

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 08 Mai 1945 – Guelma –
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
et de l'Univers
Département de Ecologie et Génie de l'environnement



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliqué

Etude de la qualité biologique d'un écosystème lotique
dans la région de Guelma (Oued Charef)

Présenté par :

- Bouras Oumeyma
- Kherchiche Maroua

Devant le jury composé de :

OUCHTATI Nadia	Présidente	MCA
ZITOUNI Ali	Examineur	MCB
ATHAMNIA Mohammed	Encadrant	MCB

Juillet 2021

Remerciement

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

*Nos sentiments de profonde gratitude vont aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail: Madame **OUCHTATI Nadia** d'avoir accepté de présider notre jury et Monsieur **ZITOUNI Ali** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remercions très sincèrement Monsieur **ATHAMNIA Mohammed** pour avoir accepté de diriger ce travail. Merci pour ta confiance, ta disponibilité, ton soutien moral, matériel et financier tout au long de ce travail. Merci d'avoir partagé ton expérience, pour tes critiques très enrichissantes et constructives.*

*Nous tenons remercier spécialement Monsieur **GUEROUI Yassine** pour l'aide lors de la réalisation de notre travail pratique, Merci d'avoir partagé tes précieux conseils scientifique.*

*Nous remercions aussi tous les membres du laboratoire qui nous a accueillis avec toute la gentillesse et surtout madame **HASSIBA**, madame **HAYAT** et madame **RATIBA**.*

Nos remerciements s'adressent également et vivement à tous les enseignants du département de Biologie qui tout au long des années d'études nous ont transmis leur savoir sans réserve.

*Sans oublier de conférer mes plus sincères remerciements à tous le personnel de laboratoire de polyclinique les frères **OUMEDDDOUR** et surtout monsieur **ADJABI Mahmoud** pour l'encouragement.*

DEDICASE

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents à qui je dois tous, je les Remercier à leurs encouragements, leur confiance, aides et les sacrifices Qu'ils ont faits pour moi,

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

A mes chers frères et sœurs,

A mes chers amis,

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

MAROUA

DEDICASE

Je dédie ce modeste travail à ma famille qui m'a soutenue le long de cette belle expérience et durant toutes les expériences que j'ai vécues, les meilleures et les pires...je vous aime.

À la lune qui fait briller mes ténèbres, la prunelle de mes yeuxà ma mère

À l'homme qui m'a toujours soutenu, mon père, Merci de m'avoir appris que les très belles aventures se passent en dehors de ma zone de confort,

À la plus belle âme que j'aie jamais vue, à mon frère Dia Eddine que dieu te protège à moi

À mes petits anges : wiam et Mohamed Djawed

À la source de tendresse ma grand-mère

Merci à les étoiles qui remplissent ma vie, mes perles : Amina, Aridj, Aya, dounia, ikhlas , ilhem et lamis

A monsieur Mohammed, Merci pour ta grande chaleur humaine avec moi, que dieu vous récompense.

OUMEYMA

Listes des figures

Figure 1: Un crustacé (les gammares).....	6
Figure 2: Un Annélide (Oligochètes).....	6
Figure 3: Un Ephéméroptère (larve)	8
Figure 4: Les Trichoptères (larves)	8
Figure 5: Un Hémiptère (adulte)	10
Figure 6: Différentes types de larves de diptères	10
Figure 7: Carte géographique de Wilaya de Guelma	16
Figure 8: Carte géographique de Wilaya de Guelma	16
Figure 9: Evolution des températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2020)	17
Figure 10: Variations saisonnières des précipitations de la station météorologique de Guelma (2020)	18
Figure 11: Evolution des Humidité de la station de Guelma (2020).....	19
Figure 12: Répartition géographique des sous bassins	21
Figure 13: Présentation de réseau hydrographique	21
Figure 14: Les stations d'échantillonnage.....	23
Figure 15: Vu générale de la station 1.	24
Figure 16: Vu générale de la station 2	24
Figure 17: Vu générale de la station 3	24
Figure 18: Planche présente le matériel utilisé.	26
Figure 19: Le tri sur place de la faune benthique	28
Figure 20: Localisation des stations d'échantillonnage	28
Figure 21: Technique de prélever des échantillons.....	30
Figure 22: Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables.....	34
Figure 23: Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et E. coli.	35
Figure 24: protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	36
Figure 25: Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies.....	37
Figure 26: La variation de La conductivité (μ/s) des stations échantillonnées	39
Figure 27: La variation de température ($^{\circ}C$) des stations échantillonnées.....	39
Figure 28: Variation du pH des stations échantillonnées	39
Figure 29: La variation d'oxygène dissous (mg/L) des stations échantillonnées	40
Figure 30: Variation de la vitesse de l'eau (m/s) des stations échantillonnées	41

Figure 31: Variation de la salinité des stations échantillonnées	41
Figure 32: Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés (%).	43
Figure 33: Nombre globale des taxa par groupes faunistiques	44
Figure 34: Nombre des taxa faunistiques par station.	44
Figure 35: Variation de Richesse taxonomique entre les stations étudiées.	45
Figure 36: Photos présentant le résultat de la recherche des germes révivifiables à 37°C au mois d'avril et mai.....	46
Figure 37: Photo présent le résultat de la recherche des coliformes totaux au moins d'avril et mai.	47
Figure 38: Evaluation du nombre des coliformes totaux de l'eau d'oued Charef	48
Figure 39: Photo présent le résultat de la recherche des coliformes fécaux au moins d'avril et mai.	48
Figure 40: Evaluation du nombre des coliformes fécaux de l'eau d'oued Charef.....	49
Figure 41: Photo présent le résultat de la recherche de E .Coli au moins d'avril et mai	49
Figure 42: Photo présent le résultat de la recherche des streptocoques fécaux	50
Figure 43: Evaluation du nombre des Streptocoque fécaux de l'eau d'oued Charef.....	51
Figure 44: Evaluation du nombre des Clostridium sulfito-réducteurs de l'eau d'Oued Charef.	52

Liste de tableaux

Tableau 1: Moyenne mensuelle des températures de la station de Guelma (2020).....	17
Tableau 2: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la station de Guelma (2020)	18
Tableau 3: Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative de la station de Guelma	19
Tableau 4: Check –liste des taxons faunistiques.....	42
Tableau 5: Variation de la richesse spécifique par station.....	45
Tableau 6: Les résultats de dénombrement de flore aérobie mésophile totale par la méthode de NNP	46
Tableau 7: Les résultats de dénombrement de coliformes totaux par la méthode de NNP	47
Tableau 8 : Les résultats de dénombrement de coliformes fécaux par la méthode de NNP...	48
Tableau 9: les résultats de dénombrement de Streptocoques fécaux par la méthode de NNP	50
Tableau 10: Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF	51
Tableau 11: Le rapport CF/SF d'oued Charef	52
Tableau 12: Les résultats de dénombrement de Clostridium sulfito-réducteurs par la méthode de NNP	52

Abréviation

°C : Degré Celsius.

ABH : Agence des bassins hydrographiques

ASR : Aérobie sulfite-réducteurs.

BCPL : Bouillon lactose à la bromocresol-pourpre

CCME : Le Conseil Canadien des Ministres de l'environnement

CF : Coliformes fécaux.

Cond : Conductivité.

CT : Coliformes totaux

D/C : Double concentration

E. Coli : Escherichia Coli

FAMT : Flore aérobie mésophile totale

FNS : Fondation Nationale de la Santé

mg/l : Milligramme par litre.

min : Minute.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

N° : Numéro

NPP : Nombre le plus probable.

pH : Potentiel d'hydrogène

R : Ratio

S/C : Simple concentration

SF : Streptocoques fécaux.

SM : Solution mère

Staph : Staphylocoques

T : Température.

TDS : Taux des sels dissous.

TGEA : La gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure

UFC : Unité formant colonies.

VF : Viande foie.

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Listes des figures

Liste de tableaux

Abréviation

Table de matière

Chapitre1 : Synthèse bibliographique

1.1. Les eaux de surface	3
1.1.1. Eaux lenticues.....	3
1.1.2. Eaux lotiques	3
1.2. Les macroinvertébrés	3
1.2.1. Définition des macroinvertébrés.....	3
1.2.2. Les Avantages des macroinvertébrés benthiques	4
1.2.3. Détermination de la qualité de l'eau par les macroinvertébrés (Bioindicateurs)	4
1.3. Les taxons les plus importants des macroinvertébrés aquatiques	5
1.3.1. Les crustacés :.....	5
1.3.2. Les Annélides	5
1.3.3. Les insectes.....	7
1.3.1.1. Les éphéméroptères	7
1.3.1.2. Trichoptères	7
1.3.1.3. Hémiptères	9
1.3.1.4. Diptères	9
1.4. Qualité bactériologique	10
1.4.1. La microflore des milieux aquatiques	11
1.4.1.1. Les microorganismes autochtones	11
1.4.1.2. Les microorganismes allochtones	12
1.4.1.3. Les microorganismes telluriques : (présents dans les sols)	12
1.4.1.4. Les microorganismes fécaux :(de pollution humaine ou animale)	12
1.4.2. Dispersion et devenir des bactéries dans l'eau	14

Chapitre2 : Présentation de la zone d'étude

2.1. Présentation de la zone d'étude.....	15
2.1.1. La région de Guelma	15

2.1.2. Situation géographique	15
2.1.3. Climatologie	17
2.1.3.1. La température	17
2.1.3.2. Précipitations :	18
2.1.3.3. L'humidité :	19
2.1.4. Description du bassin Charef.....	19
2.1.4.1. Le bassin de haut Charef.....	20
2.1.4.2. Le bassin de bas Charef	20
2.1.4.3. La végétation du bassin d'Oued Charef :.....	22
2.2. Description des stations d'échantillonnage.....	22
2.2.1. Choix des sites	22

Chapitre3 : Matériels et méthodes

3.1. Etude de la faune des macroinvertébrés.....	25
3.1.1. Matériel.....	25
3.1.1.1. Sur le terrain.....	25
3.1.1.2. Au laboratoire	25
3.1.2. Méthode d'échantillonnage	27
3.1.2.1. Sur terrain.....	27
3.1.2.2. Au laboratoire	28
3.2. Etude bactériologique.....	29
3.2.1. Matériel.....	29
3.2.1.1. Sur terrain :	29
3.2.1.2. Au laboratoire	29
3.2.2. Méthode de travail	30
3.2.2.1. Sur terrain.....	30
3.2.2.2. Au laboratoire	30

Chapitre4 : Résultats et discision

4.1. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes	38
4.1.1. La conductivité	38
4.1.2. La température	38
4.1.3. Le pH.....	38
4.1.4. L'oxygène dissous :	40
4.1.5. La vitesse de l'eau	40
4.1.6. La salinité	40
4.2. Analyse globale de la faune benthique :	42
4.2.1. Abondance de la faune benthique :.....	42
4.2.2. Inventaire des macroinvertébrés globale	44

4.2.3. Richesse taxonomique	45
4.3. Etude bactériologique.....	46
4.3.1. Résultats du dénombrement de la flore aérobie mésophile totale	46
4.3.2. Coliformes totaux	47
4.3.3. Coliforme fécaux	48
4.3.4. Streptocoque fécaux	50
4.3.5. Le rapport coliformes fécaux/ streptocoques fécaux (CF/SF).....	51
4.3.6. Clostridium sulfito-réducteurs :.....	52
Conclusion	53
Références bibliographique	55
Résumés	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction :

Tout au long de l'histoire de l'humanité, l'eau est une ressource première au service des hommes : elle est partout, spatialement et économiquement, elle conditionne notre vie. Elle offre aujourd'hui de considérables possibilités de développement dans des domaines essentiels: alimentation, thermalisme, hydro-électricité, loisirs..., elle est un patrimoine inestimable à valoriser en même temps qu'à sauvegarder (Wackermann et Rougier, 2009).

L'eau est présente en très grandes quantités sur la Terre, la plus grande partie dans les océans. L'eau douce présente dans les lacs et rivières ainsi que dans les eaux souterraines ne constitue qu'un petit réservoir par comparaison avec les océans (Sigg et *al.*, 2014).

Aujourd'hui, les ressources en eau douce sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore) (Benkaddour, 2018). Donc les dernières années le contrôle des pollutions de la qualité des eaux déviant obligatoire à particulièrement explose. Afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle (Graini, 2008). Pour une gestion durable des perturbations des milieux aquatiques, des systèmes de surveillance de l'état d'intégrité sont élaborés à l'aide des organismes aquatiques (Hart et al. 1999).

La bioindication au sens large se réfère à la capacité d'organismes ou d'un ensemble d'organismes à révéler les caractéristiques et l'évolution d'un milieu par leur présence, leur absence ou leur comportement démographique (Blandin, 1986).

Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau courant (Moisan, 2010). Leur abondance et leur diversité dépend du contexte environnemental. Ces êtres vivants sont alors qualifiés comme des bioindicateurs (Tenkiano, 2017). D'autre part, La contamination bactérienne des eaux de surface est un problème de pollution qui remonte très loin dans le temps. De nos jours, la qualité des eaux est altérée, notamment par la contamination par de microorganismes d'origine fécale, les rivières et les plans d'eau sont les plus infectés parce que plus exposés (Reggam, 2015).

Au niveau de l'Est de l'Algérie, les activités industrielles sont en expansion et leurs déchets sont rejetés directement dans les cours d'eau naturels. Ces actions affectent directement

la qualité de l'eau et provoquent des modifications plus ou moins marquées sur les communautés vivantes (Belhanachi, 2003).

A cet effet, notre recherche est basée sur l'étude biologique d'écosystème de l'oued Charef qui se situe dans la région de Guelma, Il constitue la région limitrophe de trois wilayas : Guelma, Souk Ahras et Oum El Bouaghi avec une superficie de 2900 Km² et une longueur de 88,61 Km. Oued charef prend sa source au sud de la wilaya, il est considéré comme une source d'eau essentielle destinée principalement à l'irrigation et a l'agriculture. Oued Charef est caractérisé par une grande richesse biologique et pour cela il est devenu obligatoire d'étudier sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

Notre objectif est donc d'étudier les communautés des macroinvertibrés, de la qualité bactériologique et physico-chimique dans l'Oued charef,

Cette étude est structurée en quatre chapitres interdépendants :

- Le chapitre 1 : l'étude théorique des eaux naturelles, la définition des macroinvertibrés et de certains taxons, ainsi que la pollution biologique par les microorganismes.
- Le chapitre 2 : présentation de zone d'étude et description des sites de prélèvement
- Le chapitre 3 : est consacré pour la méthodologie adoptée pour réaliser la partie expérimentale (la méthodologie utilisée pour la détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique et la communauté des macroinvertibrées).
- Le chapitre 4 : se focalise sur les résultats obtenus et leur discussion.

✓ Enfin, dans la conclusion générale, nous avons synthétisé les différents résultats obtenus et développé les perspectives de cette recherche.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

1.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courante) ou stockées (stagnantes). Elle se forment à partir, soit l'émergence de nappes profondes en sources, soit du rassemblement d'eau de ruissellement.

Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrate et pesticide d'origine agricole (Cardot, 2010).

- Les eaux de surface se classent en deux grandes catégories :

1.1.1. Eaux lenticues

Ce sont des eaux stagnantes piégées dans des dépressions du sol. Elles se distinguent les unes des autres selon leur taille et leur profondeur. On trouve ainsi des mares, des étangs et des lacs. Malgré leurs affluents et confluents, ces systèmes restent relativement fermés à la différence des eaux courantes.

1.1.2. Eaux lotiques

Ces eaux forment des milieux ouverts. Les principales caractéristiques des cours d'eau (largeur, quantité d'eau, courant) permettent de distinguer les ruisseaux, des rivières et des fleuves (Moua, 2017).

Parmi les eaux lotiques on peut distinguer les oueds :

Oued : C'est un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi--arides. Son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes (Kassas, 1953).

1.2. Les macroinvertébrées

1.2.1. Définition des macroinvertébrés

Les invertébrés regroupent tous les animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou de cartilage. De ces animaux, les macroinvertébrés sont ceux visibles à l'œil nu.

Les macroinvertébrés benthiques vivent au fond des ruisseaux, rivières, lacs ou marais. Ce sont principalement des vers, des crustacés, des mollusques et des insectes.

Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat.

Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan, 2010).

1.2.2. Les Avantages des macroinvertébrés benthiques

Les communautés de macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques.

Les macroinvertébrés possèdent nombreuse d'avantages parmi ces avantages :

- Ubiquistes.
- Rôle-clé dans la chaîne alimentaire.
- Stade larvaire suffisamment long.
- Mobilité restreinte.
- Faciles à échantillonner (abondance élevée).
- Grande diversité de forme taxonomique, fonctionnelle et des cycles de vie
- Tolérance variable aux différents types de polluants et à la dégradation du lieu.
- Exigences écologiques connues.
- Clés de détermination disponibles (Rahal, 2019).

1.2.3. Détermination de la qualité de l'eau par les macroinvertébrés (Bioindicateurs)

Les macroinvertébrés benthiques sont de bons indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Du fait de leur sédentarité, ils ne peuvent pas échapper aux polluant de plus ils sont très diverses et possèdent des sensibilités variables à la pollution et de ce fait, ils nous indiquent les effets d'une source de pollution, qu'elle soit ponctuelle ou continue. Leur étude permet donc de compléter les programmes de surveillance la qualité physico-chimiques de l'eau.

Des échelles de tolérance des macroinvertébrés benthiques ont été établies selon leur sensibilité à la pollution aquatique. Un lac ou une rivière présentera donc des problèmes de qualité de l'eau si l'on retrouve uniquement des macroinvertébrés benthiques tolérants. Généralement les organismes les plus tolérants sont les Oligochètes, les Diptères (chironomes), les Mollusques bivalves et les Amphipodes.

Ces organismes possèdent la capacité de bio accumuler les contaminants et d'en survivre. Les organismes les plus sensibles sont généralement les Plécoptères, les Ephémères et Trichoptères.

Toutefois dans chaque grand groupe on retrouve des taxons tolérants ou intolérants, il faut alors effectuer une taxonomie à la famille pour être plus précis (Rahal, 2019).

1.3. Les taxons les plus importants des macroinvertébrés aquatiques

1.3.1. Les crustacés :

Pendant que les arachnides et les insectes prospéraient sur terre, la plupart des crustacés sont restés dans les mers et les étangs, où on retrouve environ 40 000 espèces (Mathieu, 1995).

La classe de crustacés comprend un très grand nombre des espèces en milieu marin en eau douce 3 sous-classe correspondant à des macroinvertébrées :

- Sous-classe des branchiours, tous ectoparasites de poissons avec un unique genre *Argulus*.
- Sous-classe des Branchiopodes avec plusieurs familles dans les représentants sont surtout présenter en eau stagnante et dans les mares temporaire ; un genre est présenter en eau saumâtre.
- Sous-classe des Malacostracés correspondant à la classe la plus importante diversité avec des animaux de taille moyenne (Pérecarides) au grande des (Décapodes).
- ✓ Le corps peut être divisée en trois parties : le céphalon, le thorax, l'abdomen.

Le céphalon, le thorax, l'abdomen portent fondamentalement une paire d'appendices. Chez les formes primitives, La distinction entre thorax et abdomen n'est pas toujours évidente et certains auteurs parlant d'un tronc segmenté.

Suivant en cela la majorité des auteurs, nous continueront à employer, pour les crustacés primitifs, la distinction thorax-abdomen. Le dernier segment est le telson qui porte l'anus, mais jamais d'appendice ; le telson peut se prolonger par une furca.

Le céphalon porte dorsalement les yeux ; deux paires d'antennes (antenne 1 ou antennules et antenne 2 ou antennules), autour de la bouche trois paires d'appendices les mandibules, les maxilles 1 et 2 (figure 1).

Dans ces trois sous-classes de Crustacés, les sexes sont séparés. Le respiratoire est de type branchial (Tachet *et al.*, 2010).

1.3.2. Les Annélides

Les annélides (vers annelée) sont des métazoaires triploblastiques coelomates. Avec ce groupe un pas évolutifs est fait : le troisièmes feuillet embryonnaire, le mésoderme, présenter un développement conséquent et se creuse de deux cavités, par segment qui constituent le cœlome. Leur corps est constitué d'unités anatomique disposées les unes à la suite des autres ; cette multiplication des parties est aussi un critère fondamental dévolution.

Chaque partie est appelée métamère ou segment. Deux métamères consécutifs sont séparés par une cloison ou disséminant (Maissaiat, 2006). Ils vivent dans la mer, les eaux saumâtres, en eau douce et sur la terre bien qu'ils soient confinés à des microhabitats humides (figure 2) (Jurd, 2000).

Cet embranchement compte près de 15 000 espèces, dont la taille varie entre moins de 1 mm et 3 mm (Mathieu, 1995).

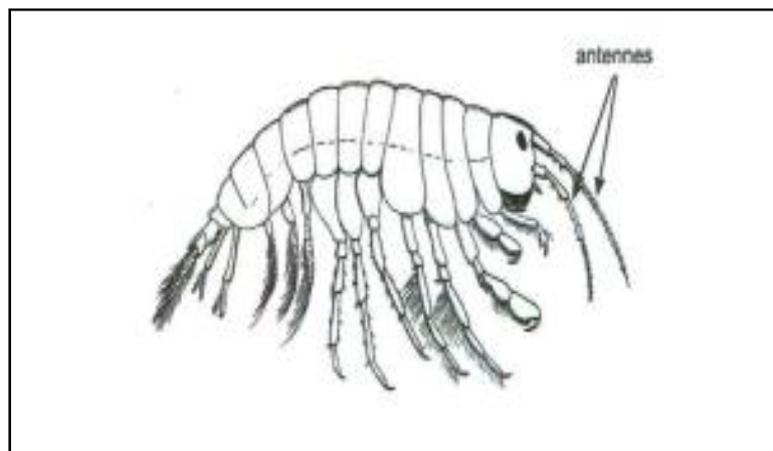


Figure 1: Un crustacé (les gammares) (Moisan, 2010).

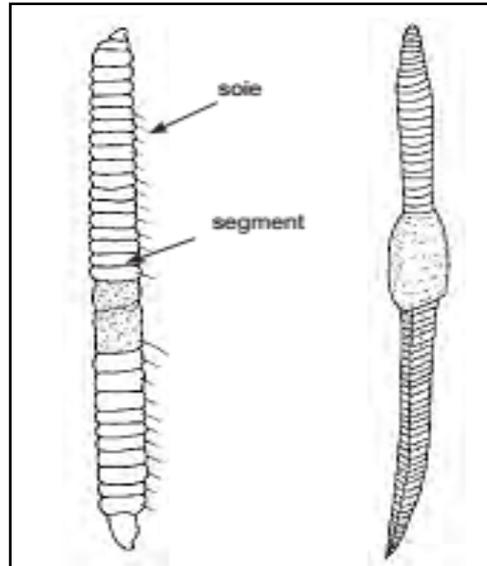


Figure 2: Un Annélide (Oligochètes) (Moisan, 2010).

1.3.3. Les insectes

1.3.1.1. Les éphéméroptères

Les éphéméroptère Correspondant à un ordre d'insectes hémimétaboles dont les larves exclusivement aquatique. Celle-ci se caractérise typiquement par la présence des yeux composé de trois (plus rarement deux) cirques multiarticulés, de pattes pourtant une seule griffe au tarse et de branchier abdominale (au moins chez les larves âgées) en poisson latérale ou latéro-dorsale.

Les éphéméroptère Sont les plus anciens les insectes aquatiques probablement issus d'une forme ancestrale proche des Thysanoures. Ils sont connus depuis le Carbonifère.

La tête porte une paire d'antennes de longueur variable ocelles et des yeux composés. Cette tête présenter un aplatissement dorso-ventral marquer chez les heptageniidae et les prosopistomatidae.

Les pièces buccales correspondent au type primitif broyeur ; cependant, les mandibules et les maxilles présentent certaines variation en liaison avec l'adaptation à la vie fouisseuse ou un régime alimentaire particulier : carnivore ; racleur de substrat. Les mandibules comprennent une partie molaire, une peostheca et une partie incisive ; parfois une des dents incisives prend un développement extraordinaire. L'hypo pharynx présenter un lobe et deux lobes latéraux (figure 3).

L'abdomen comprend dix articles, il se termine par deux cerques multiarticulés. Dans la plupart des cas (Tachet et *al.*, 2010).

1.3.1.2. Trichoptères

Ce sont des insectes holométaboles à facies de papillons et sont hygrophiles et souvent lucifuges, beaucoup sont crépusculaires (Grassé et *al.*, 1970).

Les trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatique, à l'exception du limnephilida Enoicyla qui s'est secondairement adapte à la vie terrestre. C'est un ordre qui s'est différences à la fin de l'ère primaire à partir d'un ancêtre commun notamment aux Lépidoptères et Mécoptères. Les larves se distinguent de celles de coléoptères, avec lesquelles on pourrait les confondre, par la présence d'une paire de croche anaux. Ces crochets sont soit insères latéralement à l'extrémité de l'abdomen chez les formes a étui (larves campo déiformes) (figure 4).

Certaines larves de coléoptères portent des crochets à l'extrémité de l'abdomen, mais ces crochets non jamais la disposition observée chez les larves de Trichoptères (Tachet et *al.*,2010).

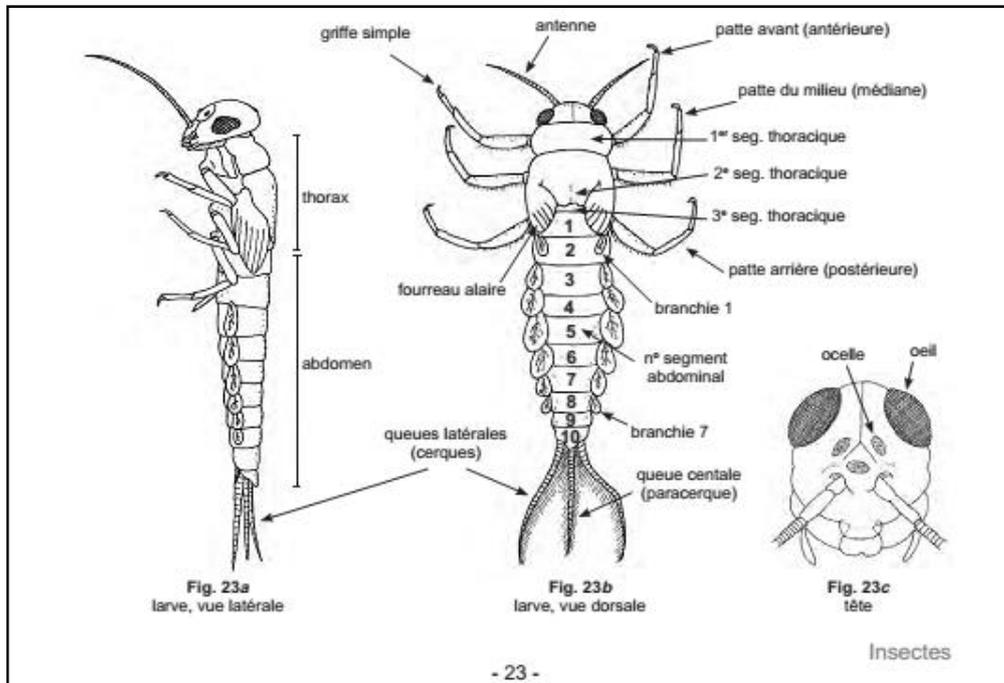


Figure 3: Un Epheméroptère (larve) (Moisan, 2010)

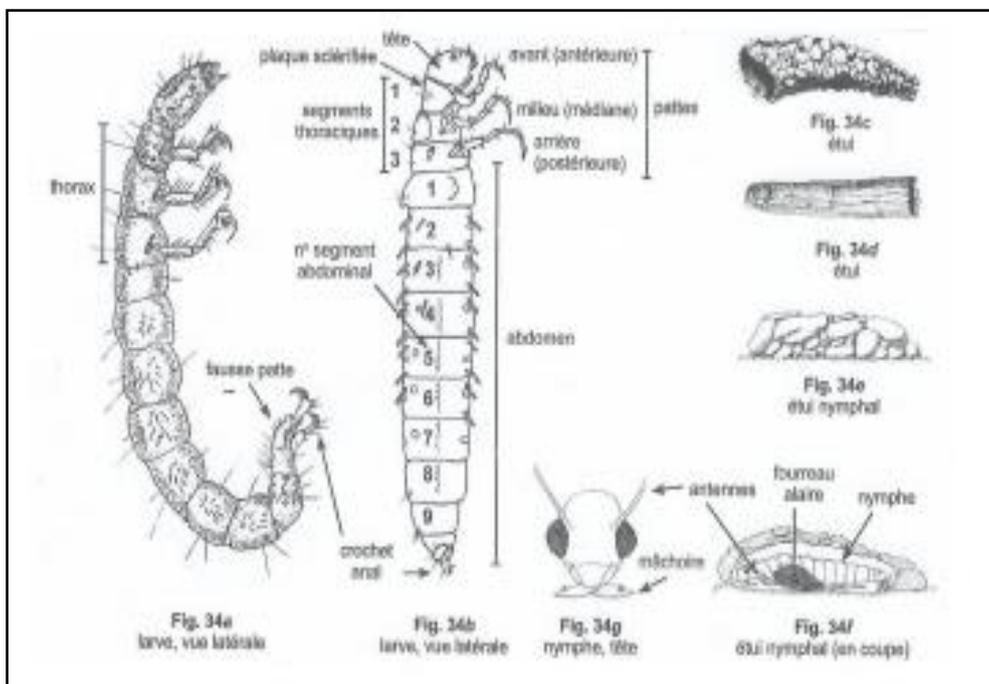


Figure 4: Les Trichoptères (larves) (Moisan, 2010)

1.3.1.3. Hémiptères

Ce sont des insectes à métamorphose incomplète. Dans les habitats aquatiques ou semi-aquatiques, les Hémiptères peuvent se retrouver sous forme adulte ou larvaire. Les larves et les adultes sont presque identiques si ce n'est que les adultes sont habituellement ailés. Il existe cependant des Hémiptères adultes qui n'ont pas d'ailes. Les ailes, lorsqu'elles sont présentes, sont cornées à la base (vers l'avant) et membraneuses au bout. La forme de leur corps varie de ovale à allongée (figure 5).

Les Hémiptères ne possèdent pas de branchies. Leur principale caractéristique est la modification de leur appareil buccal. Celui-ci est soit en forme de bec allongé (adapté à un régime liquide), soit en cône. Leur tolérance à la pollution est moyenne (Moisan, 2010).

Ce groupe partage en deux sous-ordres : les Hétéroptères et Homoptères.

1.3.1.4. Diptères

Les Diptères (mouches) sont le deuxième ordre d'insectes les plus importants après les Coléoptères.

On distingue deux sous-classes dont la dénomination repose sur la structure des antennes des adultes. Les plus primitifs sont représentés par le sous-ordre des Nématocères, chez qui les antennes, même courtes comme chez les simuliidae, sont toujours constituées de plus de trois articles, et le sous-ordre des Brachycères, plus évolués, chez qui les antennes sont toujours courtes et constituées de trois articles (figure 6) (Tachet *et al.*, 2010).

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 des Diptères sont caractérisées par l'absence des pattes articulées (Campbell, 2007).

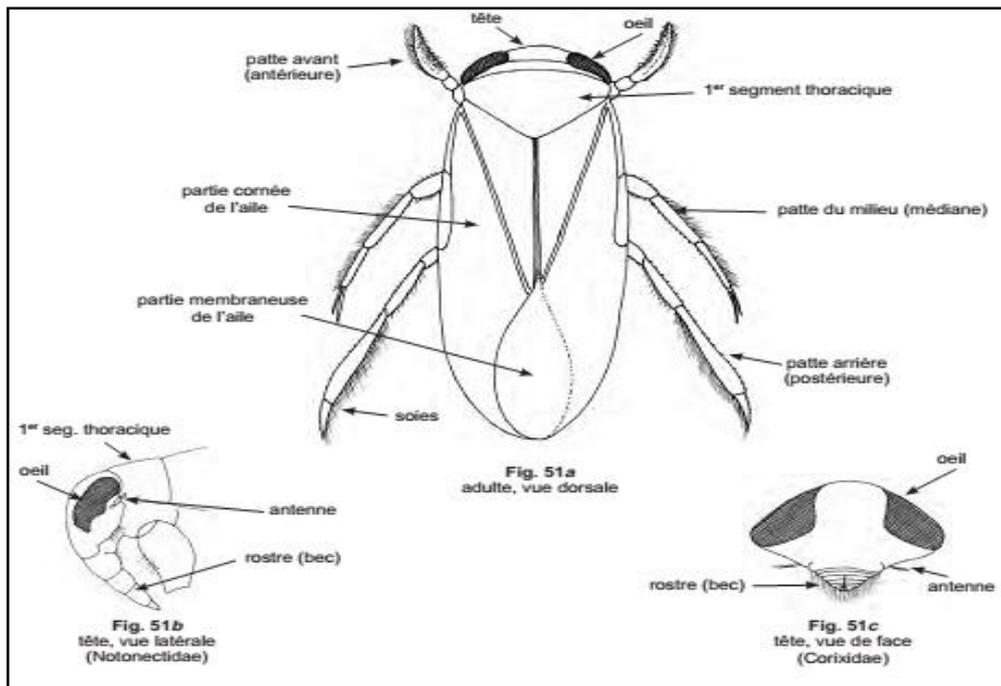


Figure 5: Un Hémiptère (adulte) (Moisan, 2010)

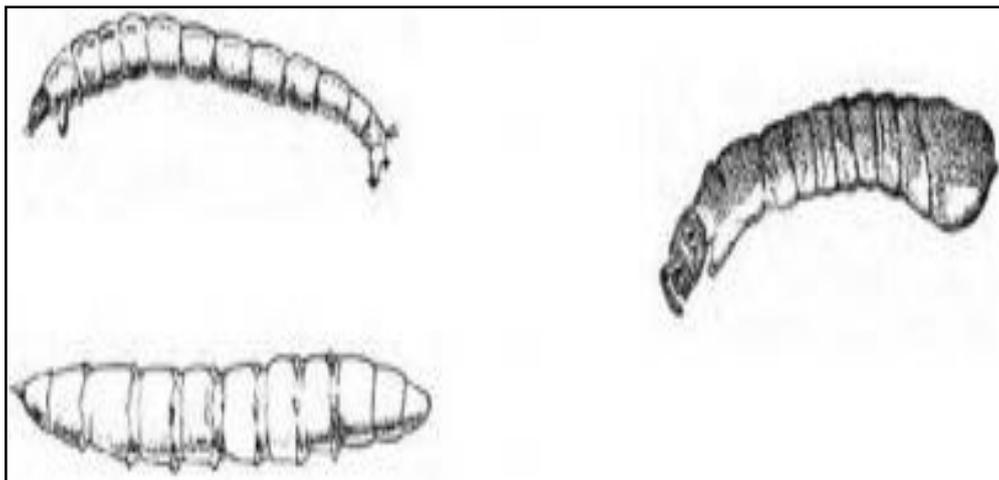


Figure 6: Différents types de larves de diptères (Moisan, 2010)

1.4. Qualité bactériologique

La pollution résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à sa détérioration. En effet, un rejet ne sera par définition polluant que s'il amène une dégradation. Il existe plusieurs formes de pollution qui ont conséquences différentes sur la qualité de l'eau.

Dans ce chapitre, nous nous limiterons à la pollution biologique qui est due aux microorganismes ou aux matières organiques (Metcalf, 1991).

La qualité de l'eau est altérée par une surcharge en matières organiques, par des substances toxiques provenant des activités agricoles et par des effluents industriels et domestiques rejetés dans le milieu récepteur sans traitement (Saab *et al.*, 2007).

Les microorganismes comprennent principalement des bactéries mais aussi des protozoaires, des champignons et des virus, ils proviennent tous des matières fécales dont ils représentent environ 10% du poids (Metcalf, 1991).

La contamination bactérienne en milieu hydrique est un phénomène naturel où l'homme joue le rôle de contaminateur primaire, mais aussi de récepteur secondaire des bactéries présentes dans le milieu (Hounsou, 2010).

Les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra, entre autres. Aujourd'hui, ces maladies sont à l'origine d'un taux de mortalité très élevé des populations des pays en voie de développement.

1.4.1. La microflore des milieux aquatiques

L'hydrosphère, autrement dit à la fois les eaux douces et marines, constitue un habitat approprié pour la croissance de nombreux microorganismes, ces microorganismes sont de trois types : des germes typiquement aquatiques, des germes telluriques et des germes de contamination humaine ou animale (Guiraud et Galzy, 1980).

La composition et l'activité des populations bactériennes sont fortement influencées par la pollution de l'environnement, La majorité des bactéries aquatiques sont hétérotrophes. Les bacilles à Gram négatif sont prédominants (83%) par rapport aux bactéries Gram positif (17%) dont 11% sont des cocci et 6% sont des bacilles (Leclere *et al.*, 1977).

1.4.1.1. Les microorganismes autochtones

Ces bactéries sont naturellement présentes dans le milieu aquatique ou elles se multiplient. Elles jouent un rôle considérable dans les cycles biogéochimiques de divers éléments constitutifs de la matière vivante comme, le carbone, l'oxygène, l'azote ou le soufre (Abarnou, 2000).

Les bactéries autochtones appartiennent le plus souvent aux genres *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Spirillum*, *Crenothri* (Guiraud J. Galzy P, 1980).

1.4.1.2. Les microorganismes allochtones

Ils sont apportés dans les milieux aquatiques, autrement dit des « passagers » de l'écosystème, qui peuvent être transportés et croître dans un écosystème étranger. Ils peuvent être d'origine fécale ou tellurique (Martin, 1985).

1.4.1.3. Les microorganismes telluriques : (présents dans les sols)

Ils sont apportés par les eaux de ruissellement. Ces microorganismes sont des bactéries sporulées (*Bacillus*, *Clostridium*) ou appartenant au genre *Streptomyces* et quelques fois des spores fongiques (Guiraud et Galzy, 1980 ;Dommergues et *al.*, 1970).

1.4.1.4. Les microorganismes fécaux :(de pollution humaine ou animale)

Rencontrés dans les eaux usées et les rejets de station d'épuration, ces microorganismes proviennent des déchets animaux ou humains, Les germes de pollution humaine ou animale sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale. Il s'agit, d'*Enterobacteries* (*Escherichia coli*, coliformes, *Salmonella*, *Shigella*), des *streptocoques* fécaux et dans une moindre mesure de *Clostridium Perfringens* et de *vibrio Cholerae* (Brisou, 1976).

✓ Les coliformes totaux

Ce sont des bacilles gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de développer en présence de sels biliaries ou d'agents tenso-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzyme β – galactosité.

La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, bien que plusieurs autres genres et espèces appartiennent également au groupe (FNS, 2013).

la plupart d'entre eux peuvent être présents dans l'environnement et leur présence n'est pas forcément signe d'une contamination fécale, parmi les Coliformes totaux, on distingue les coliformes fécaux (Carip et *al.*, 2015).

✓ Coliformes fécaux (thermo-tolérants)

Sous-groupe de bactéries coliformes qui fermentent le lactose à $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ sous 24 heures, dont le principal représentant est la bactérie *Escherichia*, d'origine exclusivement fécale.

✓ **Escherichia coli**

bactérie du groupe coliforme qui fermente la lactose et le mannitol, produisant de l'acide et du gaz à $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures, produit de l'indole à partir de tryptophane, oxydase négative, et est considéré comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro-organismes pathogènes (FNS, 2013).

L'origine fécale de *E. coli* est incontestable et sa nature omniprésente peu probable, ce qui valide son rôle précis d'organisme indicateur de contamination tant dans les eaux naturelles (Carip et al., 2015)

✓ **Les Streptocoques fécaux**

Les *Streptocoques* fécaux sont des indicateurs pour étudier la pollution fécale des eaux mais ils ne sont pas très spécifiques pour les aliments (Carip et al., 2015).

Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne.

Cocci Gram positifs, formant des chaînettes en milieu de culture liquide, catalase négative, capables d'hydrolyser l'esculine et de cultiver à 44°C . [1]

✓ **Anaérobies sulfitoréducteurs – clostridium sulfitoréducteurs**

Ils sont témoins d'une contamination fécale ou tellurique. Ils sont résistants du fait de leur capacité à produire des spores et présentent une certaine thermotolérance (46°C). On les recherche non seulement parce que certains d'entre eux peuvent être pathogènes, mais aussi parce qu'ils altèrent la qualité des aliments (activité protéolytique) (Carip et al, 2015).

Elles sont employées comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons :

- Elles se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine.
- Elles ne se multiplient pas dans les sédiments.
- Elles survivent dans les sédiments, ce qui permet de déceler une pollution ancienne ou intermittente (Rodier et al ,1996).

La raison du choix le groupe précédent de bactéries comme indicateur de contamination de l'eau est due aux facteurs suivants :

- On les trouve dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris les humains.
- Elles sont facilement détectables et quantifiables par des techniques simples et économiquement viables, sur n'importe quel type d'eau.

- Sa concentration dans l'eau contaminée a une relation directe avec le degré de contamination fécale de cette dernière.
- Elle a la durée de survie la plus importante chez les bactéries pathogènes intestinales, car elles sont moins exigeantes sur le plan nutritionnel et sont incapables de se multiplier dans le milieu aquatique ou se multiplient moins que les bactéries entériques.
- Elles sont plus résistantes aux désinfectants et aux agents tensioactifs que les bactéries pathogènes. (FNS, 2013).

1.4.2. Dispersion et devenir des bactéries dans l'eau

Lors de la décharge des microorganismes dans l'eau, ils seront rapidement adsorbés de toute taille (plancton, particules, de bris organiques,...etc.). Cette adsorption a pour résultat la diminution apparente dans le nombre de microorganismes par unité de volume (Brisou, 1976).

Ces adsorbants sont ensuite dilués, dispersés, floculés, sédimentés ou transportés vers les bords ou les côtes. Les grosses particules ont tendance à se sédimenter rapidement en fixant les microorganismes sur lesquels ils sont adsorbés (Mitchell, 1975).

Alors que les fines particules vont subir des processus de diffusion par lesquels elles vont transporter de grandes quantités de microorganismes avec eux (Borrego, 1982).

La majeure partie de la charge bactérienne des eaux résiduaires, soit environ 98,5%, suit les particules de faibles dimensions. Ainsi, c'est en surface et au large des émissaires que l'on trouvera la plupart des bactéries rejetées, alors que sur le fond adjacent, la charge bactérienne sera d'extension relativement plus faible (Borrego, 1982).

Chapitre 2

Présentation de site d'étude

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. La région de Guelma

La wilaya de Guelma se situe au Nord-de l'Algérie à 290 m d'altitude (figure 7). Elle s'étend de 39° au 40° de l'altitude Nord et du 5° au 6° de longitude Est. Elle occupe une position géographique stratégique, elle est donc un point de rencontre entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda), les centres d'échanges au sud (Oum El Bouaghi et Tébessa) et la proximité du territoire tunisien à l'Est.

Elle couvre une superficie de 4101 km² et elle est limitée par (figure 8).

- ✓ la wilaya d'Annaba, au Nord.
- ✓ la wilaya de Skikda, au Nord-Ouest.
- ✓ la wilaya de Constantine, à l'ouest.
- ✓ la wilaya d'Oum El Bouaghi, au Sud.
- ✓ la wilaya de Souk Ahras, à l'Est.
- ✓ la wilaya d'El Taref, au Nord-Est (Saadi, 2018).

Guelma formant une cuvette entourée par les monts de (Haoura, Debagh, Mahouna et Dj Nador), faisant partie du bassin versant de l'Oued Seybouse (6470 Km²) (Zaghaba, 2018). L'Oued Seybouse est formé par la confluence des oueds Cherf et Bouhamdane au niveau de Madjez Amar et reçoit deux autres affluents d'importance inégale : l'Oued Mellah et l'Oued Ressoul (Brahmia, 2016).

Notre zone d'étude représente le bassin d'oued Charef.

2.1.2. Situation géographique

Le bassin d'Oued Charef est situé dans la partie Nord-Est du territoire algérien, selon l'agence des bassins hydrographiques (ABH). Il constitue la région limitrophe de trois wilayas : Guelma, Souk Ahras et Oum El Bouaghi avec une superficie de 2900 Km² et une longueur de 88,61 Km (ABH., 1999), oued charef Prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à 107 millions m³/an (Zouaidia, 2006).

La confluence de l'Oued charef et de l'oued Bouhamdane donne la naissance d'oued seybouse au niveau de la commune de medjaz amar wilaya de Guelma (36°26.587''N, 007°18.740''E), et se termine au nord dans la mer méditerranée après un parcours de 160 Km (Reggam, 2015).



Figure 7: Carte géographique de Wilaya de Guelma (Modifier : www.d-maps.com) [2]



Figure 8: Carte géographique de Wilaya de Guelma (Modifier : www.d-maps.com) [2]

2.1.3. Climatologie

Le facteur du milieu le plus important est le climat parce qu'il a une influence directe sur la faune et la flore (Dajoz, 1985), dont la description du climat tient principalement compte de certains paramètres essentiels, tels la température, les précipitations et l'humidité.

En effet, pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons tenu compte des données météorologiques récoltées de la station de Guelma sur l'année de 2020 (Bensakhri, 2015).

2.1.3.1. La température

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

Ce facteur dépend de l'altitude, de la distance du littoral et de la topographie (Dajoz, 1985).

- **Guelma (2020) :**

Dans cette région, les mois les plus froids sont janvier et février, alors que juillet et août constituent les mois les plus chauds (tableau 1, figure 9).

Tableau 1: Moyenne mensuelle des températures de la station de Guelma (2020) [3].

Moins	Jav	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T(C°)	10,5	12,4	14,2	18,2	20,8	23,3	26,8	28,5	23,5	18,5	16,7	12,1
TM(C°)	16,6	20,8	20,2	24,8	29,4	32	35,9	37	30,1	26,1	22,6	16,6
Tm(C°)	4,4	4	8,1	11,6	12,2	14,7	17,7	20	17,2	10,9	10,8	7,5

- **T** : Température moyenne mensuelle (°C) ;
- **TM** : Moyenne des maxima des températures ;
- **Tm** : Moyenne des minima des températures.

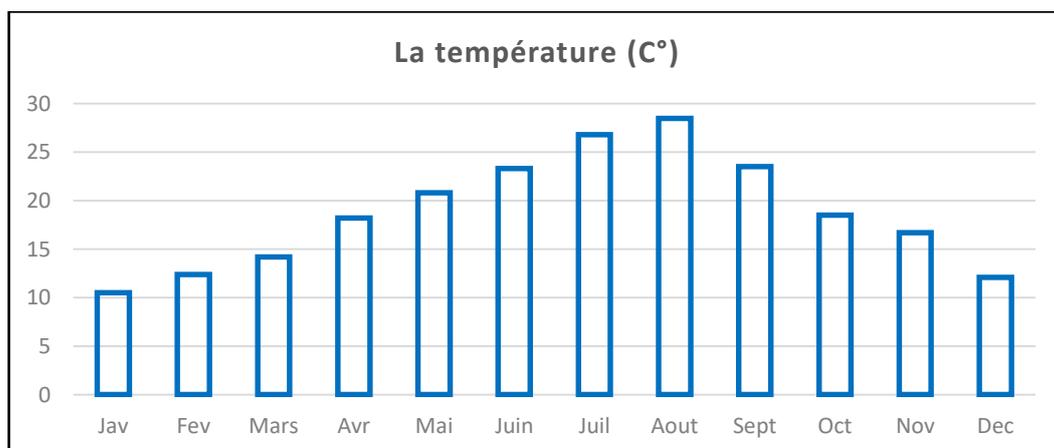


Figure 9: Evolution des températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2020)

[3]

2.1.3.2. Précipitations :

Les précipitations sont un facteur climatique très important qui conditionnent l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. En effet, les précipitations sont elles-mêmes sous la dépendance de la température qui règle l'intensité de l'évaporation au niveau des surfaces marines. Elles sont régulées par trois autres facteurs : l'altitude, la longitude (elles augmentent de l'Ouest vers l'Est) et la distance à la mer (Bensakhri, 2015).

- **Guelma (2020)**

Les données récoltées de la station météorologique de Guelma (2020) montrent que la saison Automne est la plus pluvieuse avec une moyenne de 72.37 mm/ mois. Tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 4.93 mm/mois (tableau 2, figure 10).

Tableau 2: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la station de Guelma (2020)
[3]

	Hiver			Printemps				Ete		Automne		
	<i>Déc</i>	<i>Jan</i>	<i>Fév</i>	<i>Mars</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>
Pmm (mm)	130	38,4	1	60,3	39,8	8	11	0,8	3	52,6	21	144,6
Psm(mm)		56,4			36,03			4,93			72,73	

- **Pmm** : Précipitations moyennes mensuelles (mm) ;
- **Psm (mm)** : Précipitation saisonnière (mm);

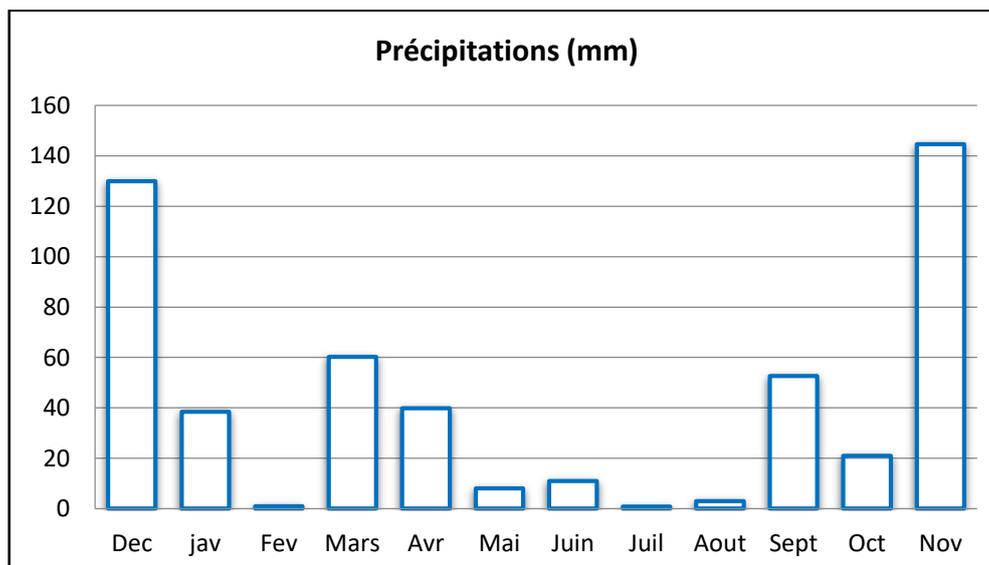


Figure 10: Variations saisonnières des précipitations de la station météorologique de Guelma (2020) [3]

La plus grande valeur de précipitation moyenne mensuelle, correspond au mois de Novembre 144.6 mm, par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec 0.8mm.

2.1.3.3. L'humidité :

La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité des barrages. Elle est invariable au cours de l'année (Bensakhri, 2015). En effet, les données de l'humidité récoltées de la région de Guelma sont récapitulées respectivement dans le tableau 3 et la figure 11.

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

Tableau 3: Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative de la station de Guelma [4]

	<i>jav</i>	<i>Fev</i>	<i>Mars</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>
Humidité (%)	84	66	81	75	76	50	42	40	75	60	65	70

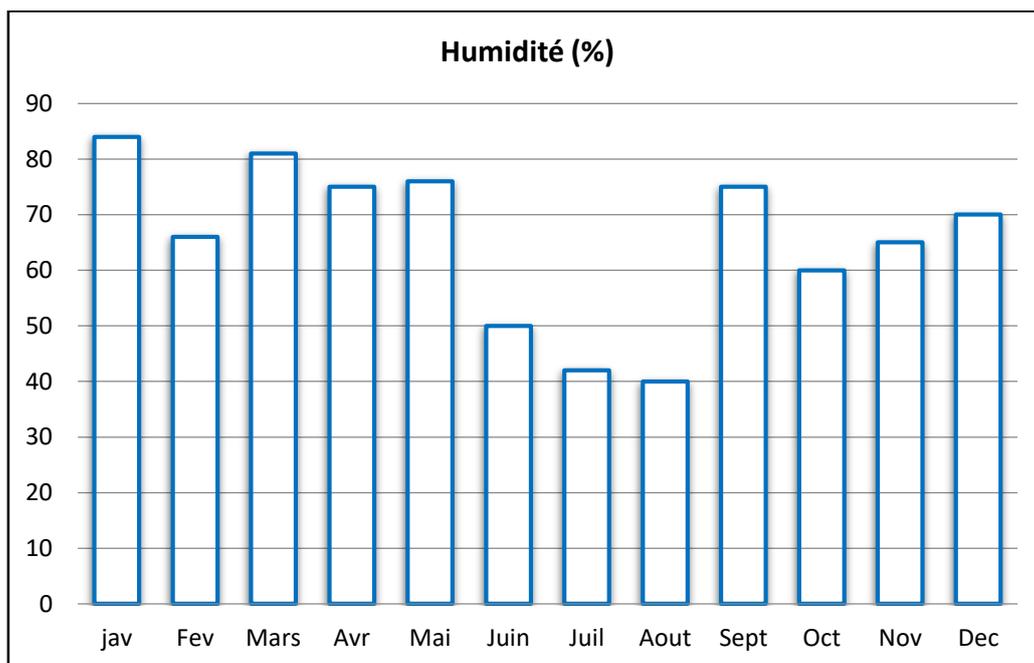


Figure 11: Evolution des Humidité de la station de Guelma (2020) [4]

2.1.4. Description du bassin Charef

Le bassin du Charef est divisé en deux sous-bassins : le bassin haut Charef qui porte le code (14.01) et le bassin bas Charef représenté par le code (14.02) (ABH., 1999) Pour le bassin de l'oued Charef amont, la classe d'altitude dominante est celle de 800 à 1100 m, qui couvre 98% de la surface du bassin. En effet, dans le bassin du Charef aval, la classe d'altitude de 600 à 800 m domine, et elle couvre 56 % de sa surface (Louamri, 2013) (figure 12).

Le réseau hydrographique est constitué principalement du cours d'eau principal d'oued Charef et ses majeurs affluents, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord (figure 13).

2.1.4.1. Le bassin de haut Charef

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

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

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

2.1.4.2. Le bassin de bas Charef

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

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

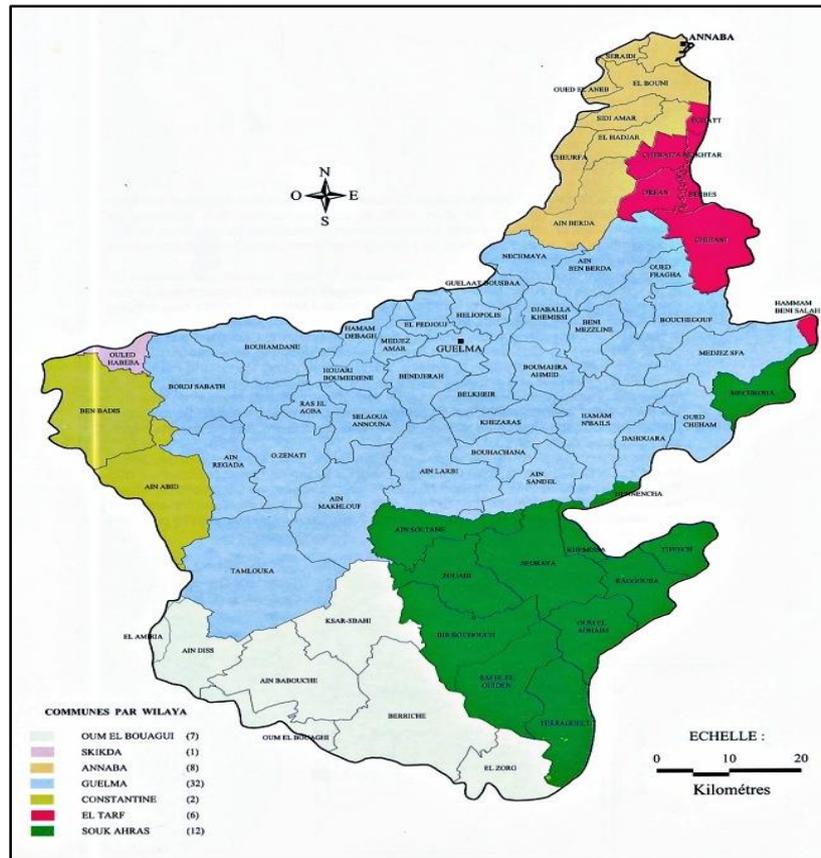


Figure 12: Répartition géographique des sous bassins (ABH, 1999)



Figure 13: Présentation de réseau hydrographique (ABH, 1999)

2.1.4.3. La végétation du bassin d'Oued Charef :

La couverture végétale protège le sol contre l'érosion, améliore la capacité d'infiltration des eaux dans le sol, diminue le ruissellement superficiel et apporte au sol des matières organiques (feuilles, branches,...etc.).

En effet, la zone des hautes plaines est caractérisée par le domaine de la céréaliculture associée à l'élevage. Le bassin amont de l'oued Charef est très dénudé. Seuls Djebel Reghiss et Djebel Tiffech sont recouverts de vastes forêts de type Atlasique constituées surtout de pins d'Alep et de genévriers rouges, ils sont en expansion par les reboisements récents en pin d'Alep mais aussi en cyprès et en Eucalyptus.

En revanche, dans le Bas-Charef ; la zone de transition avec le Tell ; la végétation est plus diversifiée. Dans l'ensemble, les terrains agricoles occupent plus de 65 % de la totalité du bassin versant. Pour les cultures pratiquées ; on peut citer : céréale ; cultures maraîchères...etc (Halimi, 2008).

2.2. Description des stations d'échantillonnage

2.2.1. Choix des sites

Pour réaliser notre étude écologique, on a choisi les eaux courantes d'Oued charef pour étudier les communautés des macroinvertébrés, en deux phases à deux mois différents (Mars et Avril), Pour cela, trois stations d'étude ont été sélectionnées sur la base de plusieurs paramètres et critères :

- ✓ Les trois stations d'échantillonnage partagent des conditions climatiques semblables parce qu'elles appartiennent à la même région (Nord-est algérien).
- ✓ Accessibilité du site (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense) permettant une visite régulière.
- ✓ La diversité et la richesse biologique qui caractérisent ces stations.
- ✓ Les stations sont des cours d'eaux qui ne partagent pas les mêmes caractéristiques : substrat, endroits caractérisés par des vitesses du courant ou des profondeurs différentes...etc (Bensakhri, 2015).

Pour un échantillonnage plus représentatif du cours d'eau, nous avons choisis trois stations sur le cours d'eau principal d'oued Charef (figure 14) :

Oued Charef à Houari- Boumediene, oued Charef à Medjez Amar.

➤ **Station 1 Oued Charef à Houari- Boumediene 1** (figure 15)

- N : 36°23'.849
- E : 7°19'.033

- Commune : Houari Boumediene
- Wilaya : Guelma

➤ **Station 2 Oued Charef à Houari- Boumediene 2** (figure 16)

- N : $36^{\circ}25'.428$
- E : $7^{\circ}18'.814$
- Commune : Houari Boumediene
- Wilaya : Guelma

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

➤ **Station 3 Charef à Medjez Amar (Oued Charef)** (figure 17)

- N : $36^{\circ}26'.587$
- E : $7^{\circ}184.657$
- Commune : Medjez Amar
- Wilaya : Guelma

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

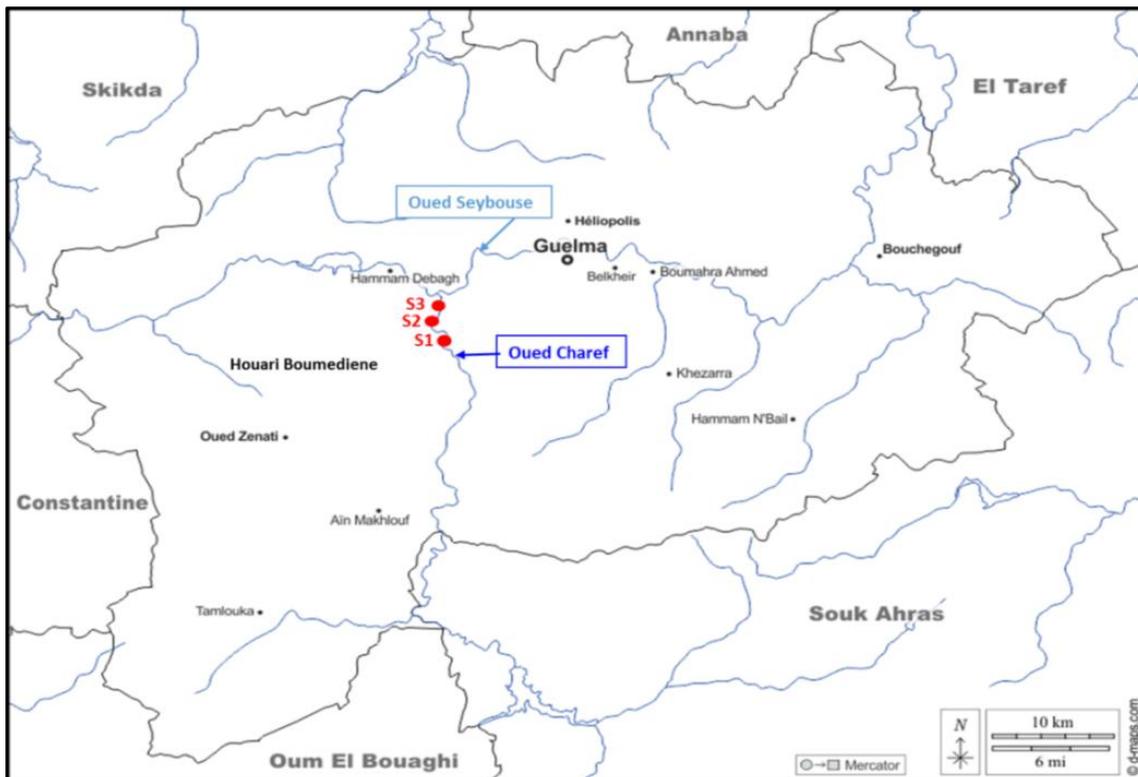


Figure 14: Les stations d'échantillonnage (Modifier : www.d-maps.com) [2]

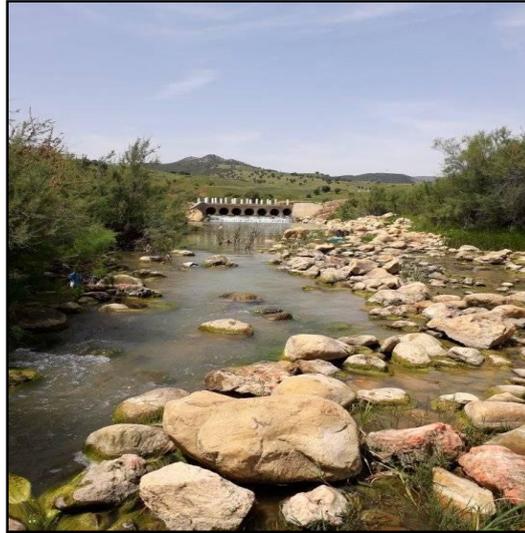


Figure 15: Vu générale de la station 1(Bouras, 2021).

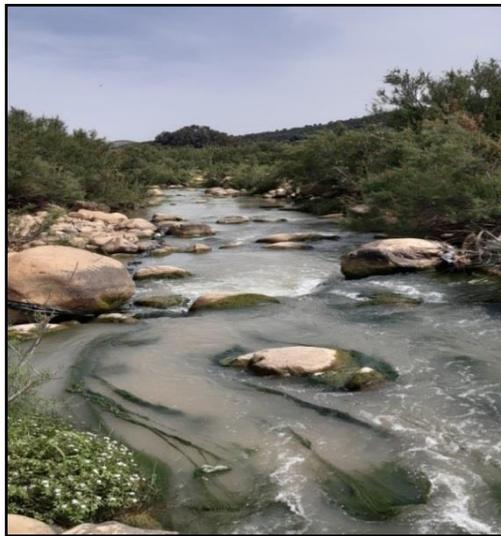


Figure 16: Vu générale de la station 2 (Kherchiche, 2021)



Figure 17: Vu générale de la station 3 (Kherchiche, 2021)

Chapitre 3

Matériel et méthodes

Dans notre travail, l'étude systématique des macroinvertébrés ainsi que l'étude bactériologique ont été réalisées dans les laboratoires pédagogiques de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université 8 Mai 1945 de Guelma.

3.1. Etude de la faune des macroinvertébrés

3.1.1. Matériel

3.1.1.1. Sur le terrain

- Filet troubleau (600 microns)
- Seau grillagé
- Contenants de plastique pour les échantillons (1 litre)
- Des flacons et des bouteilles d'échantillonnage en plastique
- Agent de conservation (alcool éthylique à 95 %)
- Étiquettes en papier imperméable
- Cartes topographiques
- GPS
- Sacs à dos
- Appareil photo
- Chronomètre ou montre
- Gants et bottes-culottes
- Multi paramètre

3.1.1.2. Au laboratoire

- La loupe binoculaire
- Des flacons en plastique
- Étiquettes
- Alcool éthylique à 95 %
- Des pinces
- Boîtes de pétré



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

Figure 18: Planche présente le matériel utilisé.

3.1.2. Méthode d'échantillonnage

3.1.2.1. Sur terrain

L'échantillonnage débute en aval et s'effectue à l'aide d'un filet troubleau, L'ouverture doit faire contre-courant qui fera entrer les organismes dans le filet et dans certaines situations, on pourra les aider à y entrer en créant un courant avec les mains. Il doit être bien rincé le filet avant de commencer l'opération pour éviter la contamination par des espèces n'appartenant pas à la station.

Les pieds sont utilisés seulement lorsque le niveau d'eau rend l'échantillonnage manuel impossible.

Les coups de filet doivent être donnés là où les vitesses du courant sont différentes, à des profondeurs différentes, certains plus en bordure et d'autres plus au centre. Cette façon de procéder favorise la capture d'une plus grande diversité de taxons. Le contenu de chaque coup de filet est transféré dans un seau à fond grillagé. (figure 19). les gros débris (roches, bâtons et feuilles) sont inspectés et nettoyés alors que les petits débris ne sont pas inspectés.

Laisser l'eau s'égoutter de l'échantillon puis transférer ce dernier dans bouteilles plastiques auquel est ajouté de l'alcool à 95 %

Un flacon plastique et des pincettes sont utiles pour récupérer les organismes accrochés au filet ou au fond du seau. Les bouteilles doivent être étiquetées, Une étiquette est collée sur les contenants et indique la date, le nom de la rivière, le numéro de la région hydrographique, le numéro de la station, le nombre de contenants. Une seconde étiquette en papier imperméable est mise à l'intérieur des contenants (Moisan et Pelletier, 2013).

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

On fait l'échantillonnage des macroinvertébrés ainsi que les mesures des paramètres physico-chimiques dans trois stations (figure 20).



Figure 19: Le tri sur place de la faune benthique

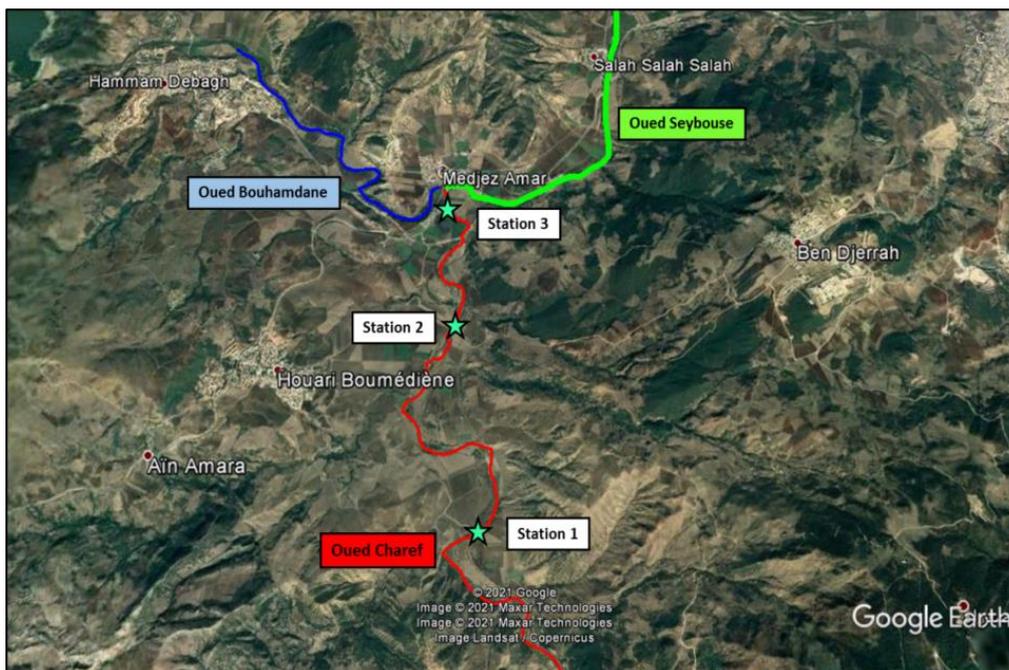


Figure 20: Localisation des stations d'échantillonnage [5]

3.1.2.2. Au laboratoire

L'identification des macro-invertébrés benthiques étant basée sur une première étape de lavage de l'échantillon puis de tri et détermination à la loupe binoculaire. Les macroinvertébrés sont identifiés à l'espèce ou au genre à l'aide d'un guide .les macroinvertébrés sont stockés dans des flacons plastiques contenant l'alcool à 95%. (Moisan et Pelletier, 2011)

3.2. Etude bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut déclarer qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier et *al.*, 2005).

Pour chaque échantillon, l'analyse microbiologique a concerné :

- Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.
- La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- La recherche et le dénombrement de *E-Coli*.
- La recherche et le dénombrement des *Streptocoques fécaux*.
- Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).

3.2.1. Matériel

3.2.1.1. Sur terrain :

On a utilisé des flacons en verre de 500 ml, propres et stérilisés à l'autoclave, munis de bouchons filetés, le col étant protégé de toute contamination par une feuille d'aluminium bien ajusté (FNS, 2013).

3.2.1.2. Au laboratoire

- Boîte de Pétrie de dimension de 90 à 100 mm
- Bain-marie réglable
- Autoclave
- L'incubateur ou étuve
- Le bec bunsens
- Réfrigérateur
- Verrerie de laboratoire stérile
- Pipette pasteur
- Les milieux de culture
- Les réactifs

3.2.2. Méthode de travail

3.2.2.1. Sur terrain

Enlever le bouchon du flacon par une main, celle-ci ne doit rien toucher pendant le Prélèvement, non plus d'ailleurs le col du flacon, lequel est tenu dans l'autre main par son fond (figure 21). Tendre le flacon au point de prélèvement ; fermer rapidement après le remplissage du flacon. Les échantillons sont transportés dans des glacières dont la température est de 40°C, si la durée de transport dépasse une heure (Jean et Yufeng ,2010).

- ❖ L'échantillonnage se fait dans la station 1, au mois d'avril et Mai.

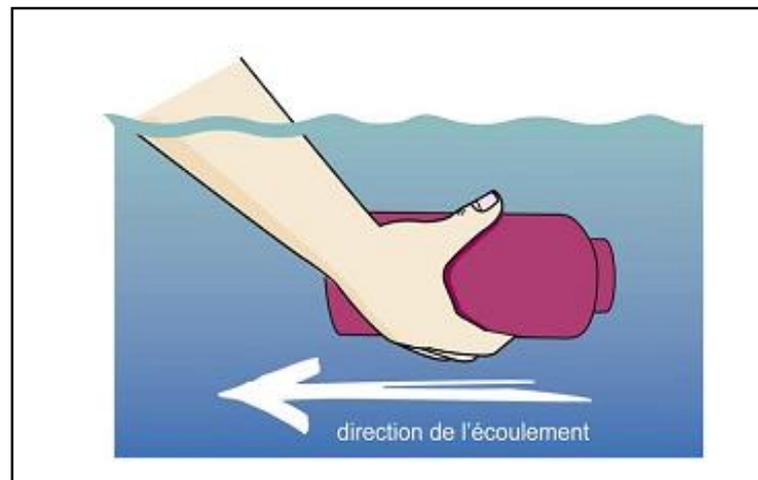


Figure 21: Technique de prélever des échantillons (CCME, 2011).

3.2.2.2. Au laboratoire

➤ Préparation des milieux de culture :

Parmi les étapes de l'analyse bactériologique, la préparation des milieux de culture prend la toute première importance et doit donc être réalisée avec précaution. Dans ce cadre, les flacons contenant les milieux de culture complets déshydratés doivent être à l'abri de la lumière, dans un endroit sec à la température indiquée par le fabricant. Pour préparer ces milieux de culture, on utilise de l'eau distillée conservée dans des récipients (Jean, 2010).

➤ Recherche et dénombrement de la flore aérobique mésophile totale (germes revivifiables):

Bactéries, Levures, Moisissures se développant en aérobiose, lorsque l'essai est pratiqué selon la méthode précise. Le principe comporte à mettre en évidence les bactéries qui se développent à 20°C facilitant ainsi les germes spécifiques de l'eau Et celles qui se développent à 37°C aidant ainsi les germes issus de l'homme et des animaux à sang chaud.

▪ Mode opératoire :

On met 1 ml A partir de diverses dilutions de cet échantillon 10^{-1} et 10^{-2} Dans des boîtes de pétri vides, stérile et numérotées, déposer environ 15 ml de gélose TGEA, homogénéiser le contenu en faisant des mouvements circulaires de façon modérée (∞), environ 10 fois de suite. Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose (TGEA).

Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses. Incubée dans une étuve à 37°C durant 48 heures à la fin de la période d'incubation, compter les colonies à l'aide d'un compteur de colonies (figure 22).

➤ Recherche et dénombrement des coliformes totaux en milieux liquides (Méthode de NPP) :**▪ Test de présomption :**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0,1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu, l'incubation fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

▪ Test de confirmation

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on appréhende surtout la présence d'Escherichia coli.

Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 h (figure 23).

- **La Lecture**

Seront considérés comme positif ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia coli* après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale se fait selon les déterminations de la table de Mac Grady NPP.

A en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole 44°C (Bengarnia, 2016).

- **Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :**

- **Test de présomption**

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide à l'aide d'un bouillon de culture (milieu de Rothe). A partir de l'eau à analyser bien homogénéisé, ensemercer :

- 3 fois 10ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Roth D/C.
- 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Roth S/C.
- 3 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Roth S/C.

Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période seront considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal, ils seront obligatoirement soumis au test confirmatif. Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série.

- **Test de confirmation**

Après l'incubation, sur le milieu Rothe, dénombrer les tubes positifs (trouble de la couleur) par la méthode NPP.

Repiquer 0.1ml sur le milieu de confirmation dans le milieu Evalisky et incuber à 37°C pendant 24 heures (figure 24)

- **La lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présente un trouble du couleur et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des streptocoques fécaux (Reggam, 2015).

- **Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) :**
 - **Mode opératoire :**
 - On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
 - On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 minute dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
 - On refroidit sous l'eau du robinet ces tubes
 - On remplit les 4 tubes par la gélose viande foie en surfusion puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium refroidie à une température de l'ordre de $45\pm 1^{\circ}\text{C}$.
 - On mélange doucement, en évitant la formation des bulles d'air.
 - On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 16 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible, si non on fera une deuxième lecture après 24 et dans le cas échéant après 48 heures (figure 25).

Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium (Amirat, 2017).

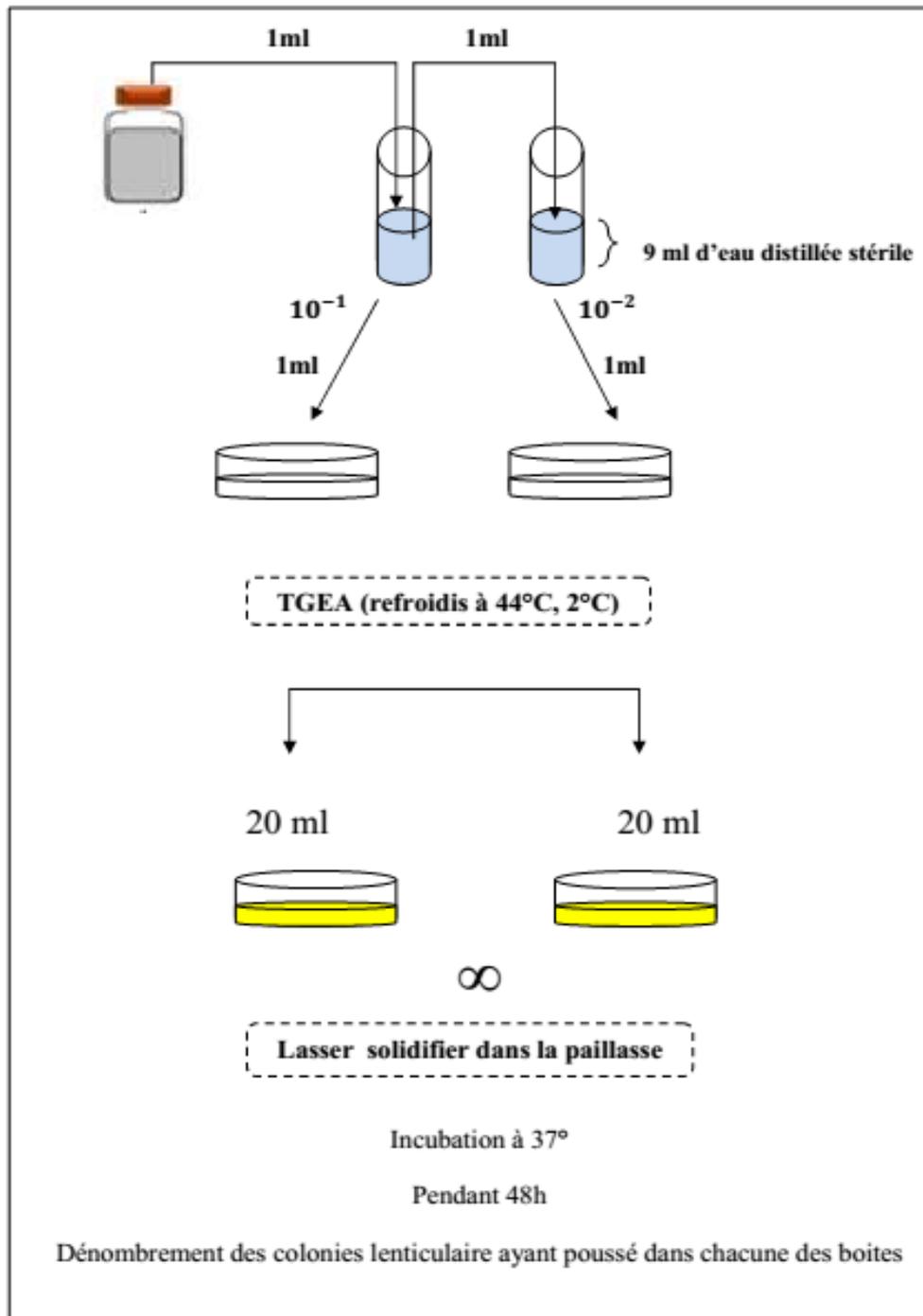


Figure 22: Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables.

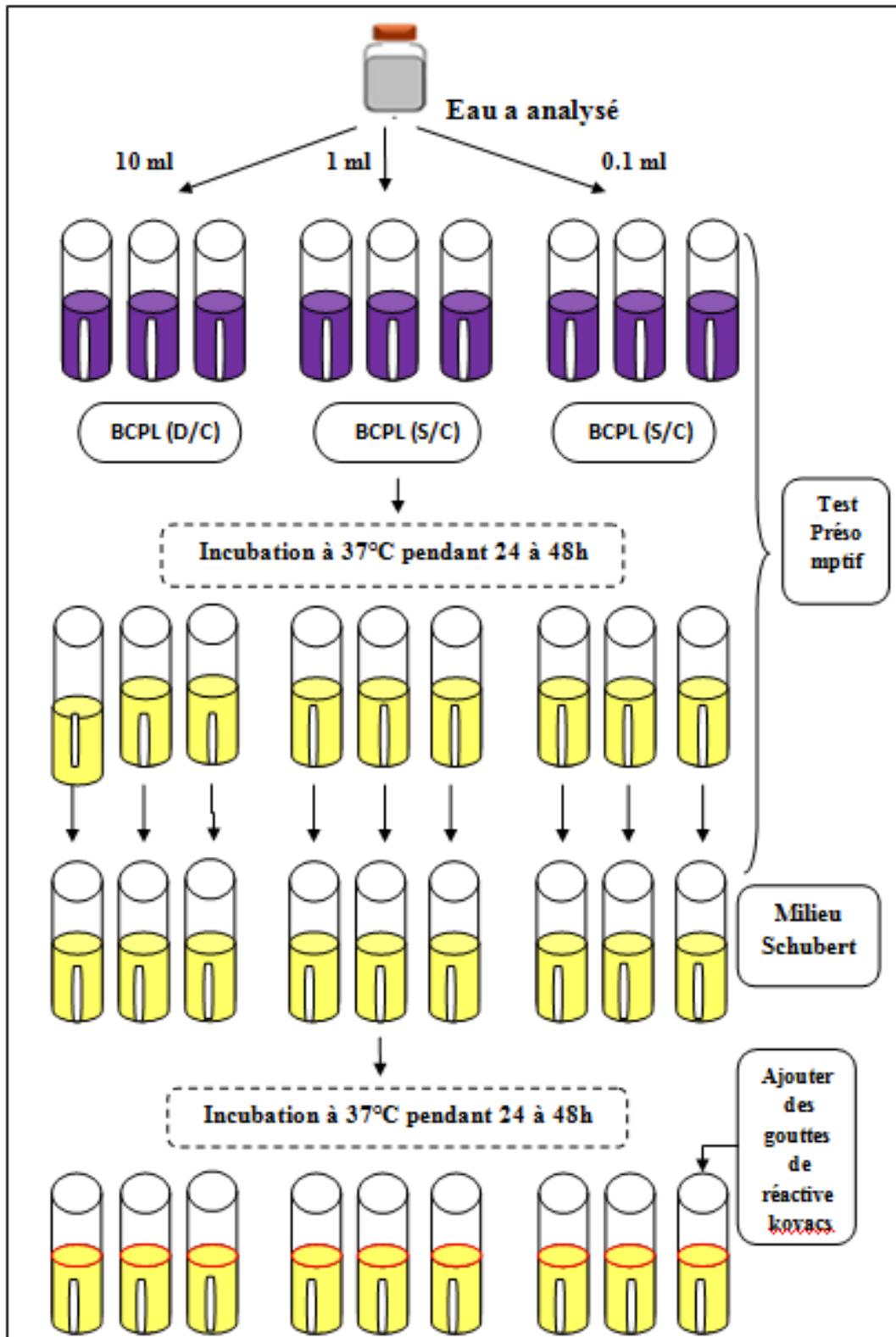


Figure 23: Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et E. coli.

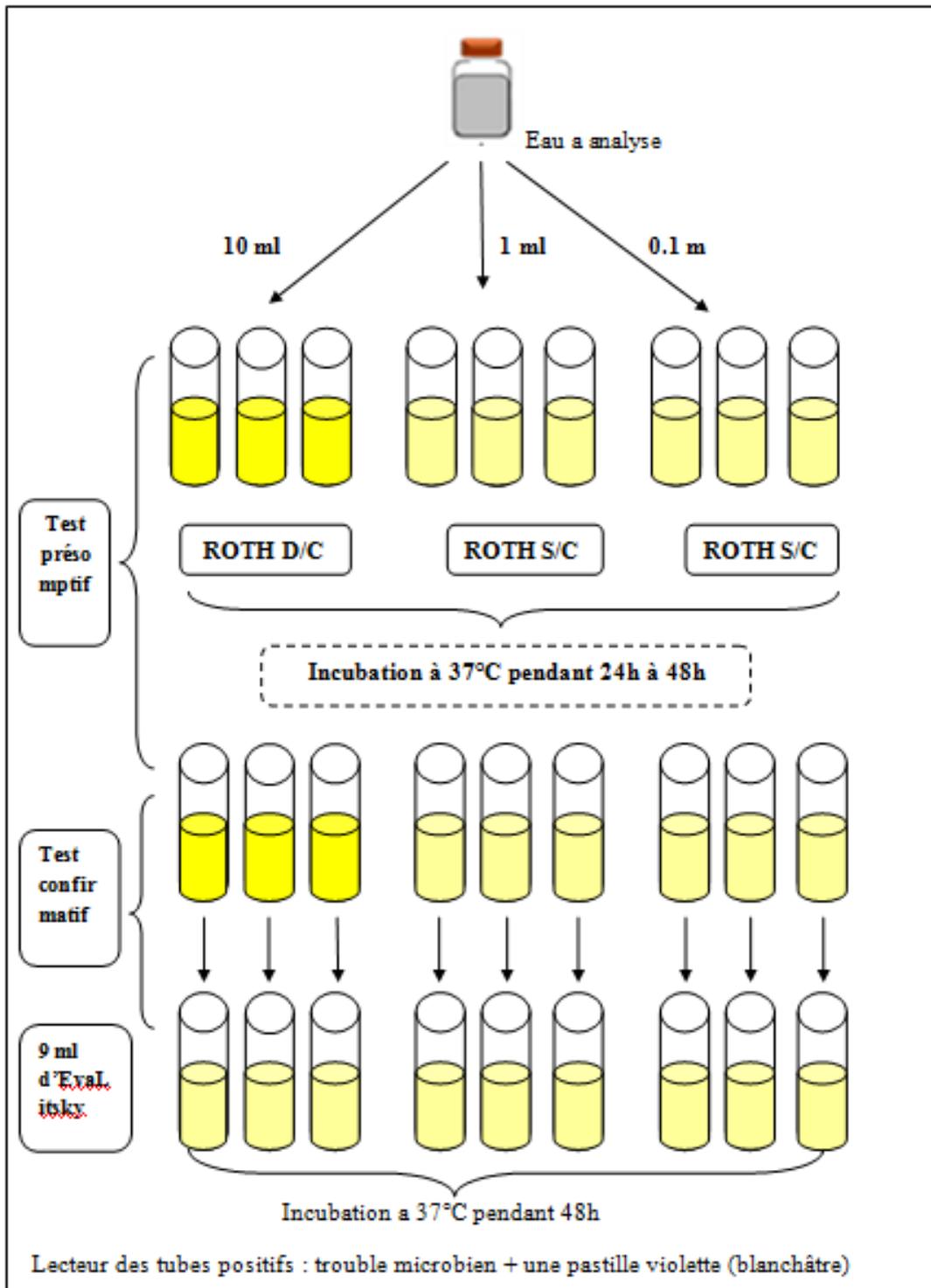


Figure 24: protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

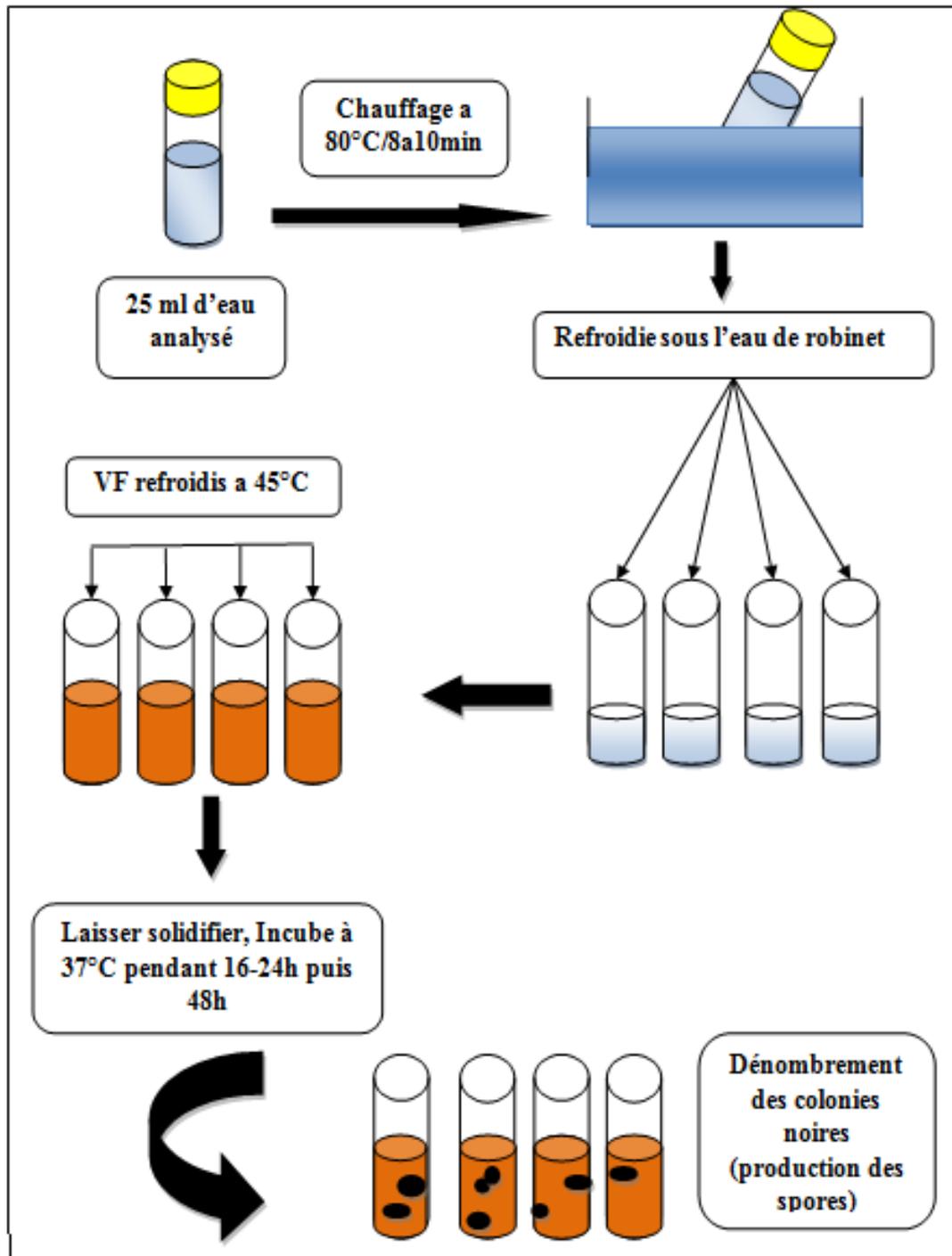


Figure 25: Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies.

Chapitre 4

Résultats et discussion

4.1. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes

Notre étude est basée sur six facteurs abiotiques très importants
« Conductivité, température, Ph, vitesse, O₂ dissous et la salinité » voir le tableau dans l'annexe.

4.1.1. La conductivité

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

La courbe de la variation de la conductivité en fonction des stations échantillonnées pendant les mois de mars et avril 2021 montre que la valeur la plus grande de la conductivité dans le mois de mars dans la station 3, est de 2006 (µs/cm), et on note une diminution au mois d'avril dans toutes les stations (figure 26).

4.1.2. La température

La température joue un rôle important dans le développement, la croissance et le cycle biologique de la majorité des insectes aquatiques. Elle peut agir également sur la distribution des espèces et la densité des populations (Bouhala, 2009).

Les eaux de surface sont sujettes à des variations de température, elle dépend :

- du degré d'exposition au soleil.
- Débit de l'eau.
- Dimension du cours d'eau (profondeur et largeur).

La courbe de la variation de la température de l'eau montre au cours de la période d'étude une fluctuation légère entre les trois stations lors de le même mois d'échantillonnage. La température la plus élevée est signalée dans la station (1) (22. °C), due au temps tardif d'échantillonnage (figure 27).

4.1.3. Le pH

Le taux du pH est un indicateur déterminant pour la qualité de l'eau. Le pH, c'est à dire l'acidité de l'eau, varie en fonction de divers éléments et cette variation influe sur la distribution des différents taxa faunistique et floristique d'un milieu aquatique.

D'après la courbe de la variation du pH de l'eau au cours de la période d'étude, on constate que le pH le plus élevé est signalée au niveau de la station 3 échantillonnée pendant le mois d'avril (figure 28).

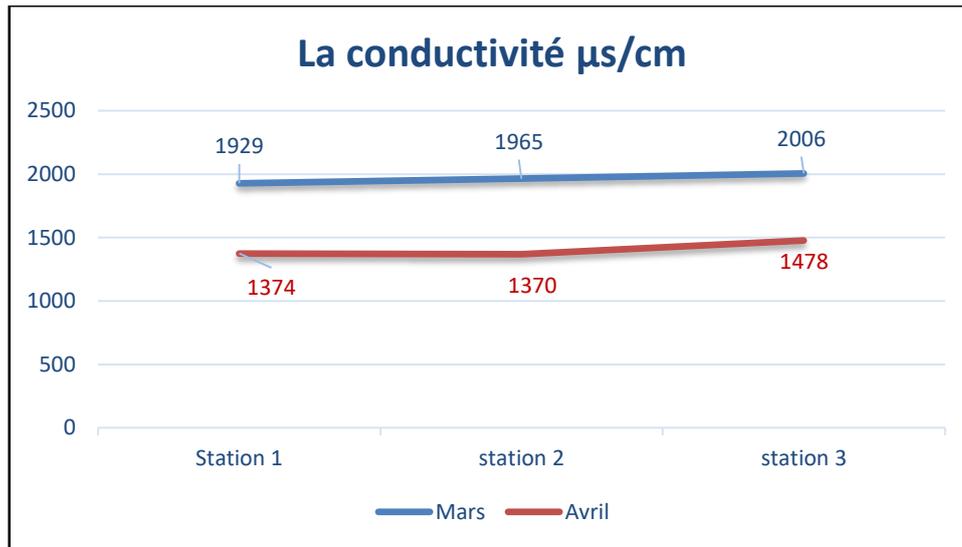


Figure 26: La variation de La conductivité (μs) des stations échantillonnées

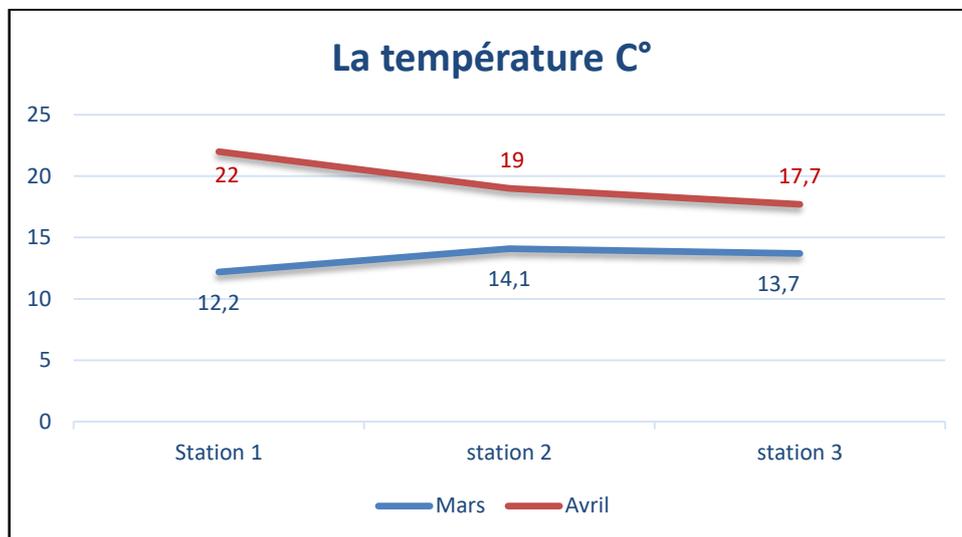


Figure 27: La variation de température ($^{\circ}\text{C}$) des stations échantillonnées

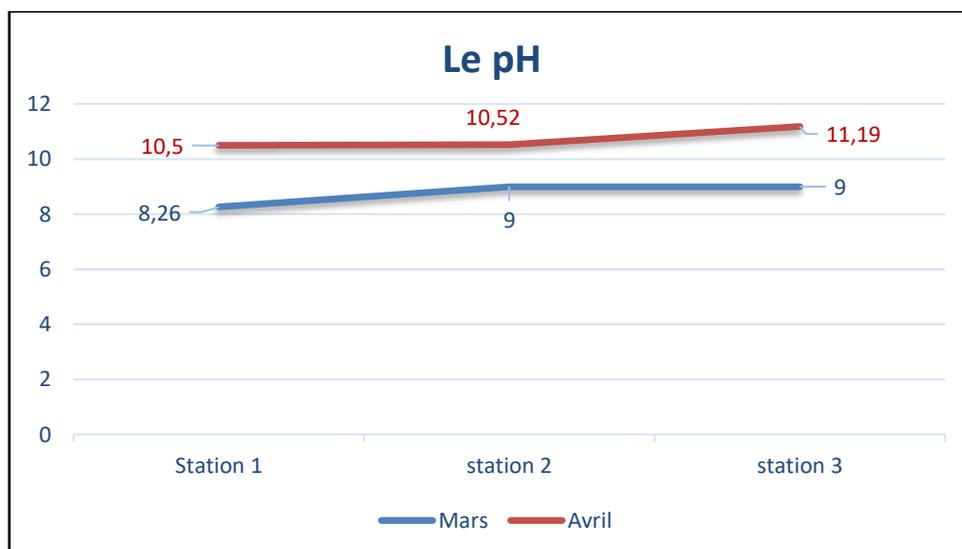


Figure 28: Variation du pH des stations échantillonnées

4.1.4. L'oxygène dissous :

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

Le taux d'oxygène dissous (mg/L) des stations échantillonnées au niveau de d'Oued charef est représenté dans la (figure 29). On remarque qu'il n'existe pas une grande différence entre les 3 stations étudiées durant les deux mois d'échantillonnage.

4.1.5. La vitesse de l'eau

Dans les cours d'eau, la vitesse de courant est un facteur important car elle conditionne le transport des nutriments, le renouvellement de l'oxygène et la dérive des insectes. Certains organismes ont d'ailleurs développé des adaptations morphologiques pour résister au courant (figure 30).

4.1.6. La salinité

Selon cette figure, on peut conclure qu'il existe une stabilité de salinité pour les 02 mois dans les 03 stations (figure 31).

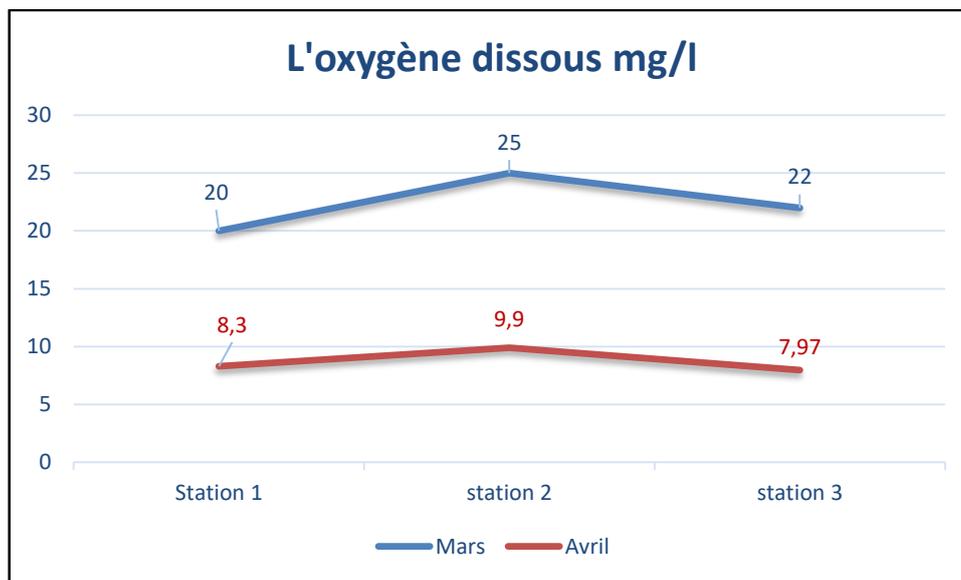


Figure 29: La variation d'oxygène dissous (mg/L) des stations échantillonnées

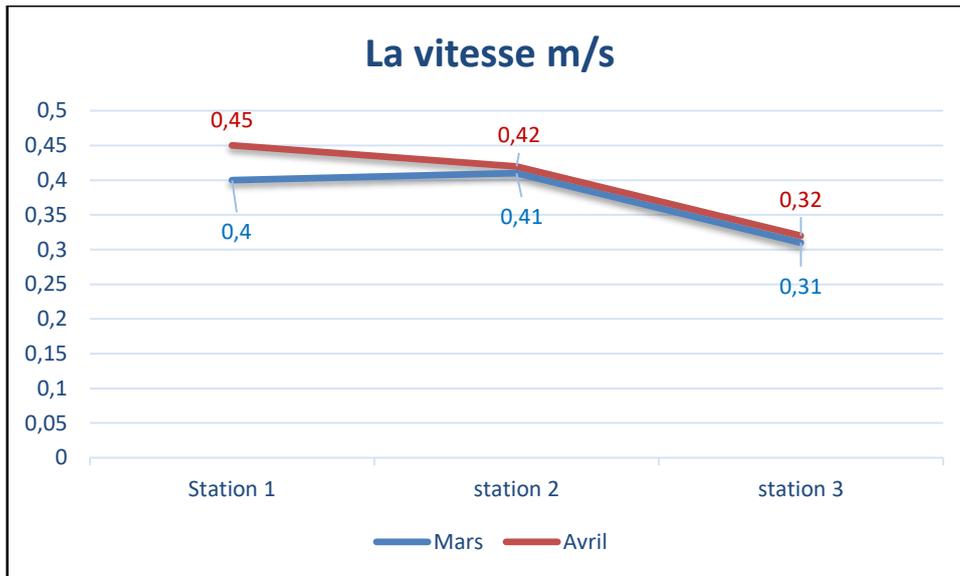


Figure 30: Variation de la vitesse de l'eau (m/s) des stations échantillonnées

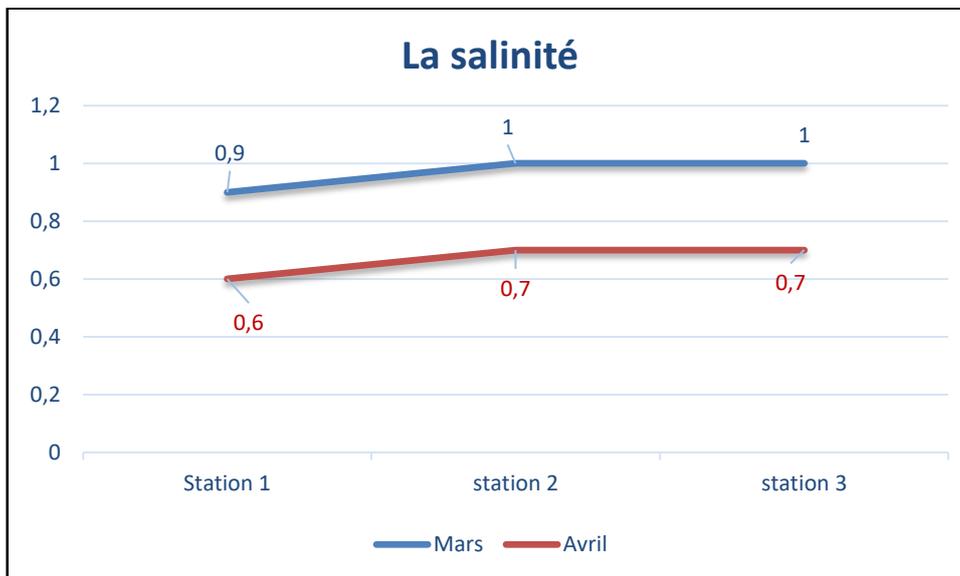


Figure 31: Variation de la salinité des stations échantillonnées

4.2. Analyse globale de la faune benthique :

Les cours d'eau sont constitués des macro invertébrés vivant dans le fond, ces dernières se répartissent d'une façon hétérogène en fonction de la nature du substrat, leur distribution dépend des conditions environnementales. Ainsi, tout changement des conditions environnementales entraîne des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistiques (Cereghino, 1992).

Ce chapitre comporte principalement l'étude de l'abondance et la fréquence et la richesse spécifique des macro-invertébrés, et les facteurs physicochimiques des stations de prélèvements.

4.2.1. Abondance de la faune benthique :

Notre travail a été effectué principalement sur 03 stations différentes (station 1, station 2, station 3), et selon le temps, la totalité des macro-invertébrés capturés, triés, identifier et considérés dans nos analyses est de 13 taxa faunistique avec un nombre de 909 individus aquatiques (tableau. 4).

Tableau 4: Check –liste des taxons faunistiques.

Taxons			Stations			Total
Embranchement	Classe	Ordre	S 1	S 2	S 3	
Arthropodes	<i>Crustacés</i>	Amphipodes	5	2	8	15
	<i>Insectes</i>	Ephéméroptères	55	46	33	133
		Plécoptères	146	166	93	405
		Diptères	40	170	21	209
		Trichoptères	7	48	12	67
		Odonates	1	0	0	1
		Hémiptères	2	0	0	2
		coléoptères	5	0	0	5
		Coléoptères larve	1	0	0	1
Mollusques	<i>Gastéropodes</i>		0	2	35	37
Vertébrés	<i>Amphibiens</i>		0	2	0	2
	<i>Poissons</i>		4	0	2	6
Annélides	<i>Oligochètes</i>		0	0	3	3
Total			266	436	207	909

Selon le tableau (Check –liste) on observe que la station **2** est très riche par les macro-invertébrés, avec une abondance importante de 436 individus, alors que la station **3** suivi par le nombre le plus réduit des taxons faunistique avec un nombre de 207 individus.

On observe aussi dans les stations **1**, **2** et **3** une abondance très importante des (Ephéméroptères, plécoptères, diptères). Et une pauvreté des odonates, hémiptères et coléoptères dans les trois stations.

Ce résultat est dû à la morphologie du biotope qui est caractérisé par une végétation réduite et une faible profondeur.

Au cours de notre étude, **13** groupes des taxons ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées (tableau 4). Les peuplements de ces stations sont composés essentiellement des insectes avec un pourcentage de **93%**, les gastéropodes occupent la 2^{ème} position avec **4%**, puis les crustacés et les poissons avec **2%** pour chaque taxon, et dans la dernière position les annélides et amphibiens (figure 32).

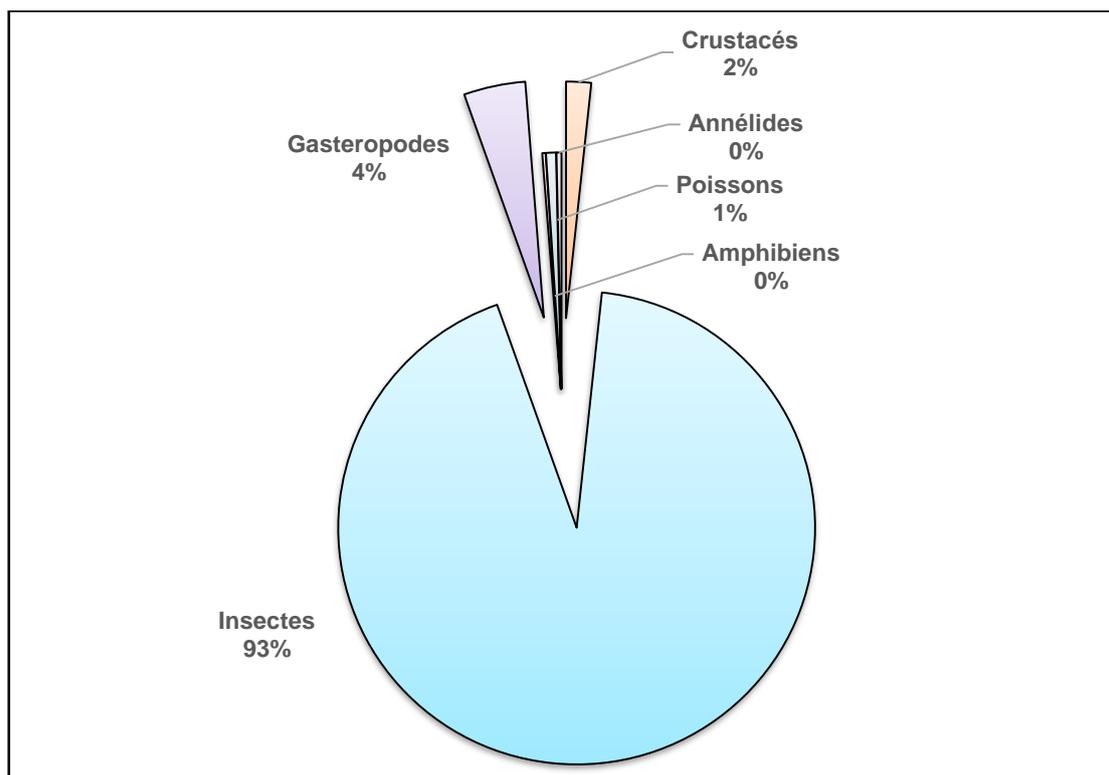


Figure 32: Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés (%).

4.2.2. Inventaire des macroinvertébrés globale

Les figures 33 et 34 résument les résultats du recensement des différents groupes systématiques. Ce recensement a fourni des résultats assez significatifs, permettant une première analyse de la composition de la faune.

Les résultats obtenus à partir d’une synthèse des données faunistiques et taxonomiques ; et de nos propres observations font état de 6 groupes taxonomiques recensées. Elles sont réparties entre 13 familles.

Parmi les Insectes (au nombre de 838), les plécoptères, les diptères et les éphéméroptères sont les mieux représentés (respectivement 405 individus, 209 individus et 133 individus). Ils sont suivis par les trichoptères (67 individus), les coléoptères (5 individus), les hémiptères (2 individus) et les odonates par un seul individu.

Les autres groupes d’invertébrés sont faiblement représentés : Annélides 3 individus, Mollusques 37 individus, Amphipodes 15 individus, Poissons 6 individus et Amphibiens 2 individus.

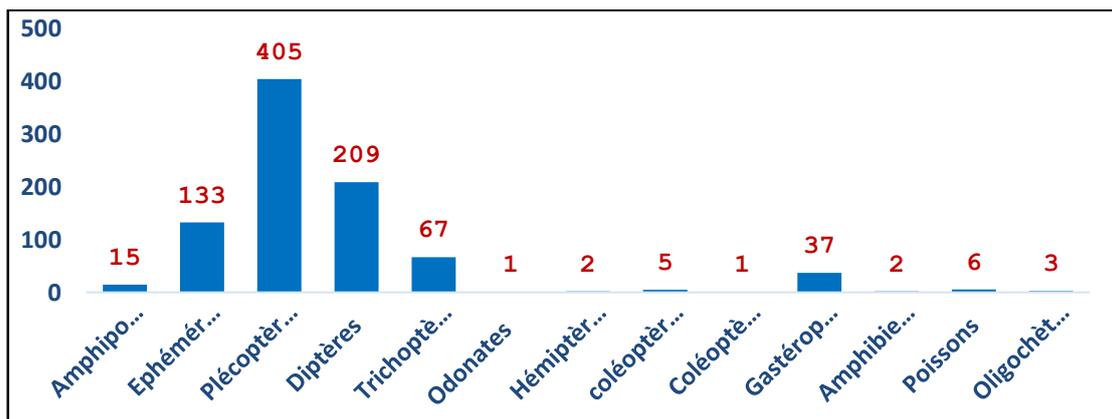


Figure 33: Nombre globale des taxa par groupes faunistiques

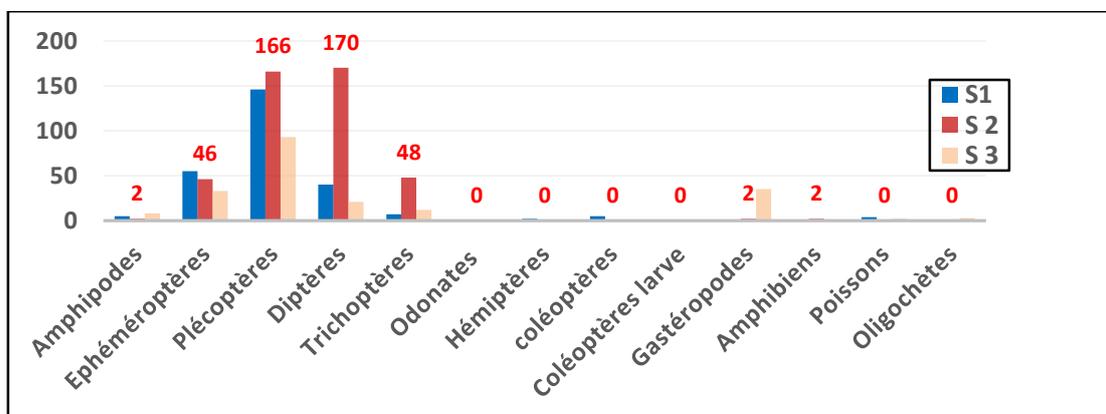


Figure 34: Nombre des taxa faunistiques par station.

4.2.3. Richesse taxonomique

La diversité calculée à partir d'un échantillon est toujours plus faible que la diversité de la communauté réelle ; car dans tous les cas, des espèces rares peuvent facilement échapper à l'échantillonnage. Il se peut alors que les espèces en moins ne seraient pas les mêmes dans les échantillons réalisés au même endroit, ainsi en les cumulant, on obtient un échantillon de plus grande taille contenant un plus grand nombre d'espèces.

Au cours de notre étude, 13 taxons ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées (tableau 5). La richesse spécifique la plus élevée c'est à oued Charef (S1) par 10 taxa, la richesse est moindre à les deux stations oued Charef (S1 et S2) (figure 35).

L'évolution mensuelle et saisonnière de la richesse taxonomique (figure 35) montre une petite variabilité. Cette variabilité pourrait être liée, d'une part à la température qui constitue un facteur limitant de développement d'un certain nombre taxonomique et d'autre part par l'impact anthropique (pâturage, bétail, pompage, pêche etc.) plus ou moins marquée dans ces stations.

Tableau 5: Variation de la richesse spécifique par station.

	Station 1	Station 2	Station 3
Mars	7	6	7
Avril	10	7	6

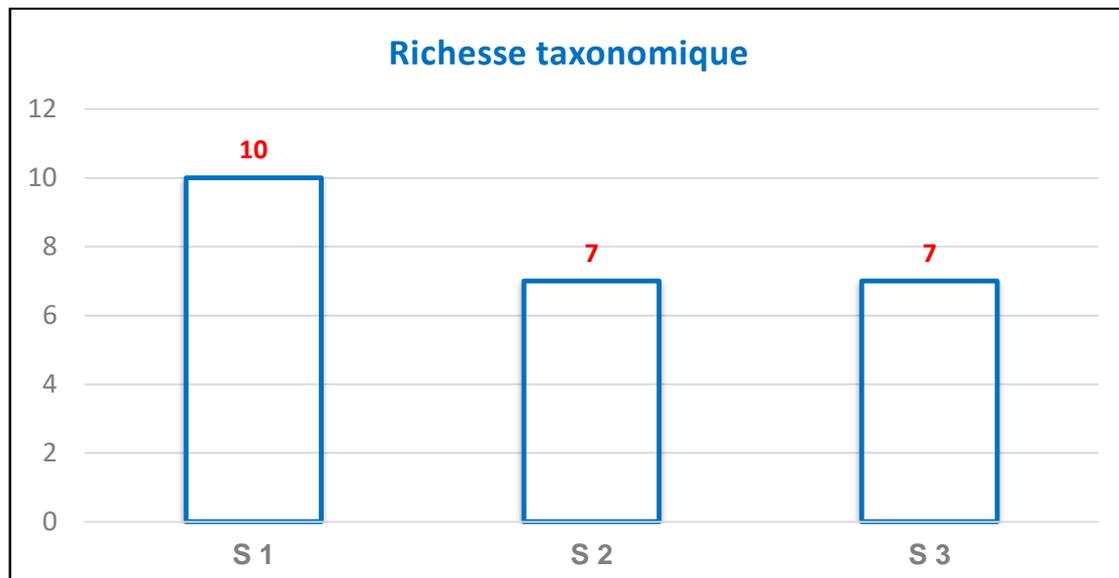


Figure 35: Variation de Richesse taxonomique entre les stations étudiées.

4.3. Etude bactériologique

La qualité bactériologique est évaluée par la recherche de bactéries témoins de contamination fécale. Ces germes, peu dangereux par eux-mêmes, montrent que des micro-organismes pathogènes (comme les *staphylocoques*, *clostridium*...) peuvent aussi s'introduire dans le réseau. Le risque principal est l'apparition de troubles intestinaux (comme des gastro-entérites par exemple) d'autant plus importants que les contaminations sont fréquentes et massives. [6]

4.3.1. Résultats du dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

Cet examen vise à faire le dénombrement non spécifique du plus grand nombre de microorganismes. Ce dénombrement a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne existante dans l'eau (Jean, 2008).

Les résultats de dénombrement des germes totaux à 37°C, durant notre période d'étude donne des nombre importants, au mois d'avril la charge bactérienne est estimé par 1.9×10^3 UFC/ml par contre les résultats de mois de mai étaient supérieure de 300 UFC/ml (figure 36) (tableau 6).

Tableau 6: Les résultats de dénombrement de flore aérobie mésophile totale par la méthode de NNP

	flore aérobie mésophile totale
Avril	1.9x10 ³ UFC/ml
Mai	>300 UFC/ml

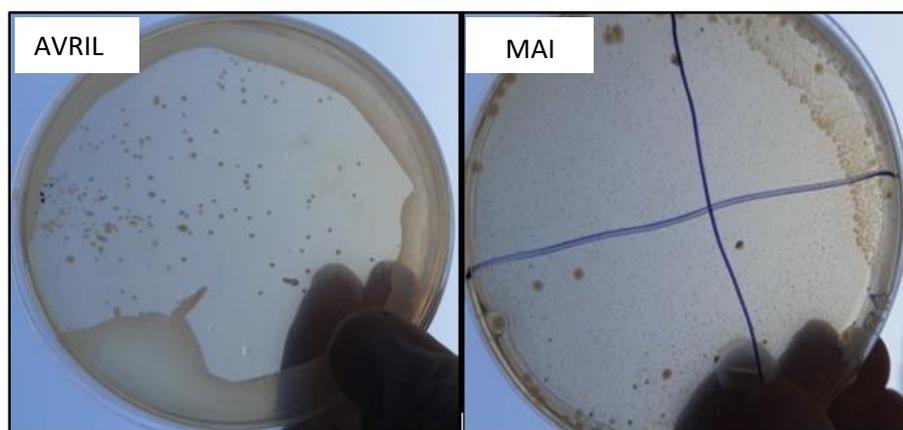


Figure 36: Photos présentant le résultat de la recherche des germes révivifiables à 37°C au mois d'avril et mai. (Kherchiche, 2021)

La présence de ces germes dans les eaux de l'oued Charef indiquant la présence possible d'une contamination bactériologique.

La variation de la charge des germes totaux semble être liée aux paramètres abiotiques (Température et pH) ce qui agit sur le développement des micro-organismes dans le milieu aquatique (Ouhmidou *et al.*, 2015).

4.3.2. Coliformes totaux

Les résultats de dénombrement des coliformes totaux à 37 °C lors des deux prélèvements effectués au niveau de la station sont représentés dans la figure 37 et le tableau 7.

Les résultats obtenus montrent que les charges bactériennes dans les deux prélèvements sont égal (450 UFC/100ml) (figure 38).

Tableau 7: Les résultats de dénombrement de coliformes totaux par la méthode de NNP

	Les coliformes totaux
Avril	450 UFC/100ml
Mai	450 UFC/100ml

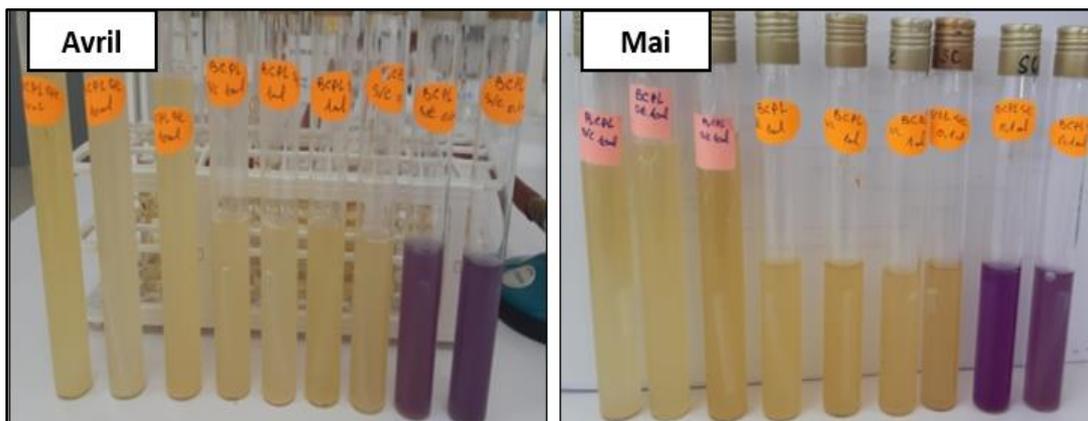


Figure 37: Photo présent le résultat de la recherche des coliformes totaux au moins d'avril et mai (Bouras, 2021).

La présence de coliformes totaux dans l'eau de l'Oued charef ou leur dépassement par rapport aux normes réglementaires n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique, Cette contamination est causée par les rejets domestiques.

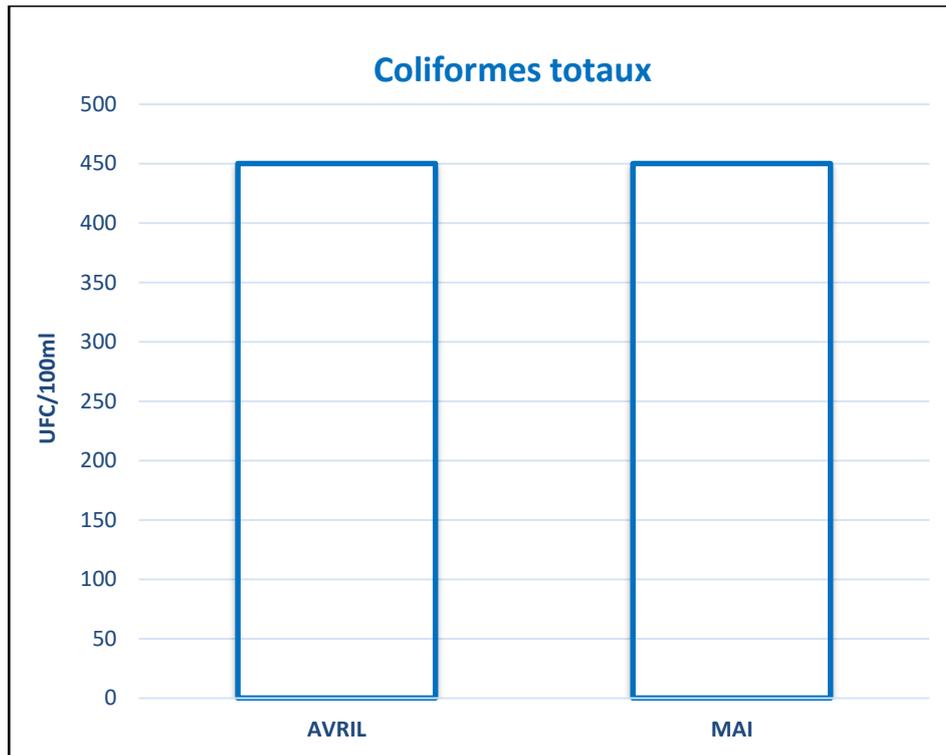


Figure 38: Evaluation du nombre des coliformes totaux de l'eau d'oued Charef

4.3.3. Coliforme fécaux

Les résultats de dénombrement des coliformes fécaux à 37 °C lors des deux prélèvements effectués au niveau de la station sont représentés dans la figure 39 et le tableau 8.

Tableau 8 : Les résultats de dénombrement de coliformes fécaux par la méthode de NNP

	Les coliformes fécaux
Avril	450 UFC/100ml
Mai	16 UFC/100ml

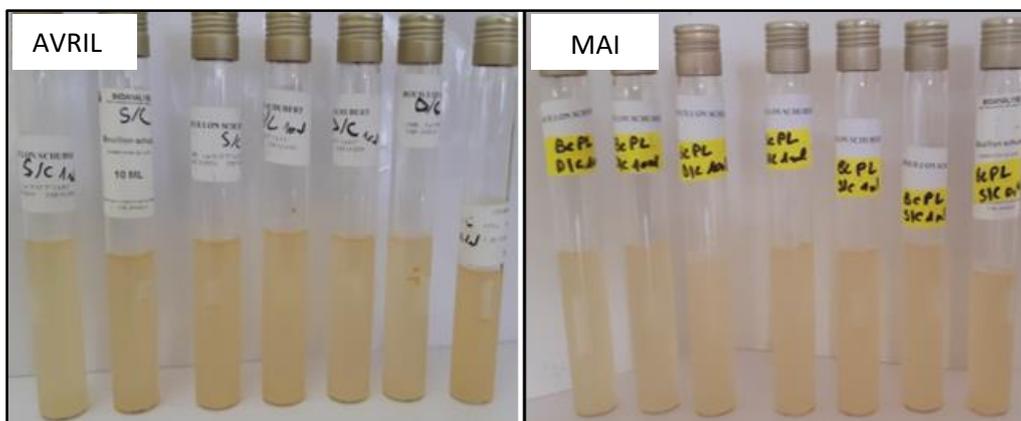


Figure 39: Photo présent le résultat de la recherche des coliformes fécaux au moins d'avril et mai. (Kherchiche M)

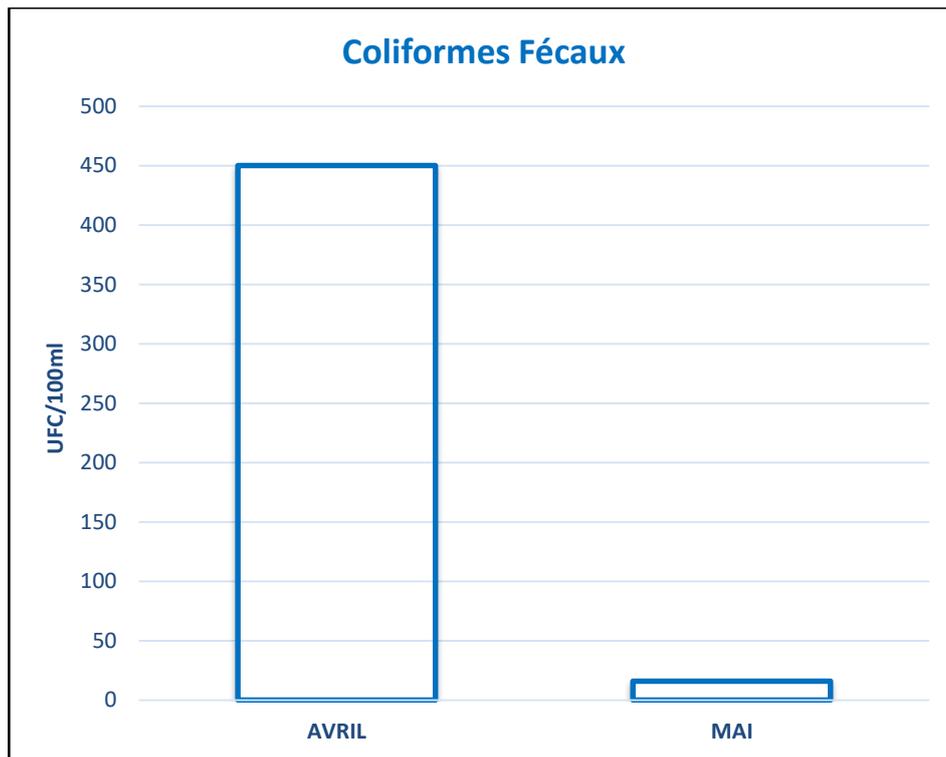


Figure 40: Evaluation du nombre des coliformes fécaux de l'eau d'oued Charef

D'après la figure 40, on remarque que le nombre de coliformes fécaux est diminué de (450UFC/100ml) au mois d'Avril à (16UFC/100ml) au mois de Mai.

La présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matière organique.

E. Coli est la principale bactérie du groupe des coliformes fécaux. L'apparition de cette bactérie dans l'eau indique la présence éventuelle de micro-organismes pathogènes, apporte aussi la preuve d'une pollution fécale récente (figure 41).

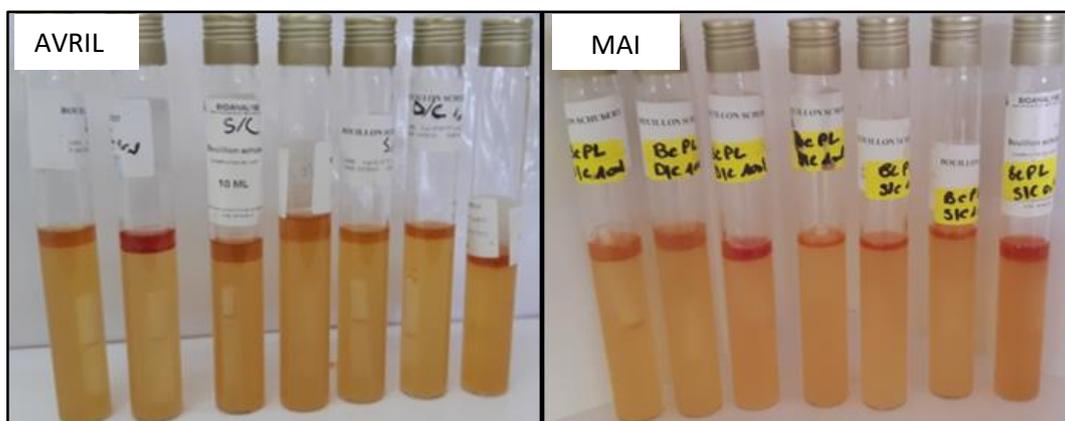


Figure 41: Photo présent le résultat de la recherche de *E. Coli* au moins d'avril et mai (Bouras, 2021).

4.3.4. Streptocoque fécaux

Les résultats de dénombrement des *Streptocoque* fécaux à 37 °C lors des deux prélèvements effectués au niveau de la station sont représentés dans la figure 42 et le tableau 9

Tableau 9: les résultats de dénombrement de Streptocoques fécaux par la méthode de NNP

	Streptocoques fécaux
Avril	75 UFC/100ml
Mai	25 UFC/100ml

La présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale.

Les streptocoques sont susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement. Ils sont typiques des déjections animales. Ils peuvent parfois être présents chez l'homme ou dans les végétaux.

D'après l'histogramme (figure 43) on remarque que la charge bactérienne est diminuée de (75UFC/100ml) au mois d'avril à (25UFC/100ml) de mois de mai.

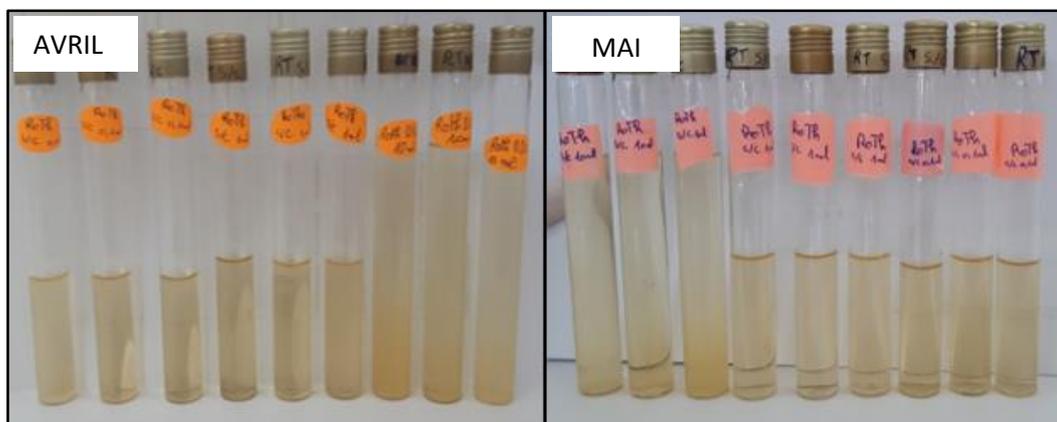


Figure 42: Photo présent le résultat de la recherche des streptocoques fécaux (Bouras, 2021)

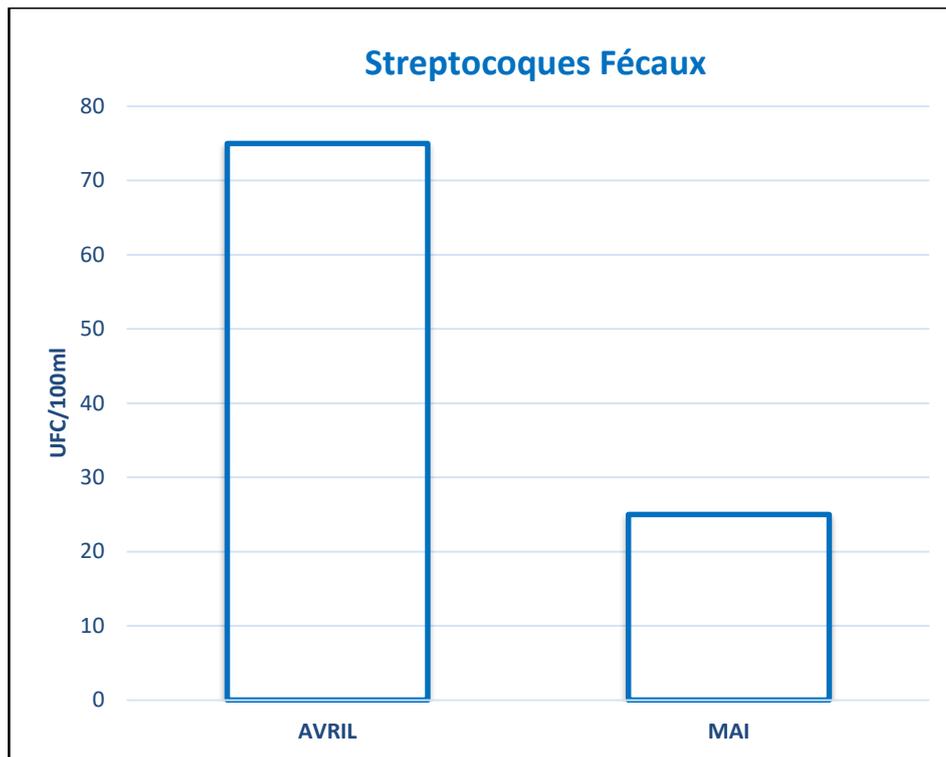


Figure 43: Evaluation du nombre des Streptocoque fécaux de l'eau d'oued Charef

4.3.5. Le rapport coliformes fécaux/ streptocoques fécaux (CF/SF)

Le rapport CF/SF a été utilisé en 1969 par Geldreich et Kenner où un ratio supérieur à 4 ($CF/SF > 4$) indique une origine humaine, tandis qu'une valeur plus petite que 0,7 ($CF/SF < 0,7$) montre une origine animale de la pollution (Geroui, 2015) (tableau 10).

L'analyse du tableau 11 montre que l'échantillon analysé dans le mois d'Avril a un rapport CF/SF supérieure à 4 ce que montre que la source de contamination purement humaine. D'autre part, l'échantillon analysé dans le mois de Mai a un rapport CF/SF inférieur à 0,7. Ceci explique bien que l'origine de la contamination est strictement animale.

Tableau 10: Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF (Borrego et Romero, 1982).

Rapport CF/SF	Source de Contamination
$R < 0.7$	Principalement ou entièrement d'origine animale
$0.7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Source exclusivement humaine

Tableau 11: Le rapport CF/SF d'oued Charef

Rapport CF/SF (Avril)	Rapport CF/SF (Mai)
6	0.64

4.3.6. Clostridium sulfito-réducteurs :

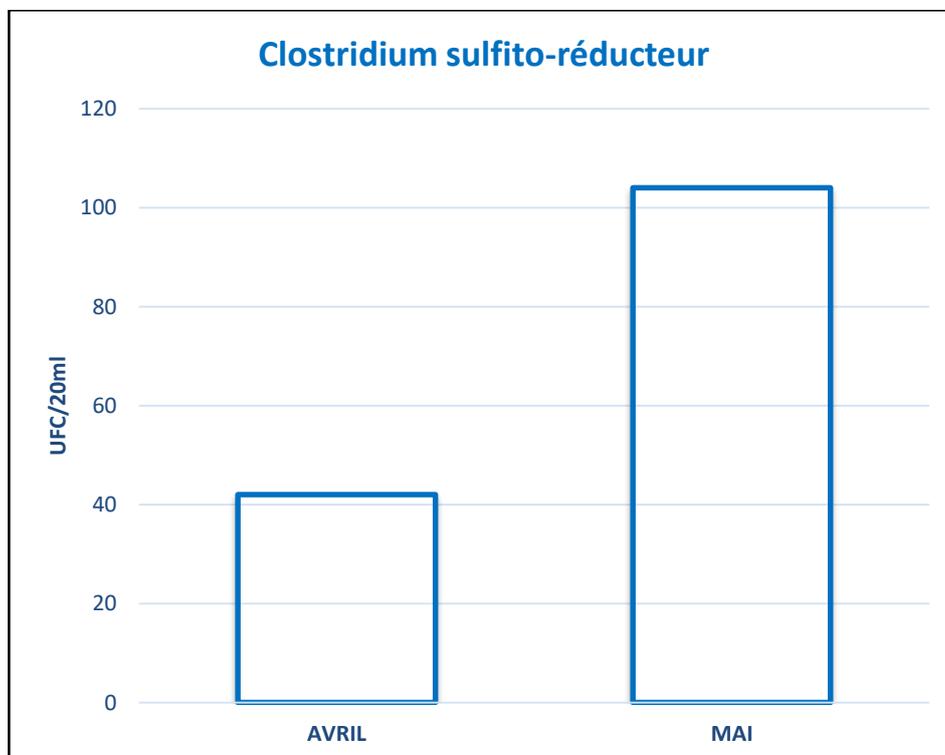
L'histogramme dans la figure 44 représente les variations des nombres de Clostridium sulfito-réducteurs dénombrés à 37 °C lors des deux prélèvements effectués au niveau de la station. Le nombre de Clostridium sulfito-réducteurs a augmenté au mois de mai (104UFC/20ml) par rapport au mois d'avril (42 UFC/20ml) (tableau 12)

La présence des Clostridiums sulfito-réducteurs dans les eaux d'oued charef indique une contamination tellurique dans la station .

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

Tableau 12: Les résultats de dénombrement de Clostridium sulfito-réducteurs par la méthode de NNP

	Clostridium sulfito-réducteurs
Avril	42 UFC/20ml
Mai	104 UFC/20ml

**Figure 44:** Evaluation du nombre des Clostridium sulfito-réducteurs de l'eau d'Oued Charef.

Conclusion

Dans cette étude nous avons essayé d'étudier les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques et d'évaluer la diversité des macroinvertébrés aquatiques d'oued Charef, focalisée également a les facteurs importants qui réagissent la structure et le fonctionnement des différents stations afin de comprendre comment évaluer la qualité de l'écosystème et déterminer l'origine de la pollution biologique.

Les résultats des analyses physico-chimiques présentent une variation des températures normale, un pH neutre, et une conductivité élevée ...etc. C'est-à-dire que les résultats sont saisonniers et dans les normes.

D'autre part, l'étude des macroinvertébrés nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 909 individus appartenant à 7 classes : Poissons, Amphibiens, Insectes, Crustacées, Gastropodes, Oligochètes.

La classe des Insectes représente le groupe dominant avec 93% de l'effectif total représenté par 7 groupes qui sont par ordre croissant d'abondance : Les plécoptères (405), les diptères (209), les éphéméroptères (199), les trichoptères (67), les coléoptères (6), les hémiptères (2), les odonates (1).

La présence des trichoptères, des éphéméroptères et même des plécoptères, reflètent une meilleure qualité des eaux des stations étudiées à cause de la résistance faible de ces invertébrés à la pollution. Aussi la présence des gastéropodes témoignent d'une bonne minéralisation de ces eaux.

L'étude de la richesse taxonomique a révélé que la station 1 est la plus diversifiée avec 10 taxa. Il est possible que cette richesse soit importante si l'échantillonnage avait été plus abondant et plus étalé dans le temps.

Du point bactériologique, les analyses sont basés sur la recherche de la flore aérobie mésophile totale, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réducteurs sur deux mois différentes (avril, mai) dans la station 1.

Les résultats obtenues nous permettent de conclure qu'il y a une présence d'un nombre élevé d'organismes de contamination fécale d'origine animale au mois de mai et de contamination fécale d'origine humaine au mois d'avril qui dépassent largement les normes de potabilité. Cette contamination est causée par les activités humaines dans cette région (agriculture, le pâturage des brebis,..)

Conclusion

Malgré la courte durée de l'étude les résultats confirment qu'il existe une richesse taxonomique très importante des macroinvertébrés au niveau d'oued charef et aussi un nombre important des microorganisme indicatrice de pollution , donc on peut dire que oued Charef est de qualité passable, on peut l'utilisé pour l'arrosage, baignade mais malheureusement non potable.

Références

bibliographique

Référence bibliographique

A

- **ABH** : Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois - Seybouse – Mellegue, 1999. Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).
- **Amirat A, Neciri S. (2017)**. Etude de la qualité bactériologique de l'eau de citerne vendue dans la ville d'Ouargla, Mémoire de master Académique ; Université KASDI MERBAH, OUARGLA. Page 17.

B

- **Belabed B. E., Athamnia M., Touati L., Samraoui F., Bouchecker A., et Samraouin B. (2019)**. The earlybird catches the worm:age-specificarrival time influences reproductive performance in the White StorkCiconiaciconia. *BirdStudy*, 66(1), 121-129.
- **Bengarnia B.(2016)**. Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de consommation de la région d'oued Es-Saoura cas de Béni-Abbés, Ougarta et Zeghmara; THÈSE de Doctorat ; université d'Oran ; page 45-46
- **Bensakhri Z. (2015)**, Contribution à l'étude des Chironomidae (Insecta : Diptera) des eaux courantes du Nord-est Algérien : Cas d'oued Charef et leur impact sur la santé, Thèse de Doctorat 3ème cycle en Sciences biologiques Université 8 Mai 1945-Guelma pages 38, 40, 44,47,59,60.
- **Borrego J. (1982)**. Estudio de los bacteriofagos d'Escherichia coli en agua de mar. Thèse Doctorat. Université de Malaga.
- **Bouhala Z, Hadjoudj S. (2009)**. Contribution à l'étude typologique des mares temporaires De la Numidie oriental (Cycle6 : 2006-2007). Mémoire d'ingénieur. Université 08 Mai 1945 Guelma.
- **Bouhala Z. (2012)**. Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Charfe (Oued Seybouse)Mémoire de Magister, Université 08 Mai 1945 De Guelma, pages 9,10.
- **Brahmia N. (2016)**. Evaluation et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de la moyenne seybouse. Thèse présenté en vue de l'obtention du diplôme de docteur en sciences d'université Badji mokhtar Annaba page 5.
- **Brisou M-J. (1976)**. An environmental sanitation plan for the Mediterranean seaboard; pollution and human health. World Health Organization, Geneva.

C

- **Campbell N. & Reece J. (2007)**. Biologie 7eme édition. PE arson edition, Feance. 1334p

- **Cardot C. (2010).** Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses. Page 09
- **Carip C., Salavert, M,H et Tandeau A.(2015).** Microbiologie Hygiène et droit alimentaires 2^{ème} édition, page 24.
- **CCME. Le Conseil Canadien des Ministres de l'environnement.(2011).** Manuel Des Protocoles D'Échantillonnage Pour L'analyse De La Qualité De L'eau Au Canada, PN 1462 ISBN 978-1-896997-79-7 PDF. Page 50
- **Chaib N.(2002).** Contribution à l'étude écologique et hydrochimique de quelques hydrosystèmes de la Numidie (Région d'El Kala et de Guerbès-Sanhadja). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.

D

- **Dajoz R.(1985).** Précis d'écologie. 5ème édition. Dunod, Paris. 517 p.
- **Dajoz R. (2003).** Précis d'écologie. Cours et exercices résolus. Dunod, Paris.
- **Dommergues Y, Mangenot F. (1970).** Ecologie microbienne du sol. Edition Masson.783p.

F

- **FNS. Fondation nationale de la sante. (2013).** Manuel pratique d'analyse de l'eau 4ème édition, Brasilia, pages 10-11-12.

G

- **Grassé P.P., Poisson R.A., Tuzet O. (1970),** Zoologie I, Invertébrés, Précis de Sciences Biologiques, ed. Masson et Cie, Paris, 935p.25.
- **Guiraud J,Galzy P. (1980).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition l'usine nouvelle.

H

- **Halimi S.(2008).** Ressources et essai et gestion intégrée des eaux du bassin versant d'Oued Charef/Sedrata (Nord-est algérien). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 125 p.
- **Hounsou M., Agbossou E., Ahamide B., & Akponikpe I. (2010).** Qualité bactériologique de l'eau du bassin de l'Ouémé: cas des coliformes totaux et fécaux dans les retenues d'eau de l'Okpara, de Djougou et de Savalou au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 4(2). page 378

J

- **Jean Y, Yufeng J . (2010) .**Bactériologie des eaux de la rivière RWASAVE: Cas des sites utilisés comme eau potable. Pages 15-20
- **Jurd D , Richard. (2000).** L'essentiel en biologie animal. Port royale livres. Paris.

K

- **Kassas M. (1953) .**la végétation et la régénération du sol dans les oueds désertiques.

L

- **Leclerc H.et Mossel D. (1989).** Microbiologie " le tube digestif, l'eau et les aliments". Edition DOIN.
- **Louamri A. (2013).** Le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale): Hydrologie et aménagement des eaux. Thèse de Doctorat. Université de Constantine. 300 p.

M

- **Maissait J. (2006),** Biologie animale invertébrés .
- **Martin G. (1985).** Bacteriologie des milieux aquatiques, Tec & Doc. France 354p.
- **Mathieu R.(1995).** Biologie campbell. PERSON Québec. Canada.
- **Metcalf E. (1991).** Wasterwater engineering: Treatment, disposa land reuse. Edition Mc Graw-Hill.
- **Mitchell R., Yankofsky S., et Jannasch W. (1975).** Factors influencing the survival of enteric microorganisms in the sea. Edition PergmanPress. 290p.
- **Moisan J., et Pelletier, L. (2011).** Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec: cours d'eau peu profonds à substrat meuble. Plan Saint-Laurent pour un développement durable.page 33
- **Moisan J. (2010).** Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 –Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p. (incluant 1 ann.)
- **Moisan J., Pelletier L., Gagnon E., Piedboeuf N., et La Violette N. (2013).** Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Editions. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (Canada), 01-46. Pages 11-12-13.

- **Mouaz N. et Benchikh Kh. (2017).** Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff. Page 02

O

- **Ouahchia C., Hamaidi-Chergui F., Hamaidi M. S., et Saidi, F. (2015).** Qualité Bactériologique De L'eau Potable Des Différents Réservoirs Et Chez Les Consommateurs De La Commune De Tipaza Alimentés Par La Station De Sidi Amar A Partir De L'eau De Surface Du Lac-Barrage De Boukourdane. Larhyss Journal P-Issn 1112-3680/E-Issn 2521-9782, (23), 139-154.

R

- **Rahal Y S, Djamali N H. (2019).** Les macroinvertébrés benthiques de quelques ruisseaux du parc National d'El Kala: structure, diversité et qualité biologique de l'eau. page 5, 6
- **Ramade F. (1984).** Élément d'écologie. Écologie fondamentale. Graw, Paris.
- **Reggam A. (2015).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse (Doctoral dissertation). Université 8 Mai 1945 Guelma page 47-48.
- **Rodier J., Bazin C., Chanbon P., Broutin JP., Champsaur H I., Rodi. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8^{ème} ed. Dunod, Paris : page 1383.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J P., Champasaur J ., et Rodi.L, (2005).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles. Eaux résiduaires .Eaux de mer .8^{ème}ED .DUNOD.Paris.page 1383.

S

- **Saab H., Nassif N., El Samrani, A., Daoud R., Medawar S., et Ouaini N. (2007).** Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban). Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science, 20(4), 341-352., page 342
- **Saadi M, Lahmar F. (2018).** Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Guelma (n-est algérie). Mémoire de master université Badji mokhtar Annaba page 33.

T

- **Tachet H., Richoux P., Bournaud M., et Usseglio-Polatera P. (2010).** Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie (Vol. 15). Paris : CNRS éditions.
- **Touati L. (2008).** Distribution spatio-temporelle des Genres Daphnia et Simocephalus dans les mares temporaires de la Numidie. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

Z

- **Zeghaba N. Laraba A. (2018).** The Principal Components Analysis (PCA) to evaluate the quality of water of the Bouhamdane river, Guelma (north-east Algerian). Journal of Fundamental and Applied Sciences, 10(2). Page 384.

➤ Sites Web :

- [1]<http://mdm.sandre.eaufrance.fr/id/parametre/5479/html#:~:text=Les%20streptocoques%20fécaux%20sont%20des,bon%20indice%20de%20contamination%20fécale.&text=Par%20mi%20les%20streptocoques%20fécaux%2C%20les,meilleurs%20indicateurs%20de%20c%20ontamination%20fécale>. Consulté le 10/06/2021
- [2] <https://d-maps.com> Consulté le 22/06/2021
- [3]<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2020/guelma/phenomenes/60403.html> consulté le 22/05/2021
- [4]<https://www.wofrance.fr/weather/maps/city> consulté le 01/06/2021
- [5] <https://www.google.com/intl/fr/earth/> consulté le 22/05/2021
- [6]http://siaep.faye.free.fr/qualite_de_leau/normes_de_leau/normes_de_leau.html consulté le 14/06/2021

Résumé

Résumé

Oued Charef est l'un des cours d'eau importants, sa confluence avec oued Bouhamdane donne la naissance d'oued Seybouse l'un des cours d'eau les plus importants dans l'Est d'Algérie. Son réseau hydrographique est actuellement menacé par les activités humaines (utilisation d'eau pour les besoins agricoles). L'eau de cet hydrosystème est cependant utilisée dans l'irrigation des champs avoisinant le lit de l'oued. Nous proposons dans cette étude d'évaluer la qualité biologique d'Oued charef. Le suivi a été réalisé sur les trois points de prélèvement. Notre étude est basée sur six facteurs abiotiques très importants (Conductivité, température, pH, vitesse, O₂ dissous et la salinité). sous l'impact des paramètres abiotique, une étude faunistique des macroinvertébrés a été entamée au mois de mars et avril, ainsi que les paramètres microbiologiques (Germes totaux, CT, CF, SF, ASR) que sont des indices de contamination fécale.

Les résultats d'analyse physicochimique nous montrent d'une manière générale que le ph et la conductivité électrique sont élevés dans la station 3 par rapport aux autres stations, alors que les autres paramètres sont dans les normes saisonnières. Au cours de notre étude, 13 taxons ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées, la richesse spécifique la plus élevée c'est à oued Charef S1 par 10 taxa.

De point de vue microbiologique, l'eau affiche une pollution bactériologique exprimée par de fortes concentrations en flore mésophile aérobie totale, une contamination fécale (taux de CT, CF et SF et ASR) est très élevée, cette pollution fécale est montrée que la qualité de cette eau est passable, absolument elle ne peut pas être consommée comme une eau potable, mais peut être utilisée pour l'irrigation des cultures.

Mots clés : Oued Charef, écosystème lotique, macroinvertibrés benthique, qualité microbiologique.

Abstract

Oued Charef is one of the important rivers, its confluence with Oued Bouhamdane gives birth to Oued Seybouse one of the most important rivers in eastern Algeria. Its hydrographic network is currently threatened by human activities (use of water for agricultural needs). The water from this hydrosystem is, however, used to irrigate the fields near the bed of the oued. In this study, we propose to evaluate the biological quality of Oued charef. Monitoring was carried out at the three sampling points. Our study is based on six very important abiotic factors (Conductivity, temperature, pH, speed, O₂ dissolved and salinity) under the impact of abiotic parameters, a faunistic study of macroinvertebrates was started in March and April, as well as the microbiological parameters (total germs, CT, CF, SF. ASR) which are indices of faecal contamination.

The results of physicochemical analysis show us in general that the ph and electrical conductivity are high in station 3 compared to other stations, while the other parameters are within the seasonal norms. During our study, 13 taxa were collected in all the stations explored, the highest specific richness is at oued Charef S1 by 10 taxa.

From a microbiological point of view, the water displays bacteriological pollution expressed by high concentrations of total aerobic mesophilic flora, faecal contamination (rate of CT, CF and SF and ASR) is very high, this faecal pollution is shown to be of low quality. of this water is passable, absolutely it cannot be consumed as drinking water, but can be used for irrigating crops.

Key words: Oued Charef, lotic ecosystem, benthic macroinvertebrates, microbiological quality.

ملخص

يعد واد الشارف من أهم الأنهار، فالتقاءه بوادي بوحمدان يشكل وادي سييوس أحد أهم الأنهار في شرق الجزائر. إن شبكته الهيدروغرافية مهددة حاليًا بالأنشطة البشرية (استخدام المياه للاحتياجات الزراعية). ومع ذلك، يتم استخدام المياه من هذا النظام المائي لري الحقول القريبة من قاع الوادي. في هذه الدراسة، نقترح تقييم الجودة البيولوجية لوادي الشارف. تم إجراء الدراسة في نقاط أخذ العينات الثلاث. تعتمد دراستنا على ستة عوامل غير حيوية مهمة جدًا (الناقلية، ودرجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والسرعة، والاكسجين المذاب والملوحة). تحت تأثير العوامل اللاحيوية، بدأت الدراسة الحيوانية للافقاريات الكبيرة في مارس وأبريل، بالإضافة إلى الدراسة الميكروبيولوجية (مجموع الجراثيم، مجموع القولونيات، القولونيات البرازية، العقدية البرازية، المطثية الكبريتية)، وهي مؤشرات على التلوث البرازي.

تظهر لنا نتائج التحليل الفيزيائي الكيميائي بشكل عام أن درجة الحموضة والناقلية الكهربائية مرتفعان في المحطة 3 مقارنة بالمحطات الأخرى، بينما تكون العوامل اللاحيوية الأخرى ضمن المعايير الموسمية. خلال دراستنا، تم جمع 13 تصنيفًا من اللافقاريات في جميع المحطات التي تم استكشافها، وكانت أعلى ثراء في المحطة الأولى ب 10 تصنيف من وجهة النظر الميكروبيولوجية، يُظهر الماء تلوّنًا جرثوميًا معبرًا عن تركيزات عالية من إجمالي الجراثيم الهوائي المتوسطة، والتلوث البرازي (مجموع القولونيات، القولونيات البرازية، العقدية البرازية، المطثية الكبريتية) بمعدل مرتفع جدًا، هذا التلوث البرازي يثبت ان هذه المياه منخفضة الجودة، لا يمكن استهلاكها على الإطلاق كمياه للشرب، ولكن يمكن استخدامها لري المحاصيل.

الكلمات المفتاحية: واد الشارف، النظام البيئي اللوتيكي، الألياف القاعية الكبيرة، الجودة الميكروبيولوجية

Annexes

Tableau 1: les paramètres physico-chimiques d'oued Charef

	Sortie 1			Sortie 2		
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 1	Station 2	Station 3
ph	8.26	9	9.28	10.50	10.52	11.19
T (°c)	12.2	14.1	13.7	22	19	17.7
O₂ (mg/L)	0.02	0.25	0.22	8.30	9.90	7.97
sal	0.9	1	1	0.6	0.7	0.7
TDS	1926	1943	5	1380	1422	1479
Cond (µ/s)	1929	1965	2006	1374	1370	1478
v (m/s)	0.27	0.41	0.31	0.45	0.41	0.31

La table de Mac-Grady :

Tableau 2 : Table de NPP (Rodier, 2009)

Nombre caractéristique			Nombre de cellules
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0.1 ml	NPP dans 100 ml
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	2	30
2	2	0	20
2	2	1	30
2	2	2	35
2	2	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
2	3	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	0	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	1	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	2	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400