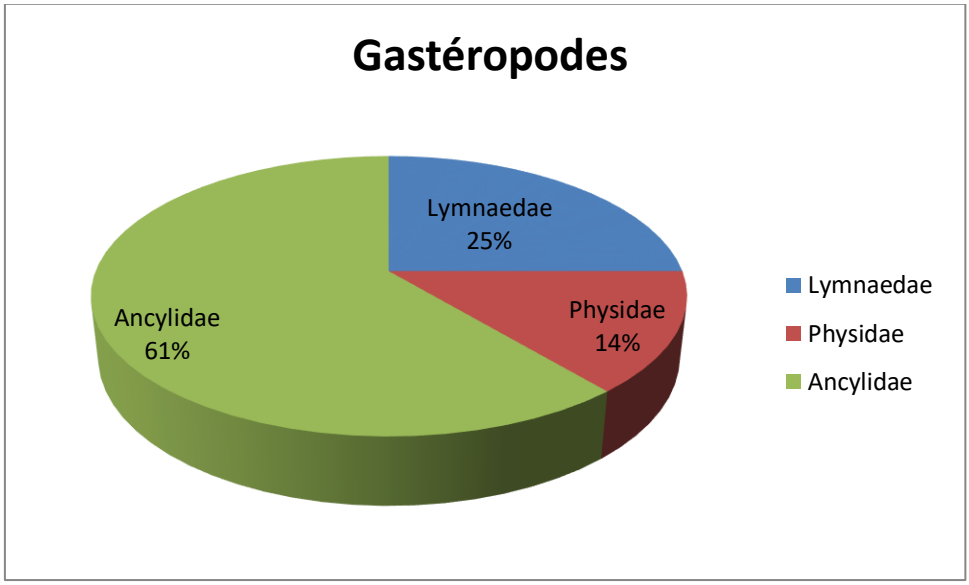


Figure 33:pourcentage de différentes familles des Gastéropodes échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse.

4.2.8. Oligochètes, Nématodes et les Coléoptères :

Dans nos stations échantillonnées au niveau d'Oued Seybouse pendant 3 mois (Février, Mars et Avril), ces taxons sont très faiblement présents. En effet, les Oligochètes sont représentés par 15 individus et les Nématodes avec 5 individus, les Coléoptères avec 3 individus seulement.

4.3. Etude spatiale des macro-invertébrés d'Oued Seybouse :

Les stations qu'on a échantillonnées durant une période de 3 mois s'étalant entre février, mars et avril 2017 sont : Oued Seybouse, Oued Zimba et Oued Hlia. La liste des taxons échantillonnés et leur nombre sont précisés dans les tableaux (5, 6,7).

4.3.1. Oued Seybouse :

Tableau 05: check-list des macro-invertébrés échantillonnés au niveau d'Oued Seybouse

Embranchement	**Classe et/ou ordre**	**Famille**	**Genre et espèce**	**Nombre**
Arthropodes	Diptères	Chironomidae	*Chironomus plumosus*	24
	Ephéméroptères	Heptageniidae	*Heptagenia sulplurea*	3
		Baetidae	*Acentrula sinaica*	24
	Hémiptères	Corixidae	*Corixa affinis (L)*	89
	Crustacés	Gammaridae	*Gammarus sp*	115
	Trichoptères	Hydropsychidae	*Cheumotopsyche lepida*	11
		Glossosomidae	*Glossosoma sp*	2
Mollusques	Gastéropodes	Ancylidae	*Ancylus fluviatillis*	17
		Physidae	*Physa sp*	1
			Physella	1
Némathelminthes	Nématodes	Mermitidae		1
Annélides	Achète	Hirudinae	*Sangsues*	134
	Oligochètes			13

4.3.2. Oued Zimba :

Tableau 06 :check-list des macro-invertébrés échantillonnés au niveau d'Oued Zimba.

Embranchement	**Classe et/ou ordre**	**Familles**	**Genre et espèce**	**Nombre**
Arthropodes	Ephéméroptères	Baetidae	*Baetis sp*	16
	Diptères	Chironomidae	*Chironomus plumosus*	4
	Coléoptères		*Hygrobia sp*	1
			Harines sp	2
Mollusques	Gastéropodes	Lymnaedae	*Lymnea sp*	9
		Ancylidae	*Ancylus fluviattilis sp*	5
		Physidae	*Physa sp*	3
			Physella sp	5
			Radix sp	1
Nématodes	Mermitidae			4
Annélides	Achète	Hirudinae	*Sangsus*	83
	Oligochète			2

4.3.3. Oued Hlia :

Tableau 07 : Check-list des macro-invertébrés échantillonnés au niveau d'Oued Hlia.

Embranchement	Classe et/ou ordre	Famille	Genre/ èspèce	Abondance
Arthropodes	Ephéméroptères	Caenidae	*Caenis sp*	3
		Baetidae	*Acentrula sinaica*	80
			Baetis sp	9
		Heptagenidae	*Heptagenia sulphurea*	12
	Diptères	Chironomidae	*Chironomus plumosus*	34
		Simuliidae	*Simullium sp*	50
	Trichoptères	Hydropsychidae	*Cheumatopsyche lepida*	31
		Glossosomidae	*Glossosoma sp*	22

4.4. Etude des indices de diversité :

4.4.1. Indice de Shannnon et l'Equitabilité :

Pour quantifier simultanément la richesse taxonomique d'une communauté on utilise fréquemment des indices dont l'indice de Shannon est le plus utilisé (Barboult, 2000). D'où un indice d'équitabilité (E) compris entre 0 et 1. Dans la nature, cet indice est communément de l'ordre de 0,8 ou 0,9 (Sueur *et al.*, 2008).

Tableau 08 : Les indices de diversité des stations explorées.

Station	Indice de Shannon(H)	Indice d'Equitabilité(E)
Seybouse	2,56	0,71 ou 71%
Zimba	1, 96	0,56 ou 56%
Hlia	2, 39	0,85 ou 85%

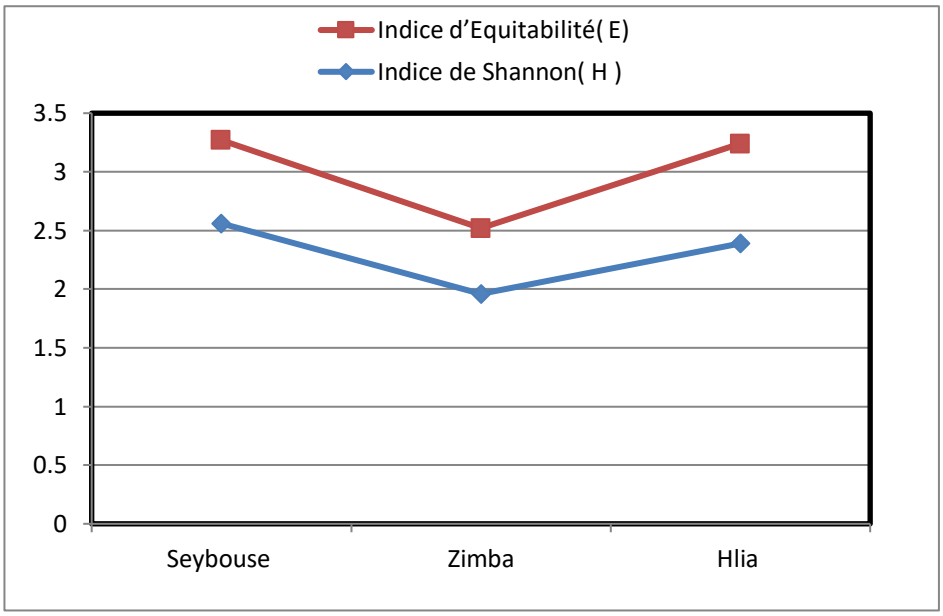


Figure 34: variation des indices de Shannon et d'Equitabilité au niveau d'Oued Seybouse durant la période d'étude.

L'indice de Shannon a été calculé dans chaque station. Les résultats de la diversité exposés dans la Figure 34 montrent que les valeurs maximales sont enregistrées dans la station : Oued Seybouse. Cependant la valeur minimale est notée, respectivement, dans les deux autres stations : Hlia et Zimba.

L'équitabilité calculée pour chaque station montre que le site d'Oued Hlia est le plus équilibré avec une valeur de 0,85. Cependant, la station Zimba est faiblement équilibrée avec une valeur de 0,56. Ceci confirme les résultats de l'indice de Shannon.

4.4.2. La richesse spécifique S :

La richesse spécifique S désigne le nombre d'espèces qui existent dans un peuplement.

Tableaux09 : la richesse spécifique dans chaque station échantillonnée.

Stations	Seybouse	Zimba	Hlia
La richesse spécifique	11	12	11

Afin de connaitre la qualité biologique du réseau hydrologique qu'est la Seybouse, nous avons réalisé une étude de l'indice biologique global normalisé. Trois stations d'échantillonnages ont été choisies. Pour chaque station, quatre relevés ont été effectués.

Tableaux10 : Synthèse des résultats d'IBGN des trois stations échantillonnées.

	Hlia	**Seybouse**	**Zimba**
Effectif total de la station	241	435	130
Variété totale	7	12	9
Classe de variété	3	4	3
Groupe indicateur	7	3	2
IBGN	9	6	4
Qualité	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Couleur correspondante			

D'après les résultats du tableau 09, on remarque que la qualité de la station d'Oued Hlia est moyenne avec un groupe indicateur de 7 et un IBGN de 9. La station de Seybouse vient en 2^{éme} position concernant la pollution et elle est classée : médiocre. En effet, elle a un groupe indicateur de 3 et un IBGN : 6. La station de Zimba vient, quant à elle, en troisième position avec un groupe indicateur de 2 et un IBGN de 4. Elle est donc classée : mauvaise.

5. Discussion :

Dans notre travail qui a duré 03 mois (Février, Mars, Avril), entre dans le cadre de la connaissance des macro-invétérés et la qualité des eaux courantes de l'est Algérien, et plus particulièrement d'Oued Seybouse.

Les trois stations échantillonnées sont : Seybouse, Zimba et Hlia, ces stations partagent les mêmes conditions climatiques mais par contre elles sont plus ou moins différentes par rapport à leurs diversités et leur niveau de pollution.

5.1. Etude de la faune de macro-invertébrés :

Cette étude nous a permis de recenser un peuplement faunistique très diversifié, il est constitué de 806 individus qui appartiennent à 10 classes, dont la majorité est des insectes.

Nos résultats sur les macro-invertébrés d'oued Seybouse montrent que la biodiversité ainsi que l'abondance des taxons est inférieure par rapport à celles observées dans les travaux précédents : (Zeghdoudi, 2014) 2535 individus, (Boulfedjghal, 2015) : 2776 individus. Ceci est peut-être dû aux conditions climatiques, en effet, on a enregistré une faible pluviométrie et une température élevée de l'eau. Ces conditions entravent le développement des macro-invertébrés et surtout ceux sensibles aux conditions sévères de l'environnement (Boulaaba *et al.*, 2014). Sur l'ensemble des taxons recensés. L'ordre des Achètes occupe le premier rang des macro-invertébrés avec 217 individus.

L'ordre des Ephéméroptères occupe la 2ème position après les Achètes, en biomasse instantanée et production (Thomas et Gadea, 1983). Il comprend actuellement environ 2500 espèces reparties en plus de 400 genres (Dia et Thomas, 2005). Ces statistiques doivent être prises avec circonspection, car la systématique des Ephémères est en pleine évolution et la connaissance de cet ordre reste encore très lacunaire. Ainsi entre 1976 et 1990, le nombre de genres valide a passé de 231 à 371 pour atteindre actuellement plus de 420 (Gattolliat, 2002). Les résultats obtenus montrent la présence de 147 larves appartenant à cet ordre. 3 familles ont été recensées dans toutes les stations étudiées pendant les trois mois.

Parmi les Ephéméroptères, la famille des Baetidae est celle la plus abondante et la plus fréquente. En effet, on a échantillonné 129 individus, en plus ils existent pendant toutes les sorties. Selon la littérature, les Baetidae sont tolérants à la pollution (Thomas, 1996). En fait, ils sont plus abondants dans toutes les stations.

Les Crustacés occupent la 3eme place et la famille de Gammaridae avec le genre de *Gammarus* sp est le plus fréquent surtout dans la station de Seybouse par contre il n'existe aucun individu dans les stations de Zimba et Hlia.

Les Diptères occupent la 4 ème position dont les familles les plus observées sont celle des Chironomidae et les Simullidae. En effet, selon la littérature, la famille des Chironomidae est la famille de Diptères la plus abondante en nombre d'espèces et en individus (Zerguine, 2010). Nos résultats indiquent que les Diptères sont présents dans toutes les stations explorées, avec un total de 84 individus à Hlia, 24 individus à Seybouse et le troisième site Zimba occupent la dernière place par 4 individus seulement. Le nombre réduit de ces taxons benthiques dans cette station est peut-être dû à la présence de Batraciens prédateurs (Sanchez *et al.,* 2006). En effet, on a remarqué au cours de nos échantillonnages l'abondance de ces animaux dans ce site.

La présence des Simullidae dans le site de Hlia est en relation avec leur biologie. En effet, ces insectes ne peuvent vivre que dans des eaux bien oxygénées et à vitesse élevée du courant (Williams et Feltmate, 1992). Ceci est en accord avec nos résultats sur les paramètres physiques de l'eau de cette station. En effet, la station de Hlia est celle qui montre un taux d'oxygène et une vitesse du courant les plus élevés par rapport aux autres sites explorés.

Les Hémiptères occupent la 5ème place et la famille de Corixidae avec l'espèce *Corixa affinis* est la plus fréquente surtout dans la station de Seybouse par contre il n'existe aucun individu dans les autres stations.

Les Trichoptères occupent la 6ème position dont les familles les plus observées sont celle des Glossosomidae et les Hydropsychidae. Nos résultats indiquent que les Trichoptères sont présents dans la station de Seybouse et la station de Hlia, avec un total 53 individu à Hlia et 12 individus à Seybouse.

Les Gastéropodes occupent la 7eme position et les trois familles celles des Ancylidae avec 23 individus sont plus nombreuses. Les physidae et lymnaedae sont moins abondantes. Ce sont très bons bio indicateurs de la pollution (Boening, 1999 ; Bresler *et al.,* 2003).

Les oligochètes, les nématodes et les coléoptères viennent en dernière position avec un nombre moins faible. Ces résultats ne reflètent pas surement la réalité ; et c'est peut-être dû à la période ou la méthode d'échantillonnage.

5.2. Etude des indices biologiques :

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

Malgré la mauvaise gestion de conservation des oueds et des zones humides en général, nos résultats montrent que les stations échantillonnées sont en bonne santé, par définition l'équitabilité E varie de 0 à 1 (Dajoz, 1985), l'équitabilité est pratiquement élevée pour la majorité des stations étudiées. Ceci confirme les résultats de l'indice de Shannon. Ce dernier atteint une valeur de 2,56 et 2,39 à Seybouse et Hlia successivement, le 3eme site présent la valeur minimale de 1,96. Les résultats obtenus d'un échantillon sont toujours plus faible que la diversité de la communauté réelle ; car dans tous les cas, d'autres espèces peuvent facilement échapper à l'échantillonnage.

5.3. Les macro-invertébrés en relation avec les facteurs environnementaux :

L'environnement est variable dans le temps et l'espace, et même la faune vivante dans les cours d'eau varie spatialement (Pennak, 1988) et dans le temps (Robertson, 2000). Les espèces sélectionnent les habitats dans lesquels la survie et la reproduction sont optimales. L'un des objectifs les plus importants de l'écologie aquatique est déterminé la distribution et l'abondance des invertébrés benthiques et des facteurs régissant la sélection de l'habitat (Rae, 2013), la compréhension de ces derniers sont essentiels dans le domaine de l'écologie des communautés et de la biologie de la conservation (Schoener , 1974 ; Pulliam et Danielson, 1991 ; Johnson *et al.*, 2004). Les facteurs influant sur la distribution spatiale de l'espèce dans un habitat sont principalement les conditions abiotiques.

La plupart des familles sont ubiquistes dans leur distribution et peu exigeantes vis-à-vis de la qualité du milieu. La chimie de l'eau des cours d'eau est dépendante des caractéristiques physiques et géologiques du bassin versant (Bishop, 1973).Ainsi, la constitution chimique de l'eau d'oued Seybouse est adéquate pour la survie des macro-invertébrés. En fait, le pH alcalin compris entre (7.82 – 8.40) ainsi que la conductivité (1070 -

1458,13 uS/cm) et la salinité comprise entre (0.3 -0.83) ne sont pas défavorables pour le développement et la reproduction des macro-invertébrés (Boulaaba *et al.*, 2014). Cependant, le nombre réduit des macro-invertébrés est peut dû aux cycles hydrologiques irréguliers pendant ces dernières années ainsi qu'à l'altération des habitats par divers facteurs et surtout l'action anthropique conduisant à la modification des biotopes.

5.4. Etude des résultats de l'IBGN :

La qualité de l'eau affecte la structure des communautés dans un cours d'eau (Davies *et al.*, 1962; Camargo, 1992).

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

La station de Hlia se retrouve avec un groupe indicateur de 7 et un IBGN de 9 donc cette station est de qualité moyenne. En effet, on note la présence particulière d'espèces sensibles à la pollution comme : les éphéméroptères (Caenidae et Heptageniidae), les Diptères (Simulliidae) et les Trichoptères (Hydropsychidae et Glossossomatidae). En fait, une biocénose formée de larves et nymphes d'Heptageniidés et de Trichoptères à fourreaux fixes ainsi que les Simullidae est indicatrice d'eau propre ; son absence dénote d'ordinaire l'existence d'une pollution ou tout au moins d'un faible approvisionnement en oxygène (Villant, 1966).

Les stations de Seybouse et Zimba ont une qualité de l'eau, respectivement, médiocre et mauvaise avec des IBGN compris entre 6 et 4. Dans ces stations on note la présence d'espèces tolérantes à la pollution.

Ainsi, concernant les crustacés on a enregistré la présence de Gammaridés. Hors, les différentes espèces de gammares ne sont pas caractéristiques d'eaux pures. On les rencontre parfois dans des eaux moyennement polluées, mais elles ne sont jamais en grande quantité ; la reproduction se fait mal (Gerhardt *et al.*, 2011).

La plupart des mollusques, se rencontrent dans des eaux moyennement polluées. Parmi eux, on a noté la présence du Pulmoné *Physa* sp. Celui-ci qui facilement se ravitaille en

oxygène peut vivre dans des eaux qui en sont presque dépourvues ; il a été trouvé dans tous les cours d'eau, mais en plus grand nombre dans la zone polluée, plus nutritive. Brown (1997) le considère, comme un indicateur valable de la pollution.

Dans ces stations les Achètes et les Oligochètes sont très représentatifs. En effet, ces taxons sont tolérants à la pollution et peuvent survivre dans des eaux très pollués (Gaufen et Tarzwell., 1956 ; Hynes., 1960 ; Klemm., 1972).

Malheureusement, Oued Seybouse est soumis à plusieurs contraintes. La qualité des eaux d'oued Seybouse a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques en l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ainsi que certain agglomération ne sont pas dotées d'un réseau d assainissent et déversent leurs eaux usée dans oued Seybouse ou ses affluent dans le cas da assainissent collectif ou individuel défectueux ou en contact hydraulique ; les d'échange publiques existant sur les deux rives de oued Seybouse contribuent également cette pollution par leur lixiviation (Mouchane, 2009).

Conclusion :

Dans ce modeste travail, qu'a duré 2 mois (février, Mars, avril 2017) nous avons analysé les communautés de macro-invertébrés sur trois stations d'oued Seybouse (Seybouse, zimba et Hlia).

L'objectif de cette étude est de réaliser un bilan des macro-invertébrés de la Seybouse. Cette étude nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 806 individus appartenant à 19 taxons qui sont : les Mollusques, les Oligochètes, les Achètes, les Crustacés et les insectes aquatiques qui sont : les Ephéméroptères, les Diptères, les Hémiptères, les Trichoptères et les Coléoptères.

Notre étude repose sur des données originales sur la répartition des macro-invertébrés selon les différentes stations étudiées. Les macro-invertébrés sont considérés comme de très bons indicateurs biologiques, ce sont les éléments de qualité biologique les plus utilisés pour révéler les pressions anthropiques exercées sur les cours d'eau.

L'étude de la richesse taxonomique a révélé que la station de Seybouse, est la plus diversifiée suivie de la station d'Oued Hlia, cependant, la station d'Oued Zimba la moins diversifiée.

Le calcul de la richesse spécifique, des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité montre que la majorité des stations étudiées regroupent une faune très diversifiée et qui s'adapte aussi bien que possible aux variations des milieux. De plus, l'IBGN révèle également un point très important pour les trois stations échantillonnées qui est la détérioration de la qualité des eaux étudiées à la station. En effet, pour l'Oued Hlia la qualité de l'eau est moyenne, la station de Seybouse est mauvaise et Zimba qui est la station la plus polluée.

A la fin de notre étude, on conclut que le bassin de Seybouse et ces affluents sont influencés par les activités agricoles (engrais, pesticides…), industriels et urbaines (les eaux usées).

En perspective, nous espérons que l'ensemble de ces connaissances doivent servir à guider les choix des gestionnaires et des protecteurs de la nature. Il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie les différents réseaux hydrographiques et engager des suivis mensuels ; avec un plus grand nombre de stations afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune, certaines mesures de protection devraient être prises

afin de préserver les milieux aquatiques, équivaut à préserver les bases de la vie de l'homme autant que de toutes les créatures de la planète.

Sans diversité, l'avenir de la terre devient précaire. Il est aussi indispensable de construire et maintenir en bon état de marche pour les installations de traitement et les stations d'épuration, il faut aussi mettre l'accent sur l'éducation et la sensibilisation de la population par des moyens d'informations afin qu'elle puisse prendre conscience de l'importance de l'eau et de sa qualité.

Tableau 1: Calendrier des sorties

Date	Temps passé dans chaque station	Les stations propectés
15 /02/2017	11h- 13h	Oued Hlia
	14h- 15.30h	Oued Zimba
	16h- 18h	Oued Seybouse
14/03/2017	10h-12.30h	Oued Zimba
	13h-14.45h	Oued Hlia
	15.30-17h	Oued Seybouse
18/04/2017	11h-13h	Oued Zimba
	13.30-15h	Oued Hlia
	15.30h- 17h	Oued Seybouse

Tableau 2 : Les données climatiques

Année 2007 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	04.4	18.4	10.2	78.4	33.5	0.9
FEVRIER	06.1	17.9	11.6	76.3	43.7	2.2
MARS	06.0	18.1	11.4	80.3	215.9	2.5
AVRIL	09.8	22.0	15.4	78.8	94.4	1.6
MAI	10.9	27.1	18.9	71.2	17.4	1.9
JUIN	16.7	32.5	24.0	66.9	28.3	1.9
JUILLET	17.2	36.8	26.9	55.9	3.5	1.9
AOUT	18.5	36.4	26.8	58.2	0.8	2.0
SEPTEMBRE	17.0	31.7	23.2	67.4	63.9	2.1
OCTOBRE	14.3	25.6	19.0	78.7	84.2	1.8
NOVEMBRE	07.4	19.3	12.6	78.9	64.7	1.4
DECEMBRE	05.3	15.5	09.7	80.1	72.7	1.8
ANNUEL	11.2	25.2	17.5	72.6	723.0	1.8

Année 2008 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	03.4	17.5	09.4	77.9	16.6	1.1
FEVRIER	03.3	18.2	10.0	75.9	11.5	1.0
MARS	05.3	19.2	11.7	73.1	91.8	2.6
AVRIL	07.6	23.8	15.4	66.3	22.3	2.3
MAI	12.8	28.0	19.8	67.8	53.5	2.1
JUIN	14.9	31.4	23.0	61.6	14.8	1.9
JUILLET	19.3	36.7	27.7	54.4	5.9	1.9
AOUT	19.4	37.1	27.5	56.7	4.3	1.5
SEPTEMBRE	17.8	31.9	23.8	66.3	29.5	1.4
OCTOBRE	13.8	27.7	19.8	70.0	25.4	1.7
NOVEMBRE	08.1	20.6	13.7	67.5	70.5	2.4
DECEMBRE	05.5	15.9	10.1	75.3	35.7	2.2
ANNUEL	11.0	25.7	17.7	67.7	381.8	1.9

Année 2009 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	05.7	15.4	10.0	78.9	160.4	1.9
FEVRIER	05.2	15.0	09.9	71.4	67.1	mq
MARS	05.6	18.9	11.8	73.1	98.0	mq
AVRIL	08.4	19.6	13.8	77.6	134.2	2.1
MAI	11.9	28.0	19.9	72.8	88.9	mq
JUIN	14.0	33.0	23.9	56.9	0.3	mq
JUILLET	18.9	38.4	28.5	52.7	7.9	mq
AOUT	19.3	36.8	27.5	60.5	49.3	mq
SEPTEMBRE	16.7	29.5	22.5	75.8	140.3	mq
OCTOBRE	12.9	24.5	18.2	76.5	58.7	mq
NOVEMBRE	08.7	21.4	14.2	76.8	22.6	0.1
DECEMBRE	07.5	19.2	12.8	75.5	62.6	2.3
ANNUEL	11.4	25.2	18.0	70.4	890.3	1.7

Année 2010 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	06.0	16.2	10.5	75.4	102.6	Mq
FEVRIER	06.1	18.4	11.8	72.8	27.1	mq
MARS	06.1	20.5	12.6	77.7	60.7	mq
AVRIL	09.9	23.1	16.1	74.3	46.4	1.4
MAI	10.4	25.8	18.0	67.5	53.5	1.6
JUIN	14.0	31.1	22.4	63.5	23.5	1.6
JUILLET	17.7	36.6	27.1	56.5	0.8	1.7
AOUT	18.5	36.1	26.6	59.5	10.0	1.4
SEPTEMBRE	16.5	31.2	23.0	67.6	23.4	1.5
OCTOBRE	12.7	27.6	19.2	65.8	69.8	1.6
NOVEMBRE	10.1	20.8	15.0	70.3	147.9	1.9
DECEMBRE	06.1	18.6	11.8	65.0	48.4	1.4
ANNUEL	11.2	25.5	17.9	67.9	614.1	1.6

Année 2011 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	06.0	16.2	10.5	75.4	102.6	Mq
FEVRIER	06.1	18.4	11.8	72.8	27.1	mq
MARS	06.1	20.5	12.6	77.7	60.7	mq
AVRIL	09.9	23.1	16.1	74.3	46.4	1.4
MAI	10.4	25.8	18.0	67.5	53.5	1.6
JUIN	14.0	31.1	22.4	63.5	23.5	1.6
JUILLET	17.7	36.6	27.1	56.5	0.8	1.7
AOUT	18.5	36.1	26.6	59.5	10.0	1.4
SEPTEMBRE	16.5	31.2	23.0	67.6	23.4	1.5
OCTOBRE	12.7	27.6	19.2	65.8	69.8	1.6
NOVEMBRE	10.1	20.8	15.0	70.3	147.9	1.9
DECEMBRE	06.1	18.6	11.8	65.0	48.4	1.4
ANNUEL	11.2	25.5	17.9	67.9	614.1	1.6

Année 2012 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	03.8	15.5	09.1	80.4	82.8	1.5
FEVRIER	02.5	13.1	07.2	79.2	141.4	2.4
MARS	06.0	20.1	12.5	77.5	89.0	1.4
AVRIL	08.7	22.6	15.4	73.6	51.6	2.0
MAI	10.3	28.4	19.2	67.0	4.7	1.5
JUIN	17.0	36.2	26.4	53.8	1.8	1.8
JUILLET	19.6	37.2	28.2	55.6	1.3	2.1
AOUT	19.5	39.6	29.1	47.4	25.1	1.4
SEPTEMBRE	17.4	32.3	24.0	66.7	65.3	1.4
OCTOBRE	14.5	27.9	20.5	71.3	38.7	1.4
NOVEMBRE	10.8	23.1	16.0	75.5	34.9	1.1
DECEMBRE	05.2	17.8	10.9	75.7	34.4	1.3
ANNUEL	11.3	26.2	17.9	69.4	571.0	1.8

Année 2013 :

	TEM MOY (°C)	TEM MOY MINI (°C)	TEM MOY MAXI (°C)	HUMIDITE MOY (%)	PRECIPITAIONS TOTALES
JANVIER	9.8	4.7	16.1	76.5	90.7
FEVRIER	9.1	4.1	15.4	73.8	107.9
MARS	13.9	7.9	20.8	70.9	64.9
AVRIL	15.6	8.7	23.6	72.2	42
MAI	18.2	10.9	26	68.6	14.5
JUIN	21.9	16.7	30.6	58.4	1.2
JUILLET	27.0	18.2	36.4	59.6	6.2
AOUT	26.2	18.4	35	62.4	54.8
SEPTEMBRE	23.4	18.7	30.3	73.7	54.1
OCTOBRE	22.3	15.6	31.1	69.4	34.2
NOVEMBRE	14.4	10.2	19.7	73.2	122.6
DECEMBRE	10	4.9	16.9	81.1	37.5
ANNUEL	17.7	11.6	25.2	70	630.6

Année 2014 :

paramètres / mois	Tmin MOY(°C)	Tmax MOY(°C)	T MOY(°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION(mm)	VITESSE DU VENT MOY(m/s)
JANVIER	06.2	17.2	11.1	73.0	56.5	2.2
FEVRIER	04.8	18.8	11.1	74.3	48.4	1.3
MARS	06.6	16.9	11.4	79.0	139.5	2.2
AVRIL	07.5	24.4	15.5	71.0	4.4	2.0
MAI	10.6	27.3	18.7	69.3	37.0	1.6
JUIN	14.9	33.3	24.1	61.9	12.7	1.8
JUILLET	17.1	35.6	26.4	56.5	0.5	1.7
AOUT	19.3	36.8	27.4	58.1	1.7	mq
SEPTEMBRE	18.2	35.1	26.2	58.7	7.1	mq
OCTOBRE	14.7	29.6	21.4	64.3	29.3	mq
NOVEMBRE	10.8	25.0	17.2	62.4	14.9	mq
DECEMBRE	07.1	16.4	11.3	77.3	159.7	mq
ANNUEL	11.5	26.4	18.5	67.2	511.7	1.8

Année 2015 :

paramètres / mois	T MOY MINI(°C)	T MOY MAXI (°C)	T MOY (°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION (mm)
JANVIER	05.1	16.2	10.1	74.7	131.1
FEVRIER	05.1	13.8	09.2	75.9	152.0
MARS	06.9	19.0	12.7	73.3	94.9
AVRIL	07.5	24.3	15.5	71.8	3.7
MAI	11.5	28.9	20.1	67.0	28.4
JUIN	15.0	32.6	24.0	59.4	2.2
JUILLET	18.2	37.8	28.0	57.3	4.7
AOUT	20.1	36.9	28.1	61.9	18.5
SEPTEMBRE	18.4	31.7	24.3	67.4	41.3
OCTOBRE	14.9	27.3	20.3	71.5	75.1
NOVEMBRE	10.1	20.4	14.6	81.0	115.9
DECEMBRE	03.7	19.9	10.4	79.4	0.8
ANNUEL	11.4	25.7	18.1	70.0	668.6

Année 2016 :

paramètres / mois	Tmin MOY (°C)	Tmax MOY (°C)	T MOY (°C)	HUMIDITE MOY(%)	PRECIPITATION (mm)	VITESSE DU VENT MOY (m/s)
JANVIER	05.5	18.8	11.2	77.7	88.9	1.6
FEVRIER	06.0	19.4	12.2	70.7	16.5	2.4
MARS	05.8	19.4	12.1	73.9	71.7	2.3
AVRIL	10.1	24.4	16.7	75.7	49.3	1.7
MAI	11.0	27.8	19.2	68.2	29.8	2.1
JUIN	14.9	32.8	23.8	61.5	08.3	1.9
JUILLET	17.4	36.4	26.6	55.2	06.2	1.4
AOUT	17.6	35.0	25.8	57.9	03.9	1.8
SEPTEMBRE	16.9	30.7	23.1	71.1	70.5	1.5
OCTOBRE	14.9	28.8	21.0	76.3	41.5	1.4
NOVEMBRE	09.3	22.6	15.1	77.2	50.4	1.4
DECEMBRE	07.5	18.4	12.4	81.6	27.7	1.2
ANNUEL	11.4	26.2	18.3	70.6	464.7	1.8

Tableau 3: Paramètres physiques des stations échantillonnées.

	Seybouse	**Hlia**	**Zimba**
Température (C°)	19,26	19,46	16,73
pH	7,82	8,40	8,26
Conductivité (u.S/cm)	1458,13	1070	1253,33
Redox (mV)	67,33	82,33	59
Oxygène dissous (mg/l)	6,52	7,82	4,19
Salinité	0,83	0,3	0,4
Vitesse de l'eau (m/s)	0,65	1,25	0,13

Largeur de lit (m)	19,08	5	10,40
Profondeur (cm)	87,08	40	30

Tableau 4 : Abondance total des macro-invertébrés.

Classe	**Abondance**
Achète	217
Ephéméroptères	147
Crustacés	115
Diptères	112
Hémiptères	89
Trichoptères	66
Gastéropodes	37
Oligochètes	15
Nématodes	5
Coléoptères	3

Tableau 5 : Pourcentage des Achètes échantillonnées.

Famille	Achète
Nombre (%)	100 %

Tableau 6 : Pourcentage des Ephéméroptères échantillonnées.

Famille	Baetidae	Heptagenidae	Canedae
Nombre (%)	87,76%	10,20%	2,04%

Tableau 7 : Pourcentage des Diptères échantillonnées.

Famille	Choronomidae	Simuliidae
Nombre (%)	55,35%	44,64%

Tableau 8 : Pourcentage des Trichoptères échantillonnées.

Famille	Glossosomidae	Hydropsychidae
Nombre (%)	36,36%	63,63%

Tableau 9 : Pourcentage des Gastéropodes échantillonnées.

Famille	Lymnaedae	Physidae	Ancylidae
Nombre (%)	24,32%	13,51%	59,45%

Tableau 10 : L'indice de Shannon de la station de Seybouse.

Oued Seybouse	**Abondance**	**Proportion**		
Taxon	**Nombre (n_i)**	**pi= ni/N**	**Log2 pi**	**-(pi*log2pi)**
Sangsus	134	0,308045977	-1,698819171	0,523314411
Oligochètes	13	0,0298850575	-5,064541615	0,151354114
Chironomidae	24	0,0551724138	-4,179999587	0,230620663
Baetidae	24	0, 0551724138	-4,179999587	0,230620663
Heptageniidae	3	0,0068965517	-7,180064655	0 ,049517682
Gammaridae	115	0,2643678161	-1,919423086	0,507433689
Hydropsychidae	11	0,0252873563	-5,30555483	0,134163453
Golossosomidae	2	0,0045977011	-7,765039713	0,03570133
Corixidae	89	0,2045977011	-2,289187711	0,468362542
Mermitidae	1	0,0022988506	-8,765061672	0,020149562
Ancylidae	17	0,0390804598	-4;677510023	0,182799238
Physidae	2	0, 0045977011	-7,765039713	0,03570133
Total	**435**			**2,569738677**

Indice de Shannon H = 2,56

S = 12

Indice d'Equitabilité E : 0,71 ou 71%

Tableau 11 : L'indice de Shannon de la station d'Oued Hlia.

Oued Hlia	**Abundance**	**Proportion**		
Taxon	**Nombre (ni)**	**pi=ni/N**	**Log2 pi**	**-(pi*log2pi)**
Canidae	3	0,0124481328	-6,328063898	0,078772574
Baetidae	89	0,3692946058	-1,437187017	0,530745411
Heptageniidae	12	0,0497925311	-4,32802052	0,215503095
Chironomidiae	34	0,1410788382	-2,825487655	0,398616515
Simuliidae	50	0,2074688797	-2,269082266	0,470763954
Hydropsychidae	31	0,1286307054	-2,958757073	0,380587008
Glossosomidae	22	0,0912863071	-3,453532471	0,315260225
Total	**241**			**2,390248748**

Indice de Shannon H= 2, 39

S = 7

Indice d'Equitabilité E = 0,85 ou 85%

Oued Zimba	Abondance	Proportion

Taxon	Nombre (ni)	pi=ni/N	Log2 pi	-(pi*log2pi)
Sangsus	83	0,6384615385	-0,647342394	0,41330312
Baetidae	16	0,1230769231	-3,022433129	0,371991769
Chironomidae	4	0,0307692308	-5,022476561	0,154537736
Mermitidae	4	0, 0307692308	-5,022476561	0, 154537736
Lymnedae	9	0,0692307692	-3,852526205	0,266713351
Ancylidae	5	0,0384615385	-4,700541479	0,180790054
Physidae	3	0,0230769231	-5,437523013	0,125481299
Radix sp	1	0,0076923077	-7,022519946	0,054019379
Hygrobia sp	1	0, 0076923077	-7,022519946	0, 054019379
Harines sp	2	0,0153846154	-6,022498207	0,092422184
Oligochètes	2	0, 0153846154	-6,022498207	0, 092422184
Total	**130**			**1,960238193**

Indice de Shannon H = 1, 96

S = 11

Indice d'Equitabilité E =0,56 ou 56%

Annexe 14 : Listes des 138 taxons (extrait de la norme Afnor T 90-350, 1990).

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

Annexe 15 : Tableau de détermination (Afnor, 2004).

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	t	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	Gi	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontocéridae Philopotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	10	9	8	7	6	5
Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae (1) Ephemerellidae (1) Hydropsychidae Aphelocheiridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Beatidae (1) Caenidae(1) Elmidae (1) Gammaridae (1) Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae (1) Asellidae (1) Achète Oligochètes (1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

(1) Taxons représentés par au moins 10 individus. Les autres par au moins 3 individus