



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

Département de biologie

Mémoire

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences de la nature et de la vie
Option : Ecologie animale*

Thème

*Contribution à l'étude biologique, physicochimique et
bactériologique du réseau hydrographique de Larbâa
des Ouacifs (Tizi-Ouzou, Algérie)*

Réalisé par :

KEDDAM Elyas

IZRI Zineddine Aghilas

Devant le jury d'examen composé de :

Président : Mme LANDRI G., Maitre-assistant 'A' à l'UMMTO

Promotrice : Mme HAOUCHINE S., Maitre-assistant 'A' à l'UMMTO

Examinatrice : Mme LOUNACI D., Maitre-assistant 'A' à l'UMMTO

2018-2019

Remerciement

Nos profonds et sincères remerciements s'adressent à notre promotrice Madame **HAOUCHINE S.**, Maitre-assistant à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'UMMTO pour nous avoir encadrés ainsi que pour son aide, ses encouragements.

Nos sincères remerciements à Monsieur **LOUNACI A.**, professeur à l'université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou de nous avoir accueillis dans son laboratoire.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Madame **CHIKHI A.**, responsable du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de TAKSEBT pour son accueil, serviabilité et ses encouragements.

Nos vifs remerciements à Monsieur **HADDADI N.**, ingénieur au laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de TAKSEBT qui nous a dirigé tout au long de notre stage pratique, son soutien et surtout pour sa disponibilité.

Nos profonds et sincères remerciements s'adressent à monsieur **LAMINE S.**, doctorant à l'université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou pour sa disponibilité et son aide durant toute la période de notre travail.

Nos profonds et sincères remerciements s'adressent à monsieur **BAIKECHE L.**, doctorant à l'université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou pour sa disponibilité et son aide durant toute la période de notre travail.

Nos profonds et sincères remerciements s'adressent à monsieur **BECHIRI N.**, à ingénieur en informatique pour sa disponibilité et son aide durant toute la période de notre travail.

Nos profonds et sincères remerciements s'adressent à madame **KECHMIR L.**, doctorante à l'université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou pour sa disponibilité et son aide.

Toute notre gratitude s'exprime aux membres du jury :

Madame **LOUNACI D.**, Maitre-Assistant à la faculté des sciences biologiques et de sciences agronomiques à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Madame **LANDRI G.**, Maitre-Assistant à la faculté des sciences biologiques et de sciences agronomiques à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Merci à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

DEDICACE

JE Dédie ce modeste travail :
A l'âme de mon père
A ma chère mère
A mes frères et sœurs
A tous ceux qui me sont chers

Elyas



Dieu merci

DEDICACE

***Je* Dédié ce modeste travail :**

***A* mon cher père**

***A* ma chère mère**

***A* mes frères et sœurs**

***A* tous ceux qui me sont chers**

ZINOÛ



Dieu merci

Sommaire

| | |
|--------------------|---|
| Introduction | 1 |
|--------------------|---|

Chapitre I

| | |
|--|----|
| I. Caractéristiques générales de la région d'étude | 2 |
| 1. Situation géographique | 2 |
| 2. Géologie de la région d'étude | 2 |
| 3. Climatologie | 4 |
| 3.1. Pluviométrie | 4 |
| 3.2. Température | 5 |
| 4. Couvert végétal | 9 |
| 5. Impact humain | 9 |
| II. Description des stations d'étude | 12 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| I. Matériels et méthodes | 16 |
| 1. Matériels et méthodes de l'étude biologique | 16 |
| 1.1. Conservation et transfert des échantillons | 17 |
| 1.2. Tri et détermination | 17 |
| 2. Matériels et méthodes de l'étude physicochimique | 17 |
| 2.1. Echantillonnage | 17 |
| 2.2. Analyse des paramètres physicochimiques | 18 |
| 2.3. Matériels utilisés | 18 |
| 2.4. Paramètres organoleptiques | 18 |
| 2.5. Paramètres physicochimiques | 19 |
| La température | 19 |
| Le pH | 19 |
| La turbidité | 19 |
| La conductivité | 19 |

| | |
|--|----|
| La matière en suspension | 19 |
| L'oxygène dissous..... | 20 |
| 2.6. Parametres de pollution | 20 |
| L'ammonium..... | 20 |
| Les nitrites | 20 |
| Les nitrates | 20 |
| Les phosphates | 21 |
| La matière organique..... | 21 |
| 3. Matériels et méthode de l'étude bactériologique | 21 |
| 3.1. Echantillonnage..... | 21 |
| 3.2. Recherche et dénombrement des bactéries..... | 22 |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| I. Résultats des analyses de l'étude biologique | 23 |
| 1. L'analyse générale de la faune benthique | 23 |
| 2. La richesse taxonomique..... | 26 |
| 3. Abondance relative des groupes faunistiques | 27 |
| 4. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique..... | 28 |
| 4.1. Les Ephemeropteres | 28 |
| 4.2. Les Dipteres..... | 29 |
| 4.3. Les Trichopteres | 31 |
| 4.4. Les Coléopteres | 33 |
| 4.5. Les Plécopteres..... | 35 |
| 4.6. Autres groupes zoologiques | 37 |
| 5. Evaluation de la qualité de l'eau | 38 |
| 5.1 Méthodes indicielles macroinvertébrés..... | 38 |
| 5.2 Indice biologique global normalisée (IBGN) | 39 |
| 5.3 Limites d'IBGN..... | 39 |
| 5.4 Répertoire des organismes retenues | 40 |
| 5.5 Calcul de l'IBGN | 40 |

| | |
|--|----|
| 5.6. Analyse de la qualité d'eau des station étudiées | 41 |
| II. Résultats des analyses physicochimiques | 45 |
| 1. Discussion des analyses physicochimiques..... | 45 |
| 2. Résultats et discussion des paramètres relatifs à la pollution..... | 46 |
| 3. Evaluation de l'indice de pollution organique | 47 |
| III. Résultats et interprétation des paramètres bactériologiques | 49 |
| 1. Les Coliformes Totaux | 49 |
| 2. Escherichia coli | 50 |
| 3. Les Streptocoques | 50 |
| | |
| Conclusion..... | 52 |
| | |
| Annexes | |
| | |
| Références bibliographiques | |

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude | 2 |
| Figure 2 : Précipitation moyennes mensuelles à certaines localités de la région d'étude entre (2007-2017)..... | 5 |
| Figure 3 : Températures mensuelles (Moyennes, maximales et minimales) enregistrées à Tizi-Ouzou (2000-2018)..... | 7 |
| Figure 4 : Localisation des stations d'étude | 12 |
| Figure 5 : Abondance relative des groupes faunistiques dans les stations d'étude | 27 |
| Figure 6 : Répartition des Ephemeropteres dans les stations étudiées | 28 |
| Figure 7 : Répartition des Dipteres récoltés | 30 |
| Figure 8 : Répartition des Dipteres au niveau des stations étude..... | 30 |
| Figure 9 : Répartition des familles des Trichopteres..... | 31 |
| Figure 10 : Répartition des Trichopteres au niveau des stations d'étudiées | 32 |
| Figure 11 : Répartition des familles des Coléopteres..... | 33 |
| Figure 12 : Répartition des Coléopteres au niveau des station étudiées | 34 |
| Figure 13 : Répartition des familles des Plécopteres | 35 |
| Figure 14 : Répartition des plécopteres au niveau des stations d'étude..... | 36 |
| Figure 15 : Analyse hydrobiologique des stations d'étude | 42 |
| Figure 16 : Carte de la qualité hydrobiologique des stations d'étude | 44 |
| Figure 17 : Evaluation de l'indice de pollution organique dans les stations d'étudiées..... | 48 |
| Figure 18 : Analyse bactériologique des stations d'étude..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Précipitations mensuelles moyennes à certaines localités de la région d'étude pour la période (2007_2017 ; source ANRH de Tizi-Ouzou) | 4 |
| Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles de l'air en °C enregistrées à Tizi-Ouzou (2000-2018 ; source ONM de Tizi-Ouzou) | 6 |
| Tableau 3 : Températures ponctuelles de l'eau des stations d'étude | 8 |
| Tableau 4 : Nombre de familles par groupes zoologiques | 23 |
| Tableau 5 : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude..... | 24 |
| Tableau 6 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (Norme AFNOR T90-350 ; 1992)..... | 40 |
| Tableau 7 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées..... | 41 |
| Tableau 8 : Résultats de l'analyse physicochimique de six échantillons (Paramètres de table)..... | 45 |
| Tableau 9 : Résultats de l'analyse physicochimique de six échantillons (paramètre de pollution) | 46 |
| Tableau 10 : Résultats des paramètres de pollution utilisés pour calculer l'indice de pollution organique | 47 |
| Tableau 11 : Evaluation de l'indice de pollution organique dans les stations étudiées | 47 |
| Tableau 12 : Résultats de l'analyse bactériologique des stations étudiées | 49 |

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Lavage des véhicules à Taksebt (KEDDAM & IZRI 2019)..... | 10 |
| Photo 2 : Extraction de sable à Taksebt (KEDDAM & IZRI 2019) | 11 |
| Photo 3 : Pâturage à Ouacif (KEDDAM & IZRI 2019)..... | 11 |
| Photo 4 : Station A1 (Thâansrine Ath-Agad) | 13 |
| Photo 5 : Station A2 (Ath-Ouacif centre-ville) | 13 |
| Photo 6 : Station A3 (Sortie d’Ath-Ouacif)..... | 14 |
| Photo 7 : Station A4 (Zawiya Hadj Belkacem)..... | 14 |
| Photo 8 : Station A5 (Thakhouktheth)..... | 15 |
| Photo 9 : Station A6 (Sortie de Thakhoukhth) | 15 |

Ab : Abondance.

Abr : Abondance relative.

A1 : Thâansrine (Ath-Agad)

A2 : Ath-Ouacif (centre-ville)

A3 : Sortie d'Ath Ouacif

A4 : Zawiya Hadj Belkacem

A5 : Thakhoukhth

A6 : Sortie de Thakhoukhth

AFNOR : Association Française De Normalisation, 1992.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

C° : Degrée Celsius.

CT : Coliformes Totaux

E. Coli : *Escherichia coli*

H⁺ : Hydrogène.

IB : Indice biologique.

IBG : Indice biologique global.

IBGN : Indice biologique global normalisé.

IPO : Indice de pollution organique.

MES : Matières en suspension.

NTU : Unité Néphélométrie de Turbidité.

Oc : Occurrence.

Ocr : Occurrence relative.

ONM : Office national de météorologie

PH : Potentiel d'hydrogène

SEAAI : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger

T° : Température.

UFC : Unité format colonies

Souvent-dix % de la surface de notre planète est occupée par une ressource fondamentale à la vie qu'est l'eau, sans cette matière noble la vie n'existera jamais.

Depuis plusieurs années la problématique de l'eau se résume dans sa quantité en absence des ressources et sa qualité altérée par les différentes sources de pollution.

Les cours d'eau sont des écosystèmes complexes. Ils jouent un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité et dans le fonctionnement des organismes (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils abritent différentes communautés vivantes qui dépendent de cette ressource afin de l'utiliser pour assurer leurs activités quotidiennes : nourriture, reproduction, déplacement...etc.

L'impact humain est la raison principale de la dégradation et la pollution des cours d'eau. Cette altération se traduit généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques du milieu récepteur, et aussi la perte de la biodiversité.

Dans notre pays, ces écosystèmes lotiques sont devenus des milieux récepteurs des rejets urbains, industriels et agricoles. Ils transportent ces différents rejets et leur capacité d'épuration n'est plus suffisante pour régler cette pollution.

Malheureusement les réseaux hydrographiques de la Kabylie se trouvent aussi face à un danger avéré dû à divers agressions d'origine anthropique. Les unités industrielles d'une part, et l'extension des zones urbaines d'autre part, sont les principaux polluants des milieux aquatiques continentaux qui déversent inévitablement leurs eaux usées épurées ou non dans les cours d'eau.

Dans cette région, depuis des années plusieurs travaux ont été réalisés afin d'étudier les cours d'eau selon différents types et voies d'études existantes (LOUNACI (1987), AIT-MOULOUD (1988), LOUNACI - DAOUDI (1996), HAOUCHINE (2011) ...etc.

Ce présent travail est un apport de plus pour l'étude des cours d'eau de la Kabylie et précisément la région de Larbâa des Ouacif. Il se veut une contribution à l'étude de la qualité de quelques cours d'eau de cette région par trois méthodes : biologique, physicochimique et bactériologique.

Cette étude est structurée comme ceci :

- Le chapitre I : Porte sur les caractéristiques générales de la zone d'étude (géographie, climatologie et perturbations ...).
- Le chapitre II : Concerne la partie expérimentale ; qui traite la description des stations étudiées, l'échantillonnage, les démarches suivies afin d'analyser la qualité des différents échantillons prélevés et les différentes méthodes utilisées (biologique, physicochimique et bactériologique).
- Le chapitre III : Représente la majeure partie de ce travail, est consacré à la discussion et l'interprétation des différents résultats obtenus.

I. Caractéristiques générales de la région d'étude

1. Situation géographique

La Wilaya de Tizi-Ouzou présente un relief montagneux fortement accidenté qui s'étale sur une superficie de 2 994 km². Elle comprend une chaîne côtière composée des Daïras de Tizirt, Azzeffoun, un massif central situé entre l'Oued Sebaou et la dépression de Drâa El Mizan et Ouadhias (ANIREF).

Elle se situe dans la partie Nord centre de l'Algérie. Schématiquement, cette région est constituée d'une succession de chaînes de montagnes toutes d'orientation générale Est-Ouest.

La wilaya de Tizi-Ouzou est délimitée par (Figure 1) :

La mer méditerranée au Nord.

La Wilaya de Bouira au Sud (chaîne de Djurdjura).

La Wilaya de Boumerdes à l'Ouest.

La Wilaya de Bejaia à l'Est.

En dépit de la difficulté d'étudier la qualité des eaux de tous les cours d'eau de la wilaya de Tizi-Ouzou vu sa vastitude et sa large superficie, on a opté uniquement pour la région d'Ath-Ouacif qui se situe où Sud de la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est délimitée par : Beni-Yenni au Nord, wilaya de Bouira au Sud, Ouadhias à l'Ouest et par Yatafen à l'Est (Figure 1)

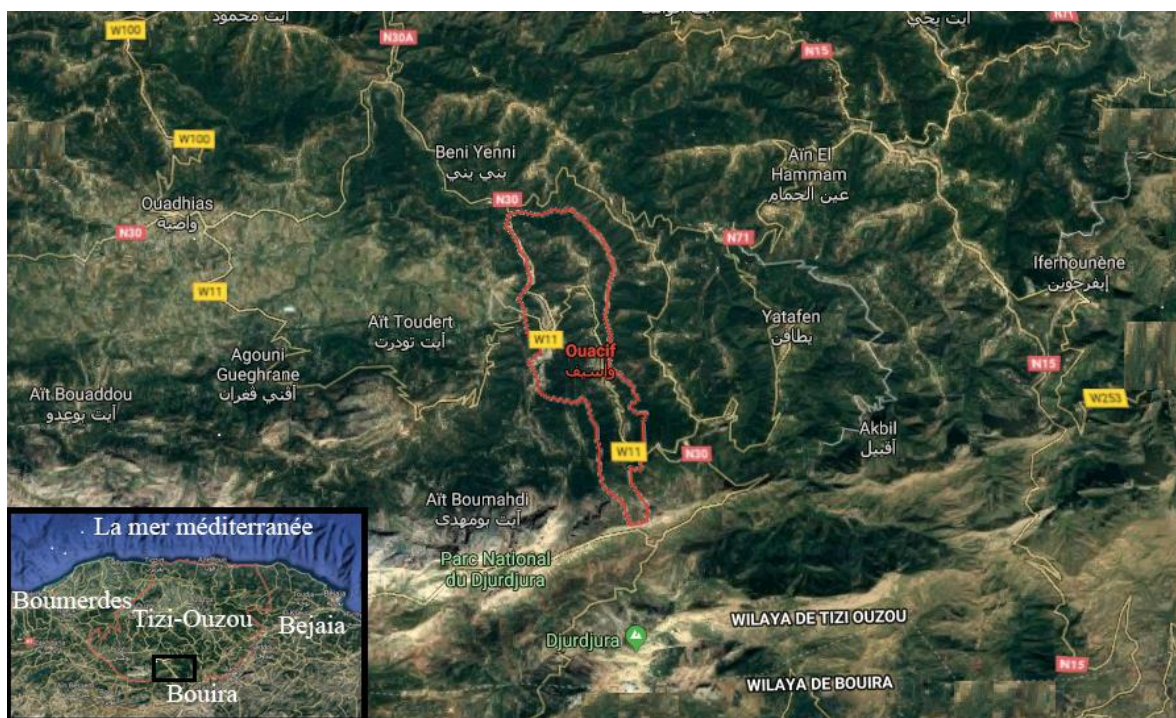


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude

2. Géologie

Le massif montagneux de la région d'étude constitue l'élément principal d'une grande unité structurale dite chaîne calcaire kabyle. Il est composé de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés dont l'âge et la nature sont complexes (ANDI).

Son altitude souvent supérieure à 2000 m. Ras-Timedouine est Le point le plus élevé de la wilaya de Tizi-Ouzou avec une altitude de 2305 m. Le point culminant de cette chaîne, est à 2308 m d'altitude, il se situe au niveau de Djebel Tamgout Lala Khedidja, dans la wilaya de Bouira.

La wilaya de Tizi-Ouzou présente trois zones de relief : (ANDI)

La chaîne côtière : Elle comprend en gros le territoire situé de la rive droite de Sebaou jusqu'à la mer, soit la totalité des communes relevant des dairates de Tigzirt, Makouda, Ouaguenoun, Azeffoun, et Azazga, ainsi que la commune de Sidi-Näamane rattachée à la daïra de Drâa-Ben-Khedda (21 communes au total).

Le Massif central : Délimité à l'ouest et situé entre l'oued Sebaou et la dépression de Draa El-Mizan, Ouadhias. Il a des limites moins nettes à l'Est où il bute contre le Djurdjura.

Ce massif comprend presque la totalité des dairates de Drâa-Ben-Khedda, Larbâa-Nath-Irathen, et une partie des daïras de Draa-El-Mizan, Boghni et Aïn-El Hammam. Il est ancien et se distingue par des formes tantôt larges et arrondies du fait de l'érosion et tantôt étroites et aiguës. Ces altitudes se situent en général entre 800 et 1000 m. De nombreux oueds provenant du Djurdjura (Oued-Aissi, Ksari, Rabta) ont entaillé le massif et les pentes sont presque toujours élevées (supérieures à 12%).

Le Djurdjura : Souvent synonyme de Kabylie et n'occupant en fait qu'une partie restreinte de la wilaya, dans sa partie méridionale. Une quinzaine de communes se trouvent en partie ou en totalité sur les contreforts de la chaîne, toutes comprises dans les dairates d'Aïn El Hammam, BéniYenni, Ouacifs, Boghni et Ouadhias. La chaîne se déploie d'Ouest en Est dans la partie Sud de la wilaya en une véritable barrière d'altitude souvent supérieure à 2000

3. Climatologie

Le climat est un ensemble fluctuant de phénomènes météorologiques qui caractérise principalement l'atmosphère d'un lieu donné et dont l'action complexe influence le comportement des êtres vivants (DOUCET, 1997).

Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen. En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver entre décembre pour les hautes altitudes (600 m et +), et février pour les basses altitudes. En été, la chaleur peut être suffocante car l'air marin se heurte au relief montagneux qui l'empêche d'atteindre la ville.

Quelques hivers à Tizi-Ouzou sont marqués par des records de chaleur : en 2012 par exemple, les températures ont dépassé les 17 °C (ONM).

La température et la pluviosité sont les deux éléments principaux du climat (DAJOZ, 2006).

3.1. La pluviométrie

On désigne sous le terme général de pluviométrie la quantité totale des précipitations (pluie, grêle, neige) reçue par unité de surface et unité de temps (RAMADE, 2009).

La répartition des pluies en Algérie subit diverses influences dont celle de l'altitude, des conditions topographiques, de la longitude, de la latitude et enfin l'éloignement à la mer (QUEZEL, 1975 in HAOUCHINE, 2011).

Les pluies sont plus importantes dans les régions à grande altitude et dans le versant exposé aux vents humides, elles diminuent en rapprochant de sud.

En Kabylie les précipitations sont souvent fortes, elles tombent sous forme de neige en régions de haute altitude, de grêles et de pluie en régions de moyenne et faible altitude.

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Beni-Yenni et Tizi-Ouzou) sont portées sur le tableau 1. Elles nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou. Elles sont choisies ici pour leur localisation dans la zone d'étude ou sa proche périphérie.

Tableau 1 : Précipitations mensuelles moyennes à certaines localités de la région d'étude (Beni-Yenni, Tizi-Ouzou) pour la période 2007-2017 (Source ANRH de Tizi-Ouzou).

| Station | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juil | Aou | Total |
|-------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| Beni-yenni | 39.1 | 76 | 129 | 118 | 141 | 137 | 129 | 87 | 73 | 27.2 | 1.84 | 6.62 | 965 |
| Tizi-Ouzou | 39 | 75 | 136 | 120 | 135 | 126 | 116 | 76 | 65 | 18.3 | 2.1 | 4.8 | 913 |

L'utilisation des données de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou période (2007-2017) nous a permis de tracer la courbe suivante (Figure 2) :

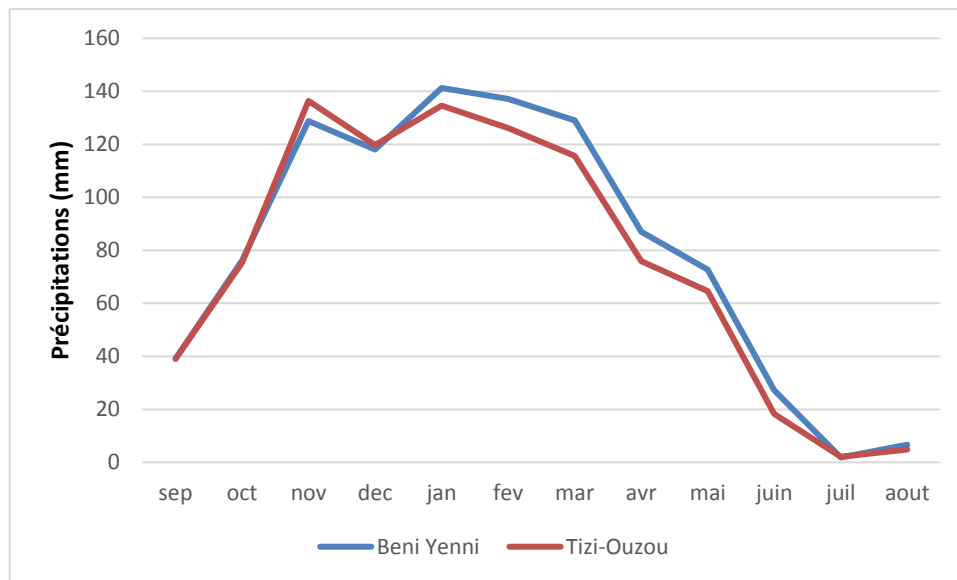


Figure 2 : Précipitations moyennes mensuelles de certaines localités de la région d'étude période (2007-2017).

L'analyse du tableau 1 et de la figure 2 montre que :

Les précipitations mensuelles les plus importantes s'observent du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril avec deux pics, le premier au mois de novembre avec une moyenne de 132.5 mm et le second au mois de janvier ou il atteint une moyenne de 138 mm.

Le taux de précipitations commence à diminuer à partir du mois de Mars pour atteindre des valeurs minimales pendant la période sèche (juin, juillet et août) avec une moyenne de 10.1 mm. Puis elles reprennent au mois de septembre.

Les précipitations les plus élevées sont enregistrées dans la région de Beni-Yenni avec une moyenne de 965 mm alors qu'à Tizi-Ouzou, les précipitations moyennes enregistrées sont de 913 mm.

3.2. Les Températures

Représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).

- **Température de l'air**

La température de l'air est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique. De plus elle conditionne l'écologie et la biogéographie de tous les êtres vivants dans la biosphère (DAJOZ, 1979).

Dans le tableau 2, nous avons reporté les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période allant de 2000 à 2018 (Source : Office Nationale de la Météorologie (ONM) de Tizi-Ouzou).

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles de l'air en °C enregistrées à Tizi-Ouzou (2000-2018, source ONM de Tizi-Ouzou).

| Mois / Température | Jan | Fév. | Mar. | Avr | Mai | Jui | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T° Max | 15.7 | 16.22 | 19.5 | 22.24 | 26.5 | 32 | 36.1 | 35.4 | 31.2 | 27.6 | 20.3 | 16.5 |
| T° Min | 6.5 | 7 | 9 | 11.1 | 14.1 | 18 | 20.4 | 22 | 17.9 | 15.8 | 11.4 | 7.8 |
| T° Moy | 10.33 | 10.80 | 13.57 | 16.15 | 19.56 | 20.55 | 28.02 | 28.03 | 24.46 | 20.74 | 14.83 | 11.71 |
| Δt | 9.2 | 9.22 | 10.5 | 11.14 | 12.4 | 14 | 15.7 | 13.4 | 13.3 | 11.8 | 8.9 | 8.7 |

L'utilisation des données de l'Office Nationale de la Météorologie (ONM) de Tizi-Ouzou période (2000-2018) nous a permis de tracer la courbe suivante (Figure 3) :

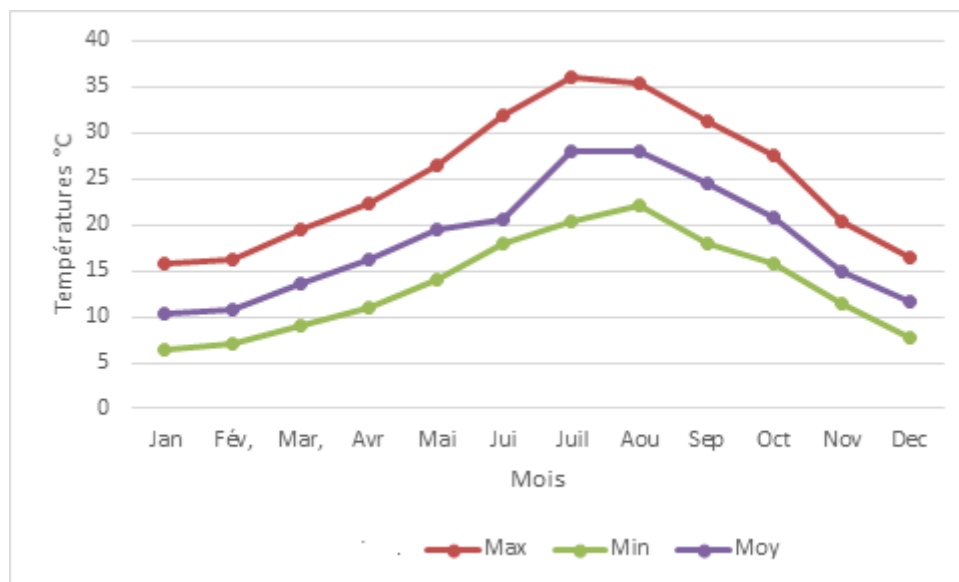


Figure 3 : Températures mensuelles (Moyennes, maximales et minimales) enregistrées à Tizi-Ouzou (2000-2018).

L'analyse du tableau 2 et de la figure 3 fait ressortir que :

Les mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds, avec des températures moyennes de l'ordre de 28 °C, des températures maximales qui atteignent 36.1°C au mois de juillet et 35.4 au mois d'Août.

L'amplitude thermique de ces deux mois est de 14.60 °C.

Les mois de Décembre, Janvier et Février sont les plus froids, leurs températures moyennes sont enregistrées respectivement comme ceci : 11.71°C, 10.33°C et 10.801°C.

Leurs températures minimales sont de l'ordre de 7.80°C, 6.5°C et 7°C avec une amplitude thermique de 9.04°C.

Il existe un écart thermique élevée entre la période chaude et froide dans cette région sachant que la température minimale est de 6.5c° au mois de janvier et la plus chaude est de 36.1 au mois de Juillet.

- **Température de l'eau**

Selon Angelier (2000), la température de l'eau est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des êtres vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau.

La mesure de la température de l'eau est très utile pour les études limnologiques. Dans ce travail et devant l'impossibilité de réaliser des mesures journalières de la température, au niveau de nos stations, nous nous sommes contentés de réaliser des relevés ponctuels. Les valeurs des températures sont données ici à titre indicatif (tableau 3).

Tableau 3 : Températures ponctuelles de l'eau des stations d'étude mesurer le 18juin 2019.

| Stations * | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| Température(°C) | 08 | 16 | 22 | 24 | 25 | 28 |

Les températures ont été mesurer a l'aide d'un thermomètre placé a l'axe de cours d'eau et à une profondeur de 20 cm pour avoir des températures plus représentatifs pour chaque station.

* : pour la description des stations se référer au point II, page 12.

La lecture de tableau 3 montre que les températures sont d'un ordre croissant en allant de l'amont jusqu'à l'aval.

Les températures les plus basses (8°C et 16°C) ont été enregistrées au niveau des stations d'altitudes A1 (950m), A2 (610m) caractérisées par un couvert végétal dense, une lame d'eau profonde et une absence totale de pollution.

Au niveau des stations de piémont (A3, A4) où l'altitude ne dépasse pas 540m, le couvert végétal et moins dense comparé au statuions d'altitudes, et la lame d'eau est moyenne. On a enregistré des températures de 22°C et 24 °C.

25°C et 28°C sont les températures les plus chaudes qui ont été enregistrées au niveau des stations de plaine A5 et A6, sachant que le recouvrement végétal au niveau de ces stations est nul et leurs altitudes sont respectivement de 450m et 430m.

4. Le couvert végétal

La végétation est un facteur écologique limitant qui influence le ruissellement superficiel. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense.

En Kabylie, le couvert végétal est dense et varie en fonction de l'altitude et l'exposition des versants.

En altitude supérieur à 1100 m, la végétation est constituée de pelouse écorchée à xérophytes épineuses et rampantes issue de la dégradation de la cédraie (QUEZEL, 1957).

Entre 800 et 1100 m, la végétation est constituée de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de frêne (*Fraxinus sp.*) et de quelques pieds d'érable (*Acer sp.*).

En basse altitude, la strate arborée y domine, elle est composée essentiellement d'oliviers (*Olea europea*).

Près des cours d'eau la végétation est représentée par les mousses, les algues, et les macrophytes. Elles constituent une importante ressource de matière organique consommable par certaines catégories d'animaux aquatiques. Elles empêchent le réchauffement excessif des eaux en été, et jouent un rôle important dans la répartition de la faune benthique (LOUNACI, 2005).

5. L'impact humain

Une pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction de substances chimiques artificielles ; toute perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ; toute altération d'une biocénose naturelle provoquée par une modification due à l'homme de l'abondance de certaines de ses espèces ou à la pullulation d'espèces exotiques introduites dans des habitats éloignés de leur aire d'origine (RAMADE, 2007).

Malheureusement les réseaux hydrographiques de la Kabylie se trouvent face à un danger avéré dû à diverses agressions d'origine anthropique. Les unités industrielles d'une part, et l'extension des zones urbaines d'autre part, sont les principaux polluants des milieux aquatiques continentaux qui déversent inévitablement leurs eaux usées épurées ou non dans les cours d'eau.

Dans la région d'étude "Ath-Ouacif", plusieurs types de pollutions anthropiques conduisent aux perturbations au niveau des stations étudiées influençant ainsi sur la qualité de leurs eaux, elles peuvent se résumer ainsi :

Pollution agricole : le pâturage et l'élevage.

Pollution mécanique : extraction de sable et pompage de l'eau pour l'irrigation.

Pollution urbaine : rejets urbains et rejets domestiques.

Autres formes de pollution : baignade et lavage des véhicules.

Tous ces actes humains provoquent généralement un déséquilibre naturel, ce qui engendre une destruction faunistique et floristique aquatique.

Nous présentons ci-après quelques photographies (photo 1, 2 et 3) prises par nous-même lors des sorties d'étude.



Photo 1 : Lavage des véhicules à Taksebt (KEDDAM & IZRI, 2019)



Photo 2 : Extraction de sable à Taksebt (KEDDAM & IZRI, 2019)



Photo 3 : Pâturage à Ouacif (KEDDAM & IZRI, 2019)

II. Description des stations d'étude

Dans le cadre de cette étude ayant pour objectif l'évaluation de la qualité de quelques cours d'eau du réseau hydrographique de la région d'Ath-Ouacif, six stations ont été retenues (A1, A2, A3, A4, A5 et A6) en tenant compte de plusieurs paramètres tels que : l'altitude, la pente, la végétation bordante et l'impact humain et aussi l'accessibilité aux stations. Ces stations sont représentées par des carrés sur la Figure 5.

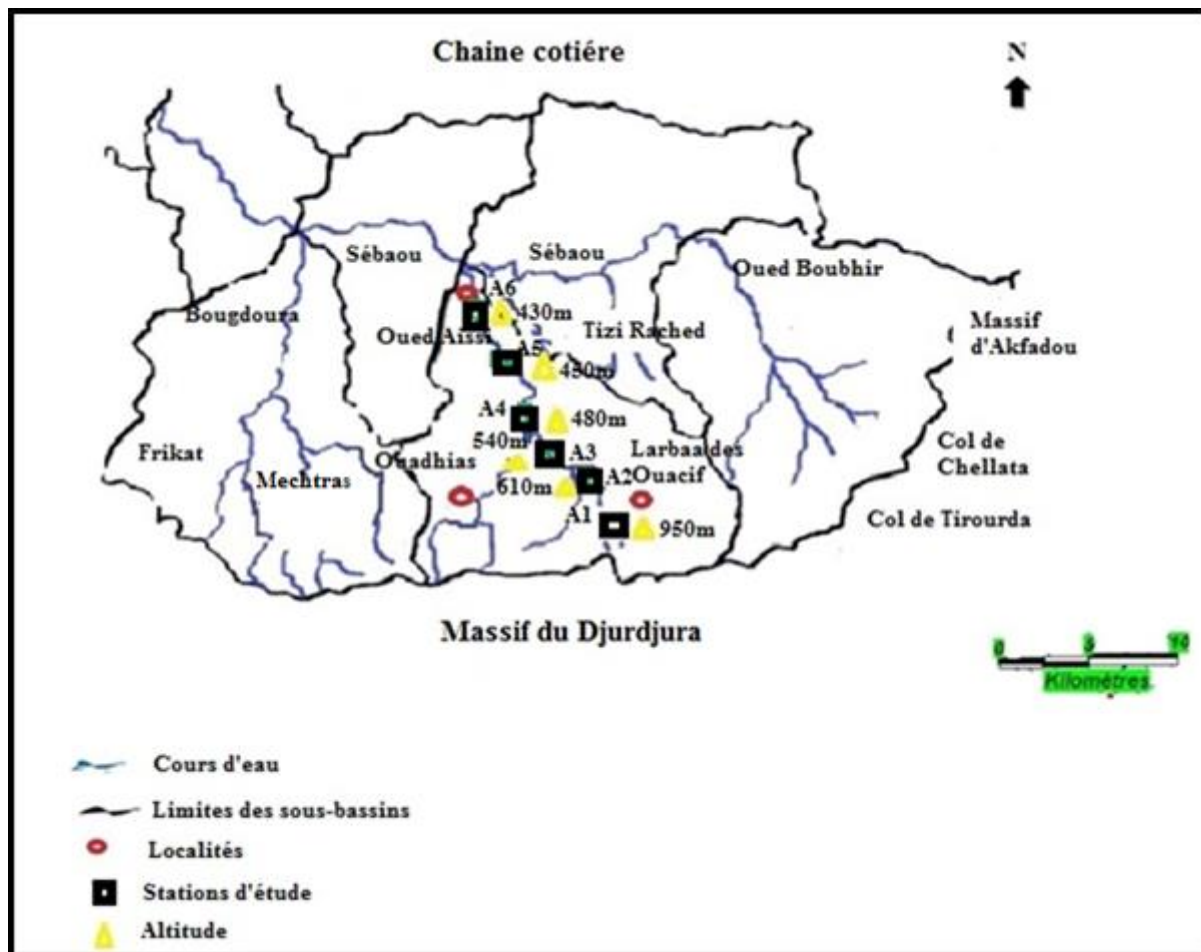


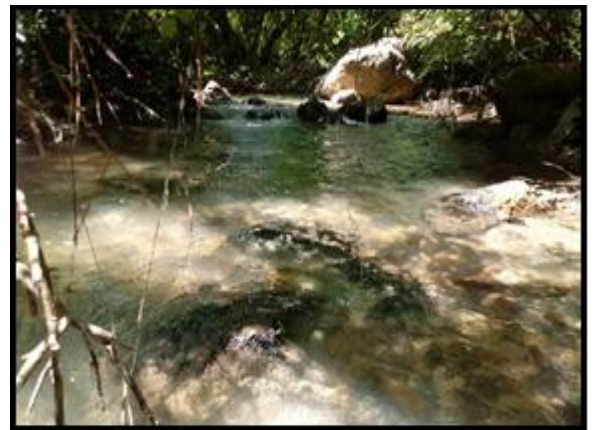
Figure 4 : Localisation des stations d'étude

Station A1 (Thaanesrine Ath-Agad)

- Altitude : 950m.
- Pente : 10%.
- Température : 08°C.
- Vitesse du courant : très rapide.
- Largeur du lit : 5 à 6 m.
- Profondeur de la lame d'eau : 50 cm.
- Substrats : dalles, roches, galet, gravier, sable.
- Végétation aquatique : mousse.
- Végétation bordante : arbustive et arborissante, recouvrement important.
- Perturbation anthropique : pas de perturbation anthropique.

**Photo 4 : Station A1****Station A2 (Ath-Ouacif centre-ville)**

- Altitude : 610 m.
- Pente : 2.5%.
- Température : 16°C.
- Vitesse du courant : moyenne.
- Largeur du lit : 6m.
- Profondeur de la lame d'eau : 40cm.
- Substrats : roches, galet, gravier, sable, limon.
- Végétation aquatique : mousses.
- Végétation bordante : arbustive et arborissante, recouvrement végétal important.
- Perturbation anthropique : rejets domestiques.

**Photo 5 : Station A2**

Station A3 (sortie d'Ath-Ouacif)

- Altitude : 540m.
- Pente : 1.5%.
- Température :22°C.
- Vitesse du courant : rapide a moyenne.
- Largeur du lit : 7m.
- Profondeur de la lame d'eau : 15m
- Substrats : galet, gravier, sable, limon.
- Végétation aquatique : mousses et algues.
- Végétation bordante : strate herbacée.
- Perturbation anthropique : rejets urbains, pâturage, rejets domestiques.

**Photo 6 : Station A3****Station A4 (Zawiya Hadj Belkacem)**

- Altitude:480m
- Pente: 1.4%.
- Température :24°C.
- Vitesse du courant : rapide a moyenne.
- Largeur du lit : 8m.
- Profondeur de la lame d'eau : 25cm.
- Substrats : roches, galet, gravier, sable, limon.
- Végétation aquatique : mousses, végétation enracinée.
- Végétation bordante : strate arbustive, arborissante éloigné du cours d'eau.
- Perturbation anthropique : pompage de l'eau, eau usée, pâturage, rejets domestique.

**Photo 7 : Station A4**

Station A5 (Thakhouketh)

- Altitude :450m.
- Pente : 0.8%.
- Température :25°C.
- Vitesse du courant : rapide a moyenne.
- Largeur du lit : 11m.
- Profondeur de la lame d'eau :40 cm.
- Substrats : roches, galet, gravier, sable, limon, matière organique.
- Végétation aquatique : algue et mousse.
- Végétation bordante : arbustive et arborissante éloigné.
- Perturbation anthropique : rejets urbains, rejets domestique, pompage d'eau et baignade.

**Photo 8** : Station A5**Station A6 (sortie de Thakhoukhth)**

- Altitude :430m.
- Pente : 0.8%.
- Température :28°C.
- Vitesse du courant : rapide à moyenne.
- Largeur du lit : 13m.
- Profondeur de la lame d'eau : 70 cm.
- Substrats : galet, gravier, sable, limon.
- Végétation aquatique : mousse, végétation enracinée.
- Végétation bordante : arbustives et arborissante éloigné.
- Perturbation anthropique : extraction des sable, pâturage, pompage de l'eau, rejets domestiques, lavage de véhicules.

**Photo 9** : Station A6

I. Matériels et méthodes

Notre étude consiste à évaluer l'impact de cette pollution sur la qualité des cours d'eaux de la région d'Ath-Ouacif. Pour cela on a opté sur différents volets d'études de la qualité des eaux de surfaces : volet biologique, physicochimique et bactériologique afin d'assurer un meilleur résultat.

1. Matériels et méthodes du l'étude biologique

Dans l'impossibilité d'étudier tous les réseaux hydrographiques de la wilaya de Tizi-Ouzou, notre choix s'est porté sur quelques stations de la région d'Ath-Ouacif vue la facilité d'accessibilité au terrain.

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier pour obtenir un bilan le plus complet possible des taxons présents dans les cours d'eau (HAOUCHINE, 2011).

Le choix de la méthode d'évaluation de la qualité de l'eau dépendra essentiellement de la problématique posée, des conditions environnementales et du système aquatique étudié.

Dans le cadre de ce travail, nous avons retenu l'IBGN comme méthode d'évaluation de la qualité des cours d'eaux étudiés. Elle permet d'évaluer la qualité hydrobiologique d'un site aquatique, par l'intermédiaire de la composition des peuplements d'invertébrés benthiques vivants dans divers habitats.

Dans la méthode d'IBGN, il est nécessaire de faire 8 prélèvements sur des supports différents pour chaque station afin d'obtenir une vision globale de la faune benthique de cette station.

La récolte des macroinvertébrés a été réalisée en mois de Juin 2019, Les Prélèvements sont effectués sur des surfaces de l'ordre du 0.05 m², dans des zones à différentes profondeurs.

Le filet utilisé pour l'échantillonnage est de type « Surber », il est composé d'un cadre de 30 cm de diamètre et une poche de 1 m de long où les mailles sont de 0.3 mm. Il est placé sur le fond du lit face au courant (annexe 1).

Le substrat qui se trouve dans la surface d'échantillonnage est lavé soigneusement de manière à récolter les larves, les nymphes et les adultes (annexe 2).

1.1. Conservation et transfert des échantillons

Les échantillons prélevés sont transportés au laboratoire après avoir transférés le contenu dans des sachets en plastiques et fixés à l'aide d'une solution de formole à 10% et étiquetés.

1.2. Tri et détermination

- **Lavage et tri**

Au laboratoire, le contenu des sachets est lavé et débarrassé de la vase et des débris végétaux en utilisant une série des tamis à mailles décroissantes allant de 5 à 0.2 mm (annexe 2)

Le contenu des tamis est ensuite versé dans un bac transvasé et homogénéisé dans des béchers.

On verse à petites quantités le contenu du bécher dans des boites de Petrie pour faciliter la manipulation sous la loupe binoculaire qui se fait avec des pinces fines en séparant les taxons appartenant au même ordre (annexe 3).

- **La détermination**

Pour cette étape, nous nous sommes référés aux clés de détermination de TACHET & al., (1980 et 2000), (annexe 3).

2. Matériels et méthodes du volet physico-chimique

2.1. Echantillonnage

Cette opération est très sensible, il faut apporter beaucoup de soin afin d'assurer des résultats représentatifs et exacts lors du prélèvement.

On a effectué un prélèvement pour chaque station durant notre période d'échantillonnage (Juin 2019).

Le prélèvement des échantillons s'effectue dans des flacons neufs, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis ils seront conservés dans le froid et à l'abri de la lumière.

A la fin de chaque prélèvement, les flacons doivent être étiquetés (source et date d'échantillonnage), ensuite ils seront transportés à l'abri de la lumière.

L'échantillon peut être gardé quelques jours, mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible afin d'éviter toute modification lors de la conservation.

2.2. Analyse des paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont des indicateurs de la qualité de l'eau, on distingue trois types : Les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et les paramètres de pollution.

L'analyse de ces paramètres a été effectuée au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt (SEAAL).

2.3. Matériels utilisés

L'appareillage utilisé au cours des analyses physico-chimiques se résume en spectrophotomètre d'absorption moléculaire type DR 600, conductimètre, turbidimètre, oxymètre, distillateur, étuve à 105°C, balance de précision, hotte et une plaque chauffante (annexes : 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12).

La verrerie est constituée de : pipettes gradués stériles, tube à essais stériles, fioles jaugées, burettes, béchers, erlenmeyer, pissettes d'eau, entonnoir, sachets de réactif HACH et des filtres (0.45µm).

2.4. Paramètres organoleptiques

- **La couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0.45µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, 2009).

- **L'odeur**

L'odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition.

Ces substances sont en générale en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaires (RODIER, 2009).

2.5. Paramètres physico-chimiques

- **La température**

La température est un facteur écologique important du milieu, elle influe sur la densité de l'eau et joue un rôle primordial dans le phénomène de stratification.

Une élévation de température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique) mais peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique (GAUJOUS, 1995).

- **Le PH**

Le PH ou le potentiel d'Hydrogène est une mesure qui nous donne la concentration des ions d'Hydrogène (H^+) dans l'eau. L'échelle de PH s'étend de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), la valeur médiane est de 7 correspond à une solution neutre (annexe 6).

Le PH constitue un facteur limitant pour les processus d'épuration (exemple : nitrification) (MESSAOUDI & SAADI, 2017).

- **La turbidité**

La turbidité est due à la présence des particules en suspensions, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matière organique. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure sont degré de turbidité (RODIER, 2009), (annexe 7).

Selon GAUJOUS (1995), la turbidité a un rôle écologique complexe :

- Baisse de la lumière
- Pouvoir absorbant
- Abrasion et sédimentation

- **La conductivité**

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorure, sulfate, calcium, sodium, magnésium), (annexe 8).

Plus l'eau ne contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le sulfate ($So4^{2-}$), et le chlorure (Cl^-), plus la conductivité ne sera élevée (MESSAOUDI & SAADI, 2017).

- **La matière en suspension (MES)**

Les matières en suspensions comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, le sable, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres microorganismes de l'eau.

Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par la suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration de la faune aquatique (annexe 9).

- **L'oxygène dissous**

Les gaz de l'atmosphère sont tous solubles dans l'eau. La solubilité de l'oxygène dans l'eau varie selon la température, la pression de l'atmosphère et d'un coefficient propre à chaque gaz (annexe 10).

Outre la dissociation à partir de l'atmosphère, il y a une production d'oxygène dans l'eau par photosynthèse et une consommation par respiration et dégradation de matière organique (ANGELIER, 2000).

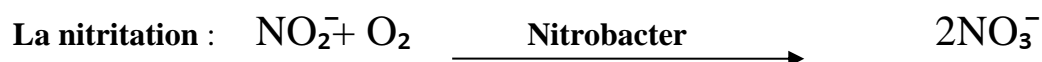
2.6. Paramètres de pollution

- **L'ammonium (NH₄⁺)**

L'ammonium (NH₄⁺) et la forme non dissociée communément appelée (NH₃). Ces deux formes traduisent un équilibre acido-basique :

En milieu basique, l'ammoniaque est en fait un gaz peu soluble dégagé facilement dans l'atmosphère (annexe 11).

En milieu oxydant, l'ammoniaque se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène (GAUJOUS, 1995).



- **Les nitrites (NO₂⁻)**

Les nitrites proviennent de la dégradation de la matière organique lors de la minéralisation, et elles ont plusieurs origines :

Origine industrielle : traitements de surface, chimie, colorants

Elles sont limitées en distribution pour toxicité (0.1 mg/l NO₂) et sont considérées comme indice de pollution (GAUJOUS, 1995), (annexe 11).

- **Les nitrates (NO₃)**

Leurs origines proviennent de la minéralisation de la matière organique, d'engrais azotée des eaux usées domestiques et stations d'épurations, elle se fait par dosage chimique ou par électrode spécifique (GAUJOUS, 1995), (annexe 11).

- **Les Phosphates (PO₄)**

Ils sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation, ils peuvent avoir un effet bénéfique comme sels nutritifs et ils ne sont pas toxique vis avis des poissons (annexe 11).

Ils proviennent d'engrais, détergent et par contamination fécale et aussi d'une manière naturelle sous forme de phosphate calcique (GAUJOUS, 1995).

- **La matière organique**

C'est une composante ubiquiste des milieux aquatiques naturels. Elle est constituée d'un vaste ensemble de composés complexe et hétérogène (annexe 12).

On distingue deux types d'origines de matières organiques :

-Matière organique d'origine autochtone générée dans le milieu aquatique par l'activité phytoplanctonique et microbienne.

-Matière organique d'origine allochtone (ou terrestre) provenant des lessivages des sols et de percolation des eaux dans les sols (RODIER, 2009)

3. Matériels et Méthodes du l'étude bactériologique

3.1. Echantillonnage

L'analyse bactériologique est aussi une étape délicate dans laquelle on utilise des flacons en verre lavés et stérilisés au moment du prélèvement,

Les flacons sont plongés dans l'eau sans toucher le fond et loin des rives, ils ne doivent pas être remplis afin de maintenir en vie les bactéries aérobies.

Après chaque prélèvement, les flacons doivent être étiquetés (source et date du prélèvement) ensuite ils seront transportés à l'abri de la lumière et de l'air afin d'éviter la multiplication des germes.

L'analyse bactériologique a été effectuée au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt (SEEAL).

3.2. Recherche et dénombrement des bactéries

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume donné d'échantillon d'eau à travers une membrane de porosité (0.45 μm) suffisante pour retenir les bactéries, ensuite ces membranes sont placées sur des milieux de culture différents selon les microorganismes recherchés (annexe 14).

Pour effectuer cette étape on utilise comme matériels : un bain marie thermostaté, un bec bunsen, une hotte, un incubateur, une membrane de filtration stérile en cellulose de 0.45 μm de porosité, des pinces, rampe de filtration graduée et stérilisée à la flamme avant chaque analyse.

Généralement les bactéries les plus recherchées pour l'étude bactériologique sont les Coliformes totaux, les coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et les Streptocoques en raison de la disponibilité des normes de qualité.

- **Coliformes totaux**

Sont des bacilles à gram négatif, non sporulants, anaérobies facultatifs et sont capables de fermenter le lactose dans les 48 heures avec formation d'acide et de gaz à 37°C.

Pour les bactériologistes des eaux, les coliformes doivent être aussi oxydase négatif et capable de croître en aérobiose et anaérobiose, en présence de certains surfactants (SINGLETON, 1994).

- **Coliformes fécaux (*E. Coli*)**

Elle fait partie de la famille des enterbacteriace, sont des cellules isolées ou paires, habituellement mobiles et pourvues de fimbriae. Leur métabolisme respiratoire lorsque les conditions sont aérobies ; pratique la fermentation ou la respiration nitrique. En anaérobiose fermente le glucose via la fermentation acide mixte (SINGLETON, 1994).

- **Streptocoques**

Ils sont des bactéries gram positif. Coques ou formes coccoides (habituellement 1 μm de diamètre) souvent par paires ou en chainettes, généralement non mobile, capsule souvent présente, anaérobie facultatif et métabolisme habituellement fermentatif (SINGLETON, 1994).

I. Résultats des analyses de l'étude biologique

1. Analyse générale de la faune benthique

Cette étude a permis d'inventorier un total de 2767 individus repartis en 11 groupes zoologiques et 45 familles (Tableaux 4 et 5).

Tableau 4 : Nombre de famille par groupe zoologique

| Groupes zoologiques | Familles |
|---------------------|-----------|
| Amphipodes | 1 |
| Coléoptères | 8 |
| Diptères | 12 |
| Ephéméroptères | 2 |
| Hétéroptères | 2 |
| Mollusques | 4 |
| Odonates | 2 |
| Plécoptères | 4 |
| Trichoptères | 7 |
| Triclades | 1 |
| Vers | 2 |
| Total | 45 |

Le groupe le plus représenté est celui des Diptères, il compte 12 familles, viennent ensuite les groupes de Coléoptères et des Trichoptères avec respectivement 8 et 7 familles et enfin les groupes restants comptent entre 1 et 4 familles seulement.

Tableau 5 : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude

| Taxons \ Stations | A1 | A2 | A 3 | A4 | A5 | A6 | Ab | Abr | Oc | Ocr |
|-----------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----|-------|
| Amphipodes | | | | | | | | | | |
| Gammaridae | 80 | | | | | | 80 | 2,9 | 1 | 16,66 |
| Total | 80 | | | | | | 80 | 2,9 | | |
| Coléoptères | | | | | | | | | | |
| Dryopidae | | | 10 | | | | 10 | 0,4 | 1 | 16,66 |
| Dytiscidae | | | 6 | 5 | | 6 | 17 | 0,61 | 3 | 50 |
| Elmidae | 8 | 13 | | 8 | | | 29 | 1,05 | 3 | 50 |
| Gyrinidae | 4 | | 9 | | | | 13 | 0,47 | 2 | 33,33 |
| Helophoridae | | | | | | 8 | 8 | 0,29 | 1 | 16,66 |
| Hydraenidae | 18 | 7 | 8 | 14 | | | 47 | 1,7 | 4 | 66,66 |
| Limnebiidae | | 5 | | | | | 5 | 0,18 | 1 | 16,66 |
| Staphilinidae | | | 3 | 6 | | | 9 | 0,33 | 2 | 33,33 |
| Total | 30 | 25 | 36 | 33 | | 14 | 138 | 5,03 | | |
| Diptères | | | | | | | | | | |
| Anthomyidae | | | 3 | | 3 | 4 | 10 | 0,4 | 3 | 50 |
| Blephariceridae | 40 | | | | | | 40 | 1,45 | 1 | 16,66 |
| Chironomidae | | 22 | 70 | 42 | 91 | 62 | 287 | 10,37 | 5 | 83,33 |
| Dixidae | 8 | | | | | | 8 | 0,29 | 1 | 16,66 |
| Dolichopodidae | | | | | 3 | | 3 | 0,11 | 1 | 16,66 |
| Empididae | | 3 | 6 | | 7 | | 16 | 0,58 | 3 | 50 |
| Limoniidae | | | | 4 | 6 | 6 | 16 | 0,58 | 3 | 50 |
| Psychodidae | 17 | | | | | | 17 | 0,61 | 1 | 16,66 |
| Ptychopteridae | | | 17 | | | | 17 | 0,61 | 1 | 16,66 |
| Simuliidae | 16 | 23 | 66 | 150 | 160 | 52 | 467 | 16,88 | 6 | 100 |
| Tabanidae | | | 3 | | | 4 | 7 | 0,25 | 2 | 33,33 |
| Tipulidae | 5 | | 3 | | 6 | 7 | 21 | 0,76 | 4 | 66,66 |
| Total | 86 | 48 | 168 | 196 | 276 | 135 | 909 | 32,89 | | |
| Ephéméroptères | | | | | | | | | | |
| Beatidae | 124 | 34 | 160 | 160 | 178 | 245 | 901 | 32,56 | 6 | 100 |
| Caenidae | | 58 | | | 18 | 30 | 106 | 3,83 | 3 | 50 |
| Total | 124 | 92 | 160 | 160 | 196 | 275 | 1007 | 36,39 | | |
| Hétéroptères | | | | | | | | | | |
| Aphélocheridae | | 9 | | | | | 9 | 0,32 | 1 | 16,66 |
| Gerridae | | 3 | | | | | 3 | 0,11 | 1 | 16,66 |
| Total | | 12 | | | | | 12 | 0,43 | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|---|-------|
| Mollusques | | | | | | | | | | |
| Ancylidae | 5 | | | 8 | 7 | | 20 | 0,72 | 3 | 50 |
| Physidae | | | | 3 | | | 3 | 0,11 | 1 | 16,66 |
| Planorbidae | 4 | | | | | | 4 | 0,14 | 1 | 16,66 |
| Viviparidae | | | 4 | | | | 4 | 0,14 | 1 | 16,66 |
| Total | 9 | | 4 | 11 | 7 | | 31 | 1,11 | | |
| Odonates | | | | | | | | | | |
| Aeschnidae | | 4 | 5 | | | | 9 | 0,32 | 2 | 33,33 |
| Gamphidae | | 7 | | 4 | | | 11 | 0,4 | 2 | 33,33 |
| Total | | 11 | 5 | 4 | | | 20 | 0,72 | | |
| Plécoptères | | | | | | | | | | |
| Capniidae | 20 | | | | | | 20 | 0,72 | 1 | 16,66 |
| Leuctridae | 12 | 11 | | | | | 23 | 0,83 | 2 | 33,33 |
| Nemouridae | 53 | | | | | | 53 | 1,92 | 1 | 16,66 |
| Perlodidae | | 8 | | | | | 8 | 0,29 | 1 | 16,66 |
| Total | 85 | 19 | | | | | 104 | 3,76 | | |
| Trichoptères | | | | | | | | | | |
| Glossosomatidae | | | | 8 | 4 | | 12 | 0,43 | 2 | 33,33 |
| Hydropsychidae | 33 | 25 | 18 | 70 | 30 | 110 | 286 | 10,34 | 6 | 100 |
| Hydroptilidae | | | | | 5 | | 5 | 0,18 | 1 | 16,66 |
| Philopotamidae | | 9 | | | | | 9 | 0,33 | 1 | 16,66 |
| Psychomyidae | | | | | | 20 | 20 | 0,72 | 1 | 16,66 |
| Rhyacophilidae | 8 | 15 | | | 22 | 25 | 70 | 2,53 | 4 | 66,66 |
| Sericostomatidae | 23 | | | | 3 | 8 | 34 | 1,23 | 3 | 50 |
| Total | 64 | 49 | 18 | 78 | 64 | 163 | 436 | 15,76 | | |
| Triclades | | | | | | | | | | |
| Dugesiiidae | | | | 5 | | | 5 | 0,18 | 1 | 16,66 |
| Total | | | | 5 | | | 5 | 0,18 | | |
| Vers | | | | | | | | | | |
| Lumbriculidae | | 3 | 3 | | | | 6 | 0,22 | 2 | 33,33 |
| Tubificidae | | 7 | 6 | | 3 | 3 | 19 | 0,69 | 4 | 66,66 |
| Total | | 10 | 9 | | 3 | 3 | 25 | 0,91 | | |
| Totaux | 478 | 266 | 400 | 487 | 546 | 590 | 2767 | | | |
| Richesse taxonomique | 18 | 19 | 18 | 14 | 16 | 15 | | | | |

Oc : Occurrence

Ocr : Occurrence relative

Ab : Abondance des taxons.

Abr : abondances relatives

2. La richesse taxonomique

Selon les résultats obtenus, on conclue que la richesse taxonomique au niveau des stations étudiées est variable selon les conditions de chaque milieu (tableau 5).

Les stations A1 et A2 qui sont des stations d'altitude comptent respectivement 18 et 19 familles dont les représentants sont majoritairement polluosensibles tels que (les Gammaridae et les Blephariceridae). Ces stations sont caractérisées par un couvert végétal dense, des températures d'eau assez basses entre 8°C et 16°C avec absence de perturbations anthropiques.

Au niveau des stations A3 et A4 qui sont situées à une altitude qui oscille entre 480m et 580m la richesse est respectivement de 18 et 14 taxons. Les familles recensées dans ces stations sont dans l'ensemble polluo-resistantes et à large amplitude écologique (Chironomidae, Simuliidae...etc.). Ces stations sont caractérisées par un couvert végétal moins dense, des températures d'eau plus élevées 23°C et 24°C et des perturbations anthropiques importantes (on signale le pâturage et les ordures ménagères...etc.).

Enfin, dans les stations de plaine A5 et A6, la richesse est légèrement moins importante par rapport aux stations précédentes, elles comptent respectivement 16 et 15 familles dont les espèces sont polluo-resistants comme les Betidae, les Caenidae...etc. La pollution au niveau de ses stations est remarquable (ordures ménagères, extraction de sable, vidange des véhiculés...etc.), un couvert végétale absent et une température d'eau trop élevée.

3. Abondance relative des groupes faunistiques

L'abondance est le nombre d'individus des taxons dans une unité de surface ou de volume, variable dans l'espace et dans le temps.

L'analyse de l'abondance de notre faune se subdivise en trois groupes :

La première, on trouve les groupes faunistiques les plus dominants représentés par : Les Ephéméroptères avec un total de 1007 individus soit 36.39% de la faune totale, suivie par les Diptères avec un total de 909 individus soit 32.89% et enfin les Trichoptères avec un total de 436 individus soit 15.76% de toute la faune récoltée (figure 5).

La seconde classe, représente les groupes faunistiques les moins abondants : les Amphipodes, les Plécoptères et les Coléoptères avec un nombre qui varie entre 80 et 138 individus et un pourcentage global de 11.69% de la faune totale.

Enfin, la dernière classe représente les groupes faunistiques les plus rares : les Mollusques, les Hétéroptères, les Odonates, les Triclades et les Vers avec seulement un pourcentage de 3.27% de la faune totale.

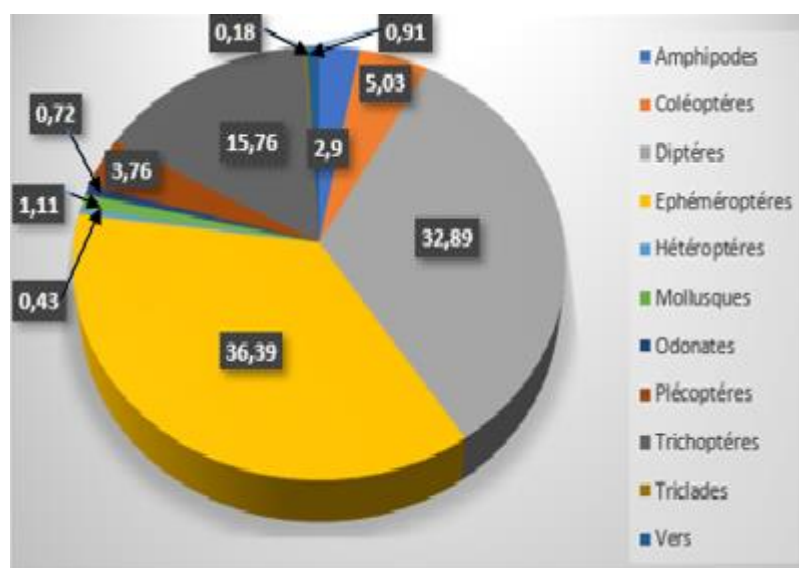


Figure 5 : Abondance relative des groupes faunistiques dans les stations d'étude

4. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique

4.1. Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères forment un groupe peu diversifié mais d'une importance numérique élevée. Leurs larves sont abondantes dans les eaux courantes. Elles occupent souvent le premier rang en biomasse des insectes aquatiques (THOMAS, 1981).

Parmi la faune benthique récoltée, les Ephéméroptères est l'ordre le mieux représenté dans notre échantillonnage avec 1007 individus et un pourcentage de 36.39% répartis en deux familles : les Betidae et les Caenidae.

Les Betidae occupent la première place avec 901 individus soit 89.47% de la faune totale, c'est la famille la plus abondante des Ephéméroptères. Alors que les Caenidae occupent la seconde place de cet ordre avec 106 individus (10.53%).

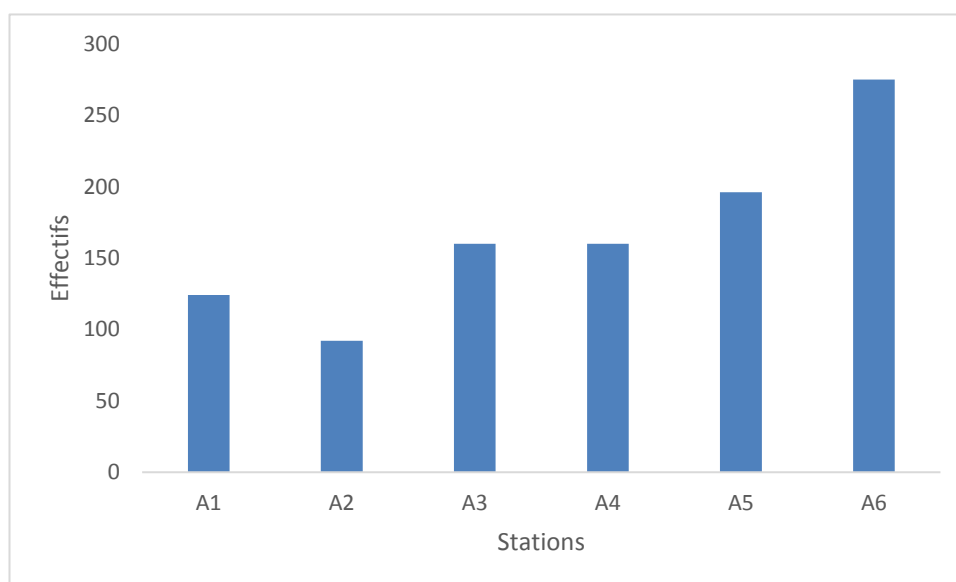


Figure 6 : Répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées

Les populations d'Ephéméroptères sont réparties d'une manière homogène sur la majorité des stations étudiées, mise à part les deux stations A2 et A6 où on remarque une forte densité d'Ephéméroptères au niveau de la station A6 (275 individus) contrairement à la station A2 où la densité est très faible, 92 individus seulement (Figure 6).

Les Ephéméroptères semblent avoir une large valence écologique, nous avons noté leurs présences au niveau de toutes les stations étudiées de l'amont jusqu'à l'aval.

Il existe dans ce groupe des espèces qui ont une aptitude de coloniser des milieux de haute altitude et de s'adapter aux conditions de ces régions (basse altitude, forte vitesse du courant...) ex : les Beatidae.

D'autre part on trouve des espèces qui peuvent coloniser les milieux qui se situent en aval et en zone intermédiaire, ce sont généralement des organismes fousseurs qui tolèrent les conditions de ces milieux (température élevée, vitesse moyenne...) et qui tolèrent aussi la pollution (espèces polluo-resistantes) et qui se pilulent en présence de la matière organique. Ex : les Caenidaes.

Effectivement nos résultats vont dans le même sens, nous avons collecté les Caenidae dans les stations A5 et A6. Ces stations sont caractérisées par des températures élevées et la présence de matière organique qui résulte des rejets de tous les villages avoisinants, le pâturage...etc.

4.2. Les Diptères

Les Diptères sont un groupe d'invertébré très homogène. Ils se caractérisent par leur diversité tant sur le plan écologique que biogéographique, ces organismes bénéficient non seulement d'une large distribution altitudinale mais aussi d'une grande capacité de colonisation des biotopes les plus divers : sources, rivières, lacs, littoral marin... (LOUNACI-DAOUDI, 1996).

Ce groupe est caractérisé par sa grande diversité taxonomique, 909 individus soit 32.89% de la faune totale appartenant à 12 familles qui ont été récoltés au niveau des stations étudiées (Figure 7).

Il occupe la deuxième position après l'ordre des Epheméroptères avec un pourcentage de 32.89% de la faune totale, les familles les mieux représentées sont les Simuliidae avec un total de 467 individus (51.37%) suivie de la famille des Chironomidae qui compte un total de 287 individus (31.57%), ces deux familles majeures constituent un ensemble de 82.94% de cet ordre.

Les autres familles sont moins abondantes, elles comptent 155 individus soit 17.06% répartis sur 10 familles dont les Anthomyidae, Blephariceridae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Limoniidae, Psychodidae, Tabanidae, Ptychopteridae et les Tipulidae.

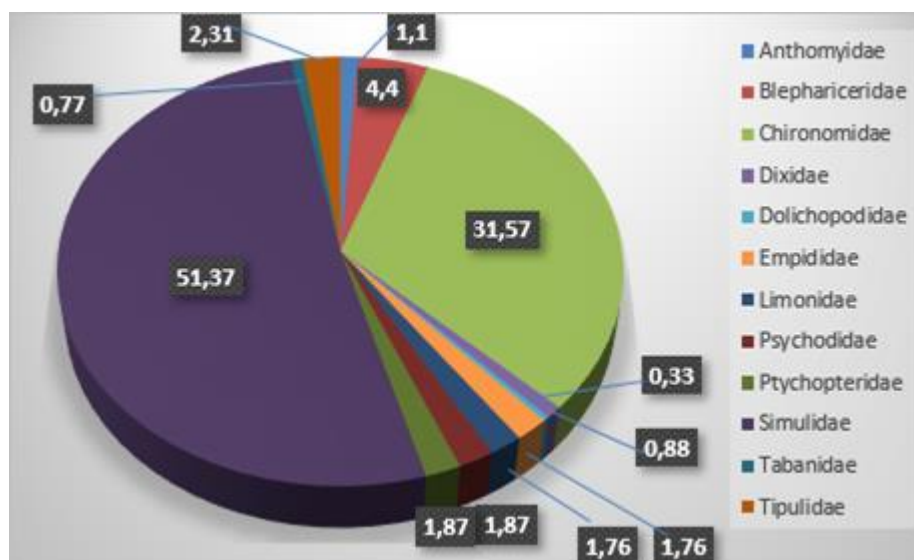


Figure 7 : Répartition des Diptères récoltés

L'importance relative des éléments de cette population au niveau des stations qui se trouve en amont peut être attribué au développement des formes torrenticoles adaptées aux courants forts et à la remontée des espèces polluo-sensibles qui cherchent des conditions favorables pour leurs développement (Figure 8).

Dans les zones avales leur présence est en rapport avec les conditions favorables pour les espèces polluo-resistantes (température élevée, vitesse moyenne, matière organique) ce qui est aussi le cas au niveau des zones intermédiaire ou on trouve les facteurs favorables pour la prolifération de ces espèces au stade immature.

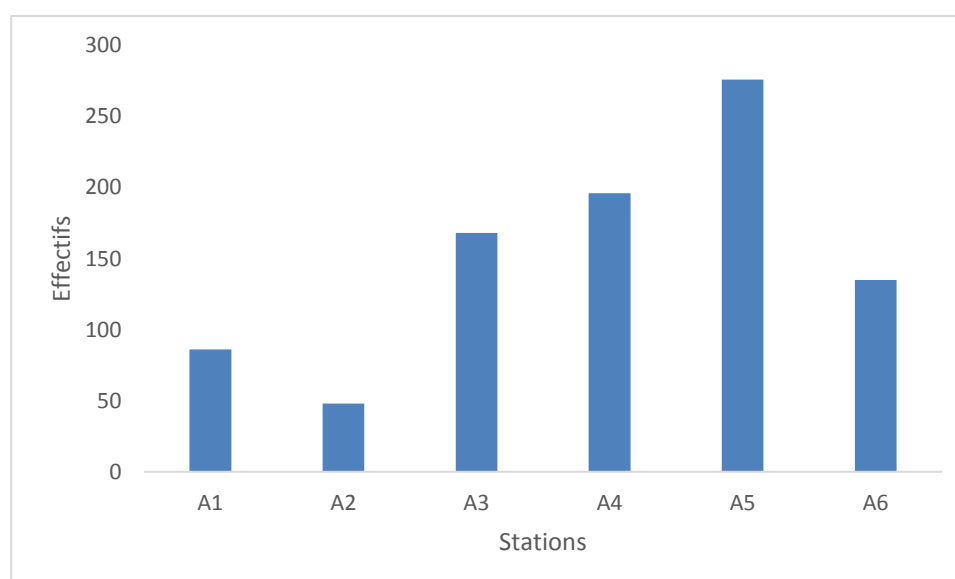


Figure 8 : Répartition des Diptères au niveau des stations d'études

4.3. Les Trichoptères

Les Trichoptères forment un petit ordre d'insectes très évolué, plus de 11000 espèces sont actuellement connues (GIBON, 2001).

Dans ce travail, on a pu inventorier sept familles de cet ordre dont une famille dominante qui est la famille des Hydropsychidae avec un taux de 65.59 % soit 286 individus, suivie des familles des Rhyacophilidae et Sericostomatidae avec respectivement 16.05% et 7.79% (figure 9).

Les autres familles sont rares, leur représentation est de 10.53% répartie sur 4 familles : Glossosomatidae, Hydroptilidae, Psychomyidae et Philopotamidae.

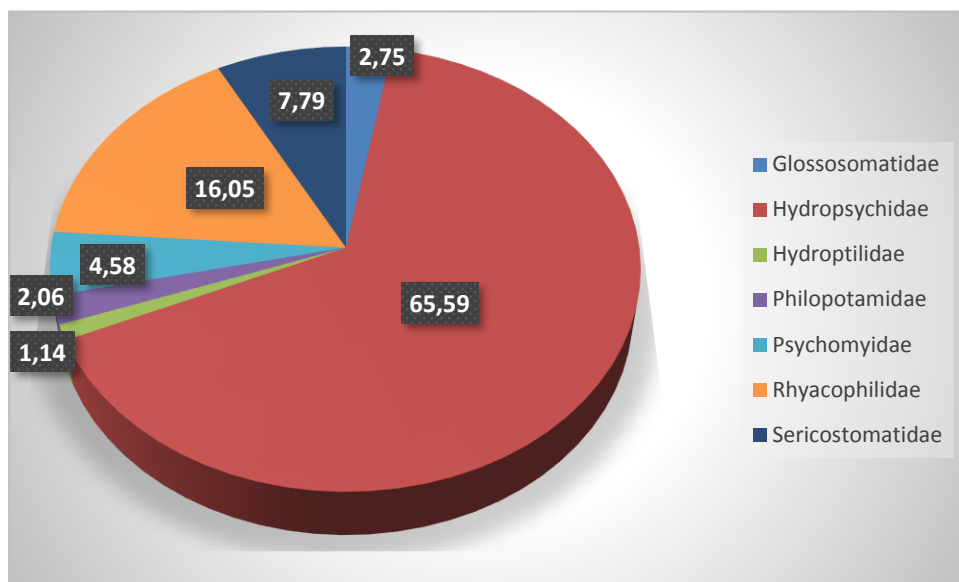


Figure 9 : Répartition des familles des Trichoptères

La distribution des Trichoptères le long des cours d’eaux étudiées a mis en évidence l’importance de cet ordre, la majeure partie de cet ordre est récolté au niveau des stations de piémont et celles de plaine (A4, A5, A6) où la plus grande densité est enregistrée au niveau de la station (A6), ceci explique l’abondance de la famille des Hydropsychidae sachant que les représentants de cette famille sont des polluo-resistants apte à coloniser un substrat déserté des espèces fragiles (Figure 10).

La présence des Trichoptères en amont (A1, A2) due à la large valence écologique de cet ordre. Les éléments des familles récoltées au niveau de ces stations (Rhyacophilidae, Sericostomatidae...) sont polluo-sensibles, ils cherchent les conditions favorables pour leurs développement (température basse, courant rapide, substrats grossier riche en débris végétaux).

Au niveau de la station A3 leur présence est faible. Cela est probablement due l’importante pollution au niveau de cette station. La seule famille existante est celle des Hydropsychidae qui est généralement un taxon inféodé à la présence de la matière organique.

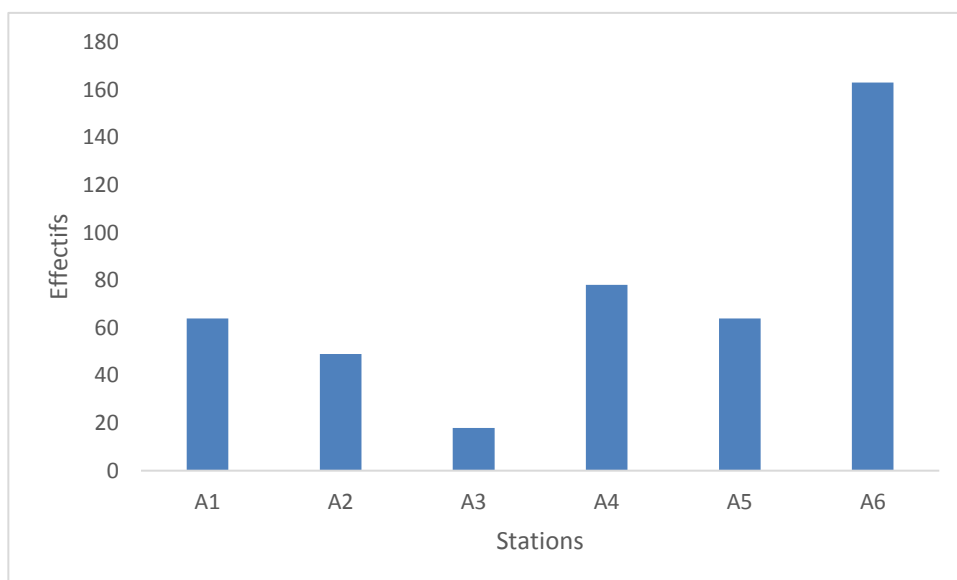


Figure 10 : Répartition des Trichoptères au niveau des stations étudiées

4.4. Les Coléoptères

Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginale et larvaire dans les milieux aquatiques. Ils colonisent divers types d'habitats : sources, rivières à eau modérément courante, rivières à eau quasi stagnante et riche en végétation (TACHET & al., 1980).

Huit familles représentent la population des Coléoptères au niveau de nos stations d'étude dont une famille est dominante, celle des Hydraenidae avec un taux d'individues de 47 et un pourcentage de 34.05% puis viennent les familles à moyenne abondance (les Elmidae et les Dytiscidae), leur pourcentage global est de 33.32 % et leur nombre est de 46 individus (Figure 11).

Enfin les familles les moins abondantes sont : Dryopidae, Gyrinidae, Helophoridae, Limnebiidae et Staphilinidae avec un pourcentage total de 32.63%.

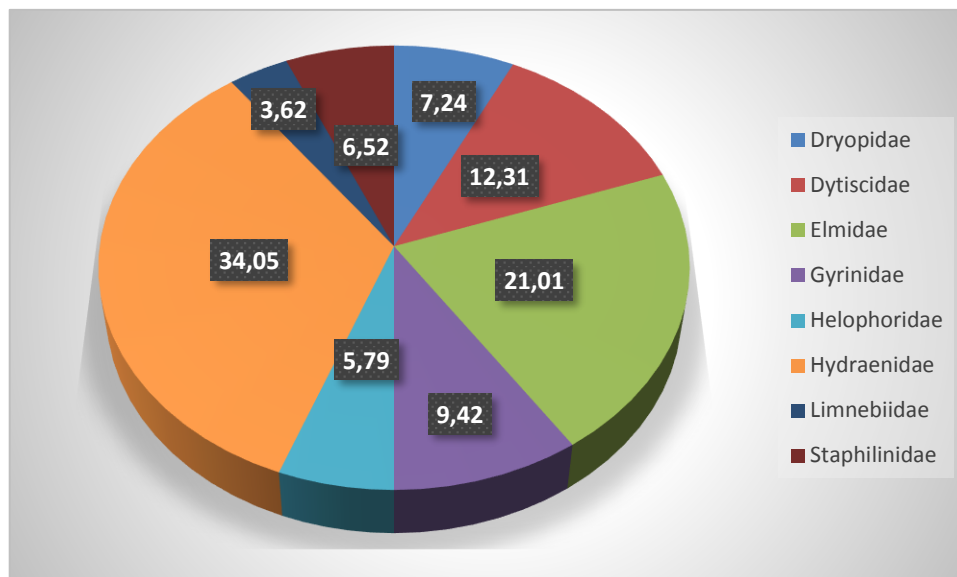


Figure 11 : Répartition des familles des Coléoptères

D'après LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), la végétation émergée, la température de l'eau et les potentialités trophiques sont les facteurs de répartition les plus influents sur les éléments de ce groupe d'insectes.

L'analyse de la distribution longitudinale de la population des coléoptères au niveau des stations étudiées se traduit par la présence d'un peuplement à caractère rhéophile (Figure 12).

On a enregistré une richesse élevée au niveau des stations situées en haute et moyenne altitude et une diminution d'abondance au niveau des stations de basse altitude, ceci s'explique probablement par le fait que les biotopes altitudinaux offrent les meilleures conditions pour le développement de ces groupes (température idéale, présence de végétation et un très fort courant).

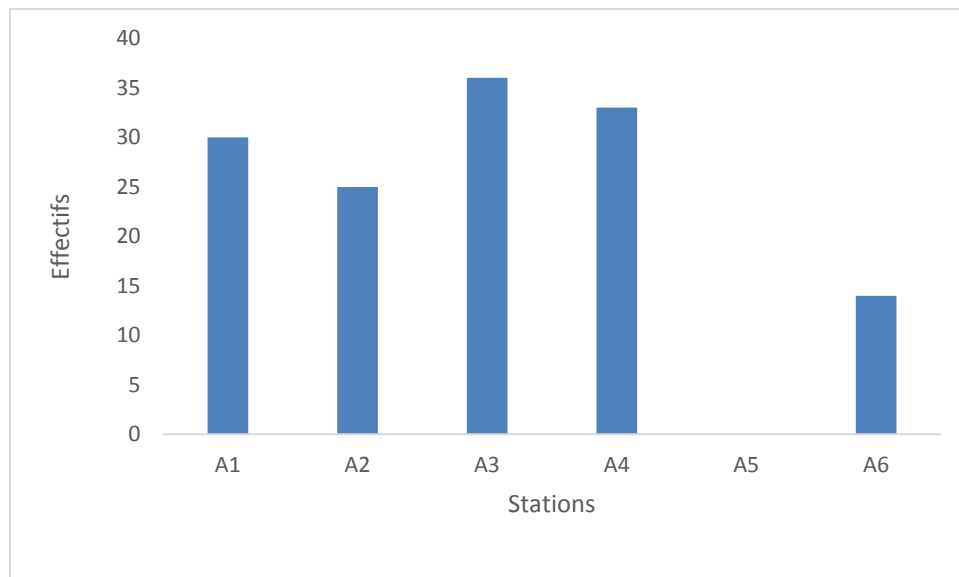


Figure 12 : Répartition des Coléoptères au niveau des stations d'étude

4.5. Les Plécoptères

L'ordre des Plécoptères est composé de taxons très sensibles à la dégradation de leurs milieux de développement. Ce sont de bons bio-indicateurs. La composition spécifique en Plécoptères est en effet révélatrice pour partie de l'état de santé des cours d'eau (RUFFONI, 2009).

Dans cette étude, l'ordre des Plécoptères est représenté par quatre familles dont une dominante qui est la famille des Nemouridae avec un pourcentage de 50% et un nombre d'individus de 53 (Figure 13).

Les familles de Leuctridae et Capniidae sont moyennement représentées (23 et 20 individus) avec des pourcentages respectifs de 21.69% et 19.96%.

La famille la moins abondante est celle des Perlodidae avec (7.54%) et 8 individus seulement.

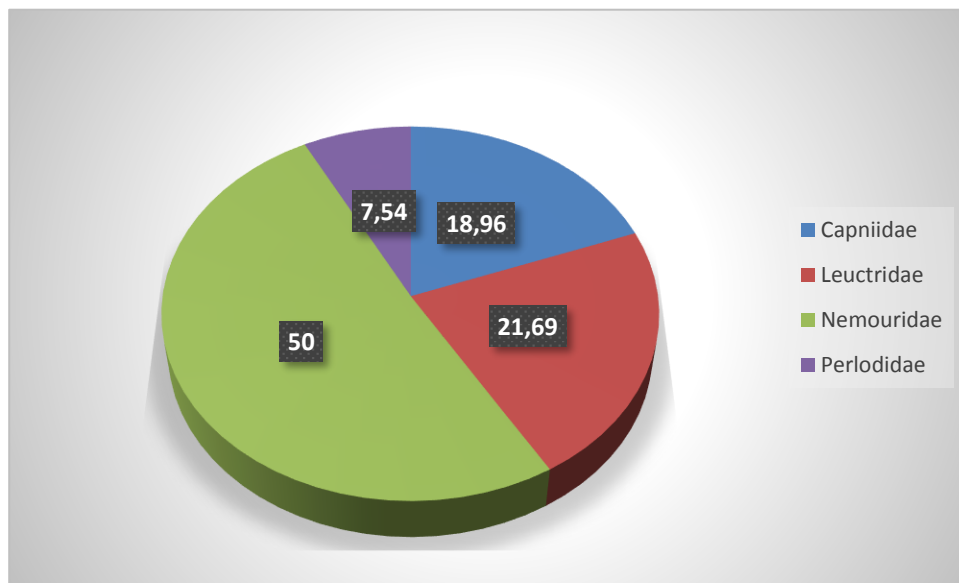


Figure 13 : Répartition des familles des plécoptères

D'après LOUNACI (2005), ce sont les cours d'eau d'altitude et de moyenne montagne bordée de végétation très dense qui semble constituer les habitats privilégiés des plécoptères.

Dans ce présent travail, les plécoptères ont été récoltés uniquement au niveau des stations d'altitudes (A1 :950m et A2 :610m) dont le milieu est spécifique : absence de pollution, altitude convenable, couvert végétal dense... (Figure 14).

Les éléments de cet ordre sont caractérisés par leurs exigences des milieux non pollués, ceci explique leurs absences au niveau des habitats de basse altitude exposés aux diverses perturbations anthropiques et qui influencent négativement sur les caractéristiques physicochimiques des milieux.

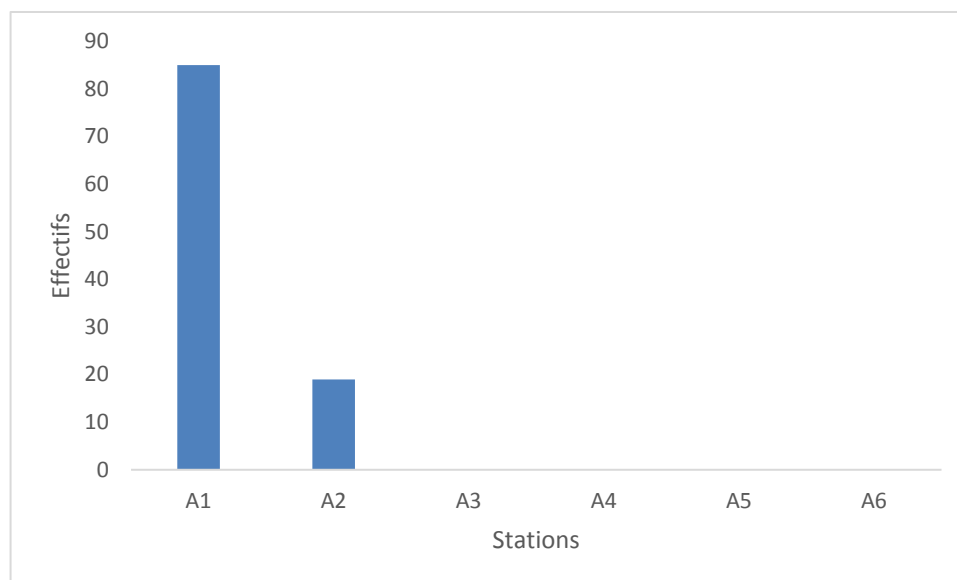


Figure 14 : Répartition des plécoptères au niveau des stations d'études

4.6. Autres groupes zoologiques

- **Les Amphipodes**

Dans ce travail, l'ordre des amphipodes est représenté que par une seule famille qui est celle des Gammaridae, 80 individus soit 2.9% de la faune totale est la récolte de cette famille uniquement au niveau de la station A1 qui présente une bonne qualité d'eau et les conditions favorables au développement des éléments de cet ordre.

- **Les Hétéroptères**

Les Hétéroptères aquatiques se rencontrent pratiquement en toute saison. A l'état adulte, ils hibernent et reprennent leur activité dès que la température s'adoucit. Chaque espèce a ses propres exigences écologiques (HAOUCHINE, 2011)

Dans ce présent travail, la population des Hétéroptères est faiblement représentée, elle ne compte que 12 individus soit 0.43% de la faune totale répartis en deux familles : Aphélocheridae et Gerridae.

- **Les Mollusques**

L'abondance de cet ordre est faible, seulement 31 individus ont été recensés soit 1.11% de la faune totale. Quatre familles représentent cet ordre : les Ancyliidae, les Physidae, les Planorbidae et les Viviparidae.

- **Les Odonates**

Selon JACQUEMIN (2001), les communautés d'Odonates constituent de bons indicateurs globaux de la qualité de l'eau. Elles sont peu diversifiées dans les cours d'eau à courant marqué.

Les odonates dans les stations étudiées sont peu fréquents, nous avons récolté que 20 individus soit 0.72% de la faune totale répartis en deux familles : Aeschinidae et Gamphidae.

- **Les Triclades**

L'ordre des Triclades est l'ordre le plus rare parmi la faune récoltée au niveau de toutes les stations d'études, il comporte seulement 5 individus (0.18% de la totalité des groupes faunistique trouvée), une seule famille représente cet ordre : les Dugesiidae.

- **Les Vers**

D'après VIVIEN & LAFONT (2015), les Oligochètes sont abondants dans les sédiments fins, sableux des cours d'eau. Ce groupe comprend des espèces résistantes aux pollutions et il est couramment utilisé comme bio indicateur de la qualité des sédiments fins sableux des cours d'eau.

Cet ordre est classé parmi les ordres à faible abondance au niveau de nos stations d'études.

25 individus ont été recensés soit 0.91% de la totalité de faune. Ils sont représentés par deux familles : les Lumbriculidae et les Tubificidae.

5. Evaluation de la qualité de l'eau

L'appréciation de la qualité d'un milieu aquatique à l'aide des méthodes biologiques est fondée sur l'application d'un principe général selon lequel à un milieu donné correspond une biocénose particulière. De ce fait, les peuplements d'un habitat peuvent être considérés comme l'expression synthétique de l'ensemble des facteurs écologiques qui conditionnent le système.

Les altérations du milieu, qui se traduisent par l'évolution de certains facteurs, provoquent alors des modifications plus ou moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge. Aussi, l'analyse de la composition d'un répertoire faunistique considéré isolément permet de définir l'état des milieux tandis que l'analyse comparative (amont-aval ou avant-après) permet d'évaluer l'effet du changement qui affecte les communautés.

Les organismes utilisés sont appelés indicateurs biologiques, ou bio-indicateurs. Ils sont définis comme étant tout organisme ou système biologique utilisé pour apprécier une modification (généralement une détérioration) de la qualité du milieu, quel que soit son niveau d'organisation et d'usage qui en est fait.

5.1 Méthodes indicielles macroinvertébrés

D'après ANGELIER (2000), les organismes sont des mémoires de pollutions temporaires. Ils peuvent également se comporter comme récepteurs commutatifs, en concentrant dans leurs tissus des polluants dont les concentrations dans l'eau sont inférieures au seuil de sensibilité des méthodes chimiques d'analyses. Par conséquent les communautés benthiques sont des observatoires permanent du milieu, et leurs études donnent une expression synthétique assez correcte de la qualité de l'eau et du substrat.

Les quatre principaux indices utilisant l'ensemble du peuplement de macroinvertébrés sont par ordre chronologique de mise au point et d'utilisation en France :

L'IB : indice biotique (TUFFERY & VERNEAUX, 1967).

L'IQBG : indice de qualité biologique global (VERNEAUX & *al.*, 1976).

L'IBG : indice biologique global (VERNAUX & *al.*, 1982).

L'IBGN : indice biologique global normalisé (1992).

5.2 Indice biologique global normalisé (IBGN)

L'IBGN est la méthode française normalisée d'évaluation de la qualité biologique d'un cours d'eau. Elle permet d'attribuer une note de qualité biologique du milieu, qui intègre à la fois l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et l'influence des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. Cette méthode évalue l'aptitude globale d'un milieu à héberger des êtres vivants en prenant en compte, à la fois la variété des macroinvertébrés benthiques, et la représentativité des habitats présents sur la station.

Son application est limitée à des cours d'eau accessibles à pieds. Cet indice fournit une note variant de 0 à 20, correspondant à cinq classes de qualité. Une note inférieure ou égale à 4 correspond à une qualité très mauvaise. Une note comprise entre 5 et 8 correspond à une qualité mauvaise. Une note comprise entre 9 et 12 correspond à une qualité moyenne.

Une note comprise entre 13 et 16 correspond à une qualité bonne. Une note supérieure ou égale à 17 correspond à une qualité très bonne.

5.3 Limite d'IBGN

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

- la valeur de référence est voisine de 20 dans la plupart des milieux non perturbés, mais elle peut être plus faible dans des situations typologiques extrêmes ou dans des milieux particuliers, sans qu'une perturbation en soit la cause.
- la valeur de l'IBGN peut présenter une variabilité saisonnière, conséquence des cycles biologiques de la macrofaune benthique et de l'évolution des conditions du milieu.

- les effets d'une même perturbation peuvent s'exprimer de manière différente selon le niveau typologique du site.

Dans le cadre de ce travail nous avons retenues l'IBGN comme méthode d'évaluation de la qualité des cours d'eau étudiés.

Ce choix est dicté par les avantages que présente cette méthode :

- Prise en compte de tous les groupes de macroinvertébrés.
- Facilité d'échantillonnage et de manipulation du matériel biologique.
- Limite pratique de détermination taxonomique en la famille pour la plupart des groupes faunistiques (insectes) et l'embranchement, la classe ou l'ordre dans certains cas (Crustacés, Mollusques).
- Large facilité d'applications.

5.4 Répertoire des organismes retenus

Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 138 taxons (annexe 4). L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe. Parmi les 138 taxons, 38 d'entre eux constituent 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numérotés de 1 à 9 dans le tableau de détermination, par ordre de polluosensibilité croissante.

5.5 Calcul de l'IBGN

L'IBGN est établi à partir d'un tableau d'analyse (annexe 5) extrait de la norme AFNOR T90-350-déc.1992, comportant en ligne 9 groupes faunistiques indicateur et en colonne 14 classes de variété taxonomique, classés par ordre décroissant de sensibilité aux pollutions (Tableau 6) on détermine donc :

La variété taxonomique Σt : elle correspond au nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvés sur place

Le groupe indicateur (GI) : on prospectera les colonnes du tableau de haut en bas (de GI 9 à GI 1) en arrêtant l'examen à la première présence significative d'un taxon répertoire en ordonnée du tableau. Prenant compte que les taxons sont représentés par au moins 10 individus - les autres par au moins 3 individus.

Les valeurs d'IBGN sont comprises entre 1 et 20 selon la diversité taxonomique de la station et la présence ou l'absence de taxons indicateurs.

Dans la norme AFNOR, la qualité hydrobiologique est définie selon cinq niveaux de couleur permettant une représentation cartographique des résultats (tableau 6).

Tableau 6 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (norme AFNOR T90-350 ;1992)

| Valeur de l'IBGN | ≥17 | 16-13 | 12-9 | 8-5 | ≤4 |
|------------------------|------------|---------|---------|------------|-----------|
| Classe de qualité | 1A | 1B | 2 | 3 | HC |
| Qualité de l'eau | Excellente | Bonne | Moyenne | Médiocre | Mauvaise |
| Pollution | Absente | Modérée | Nette | Importante | Excessive |
| Couleur correspondante | Bleu | Vert | Jaune | Orange | Rouge |

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe 1A (couleur bleu) : qualité excellente, absence de pollution.
- Classe 1B (couleur verte) : qualité bonne, pollution modérée.
- Classe 2 (couleur jaune) : qualité moyenne, pollution nette.
- Classe 3 (couleur orange) : qualité médiocre, pollution importante.
- Hors classe (couleur rouge) : qualité mauvaise, pollution excessive.

Le tableau 7 résume les résultats des analyses hydrobiologiques obtenus : diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur d'IBGN, classe de qualité et qualité hydrobiologique en se référant aux annexes 4 et 5.

Les résultats des analyses sont obtenus en intégrant deux facteurs déterminant :

- La diversité faunistique est la potentialité de la faune.
- La nature du groupe indicateur qui reflète la qualité de l'eau.

5.6 Analyse de la qualité d'eau des stations étudiées

Le tableau 7 et la figure 17 résume les résultats d'analyse hydrobiologique, altitude, diversité taxonomique, groupe indicateurs, valeurs d'IBGN et la classe de qualité de l'eau.

Tableau 7 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées

| Stations | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|-------------------|-------|-------|----------|---------|---------|---------|
| Altitude | 950 | 610 | 540 | 480 | 450 | 430 |
| Nombre de taxons | 18 | 19 | 18 | 14 | 16 | 15 |
| Groupe indicateur | 8 | 9 | 3 | 7 | 7 | 6 |
| IBGN | 13 | 14 | 8 | 11 | 11 | 10 |
| Classe de qualité | 1B | 1B | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Qualité de l'eau | Bonne | Bonne | Médiocre | Moyenne | Moyenne | Moyenne |
| Couleur | Vert | Vert | Orange | Jaune | Jaune | Jaune |

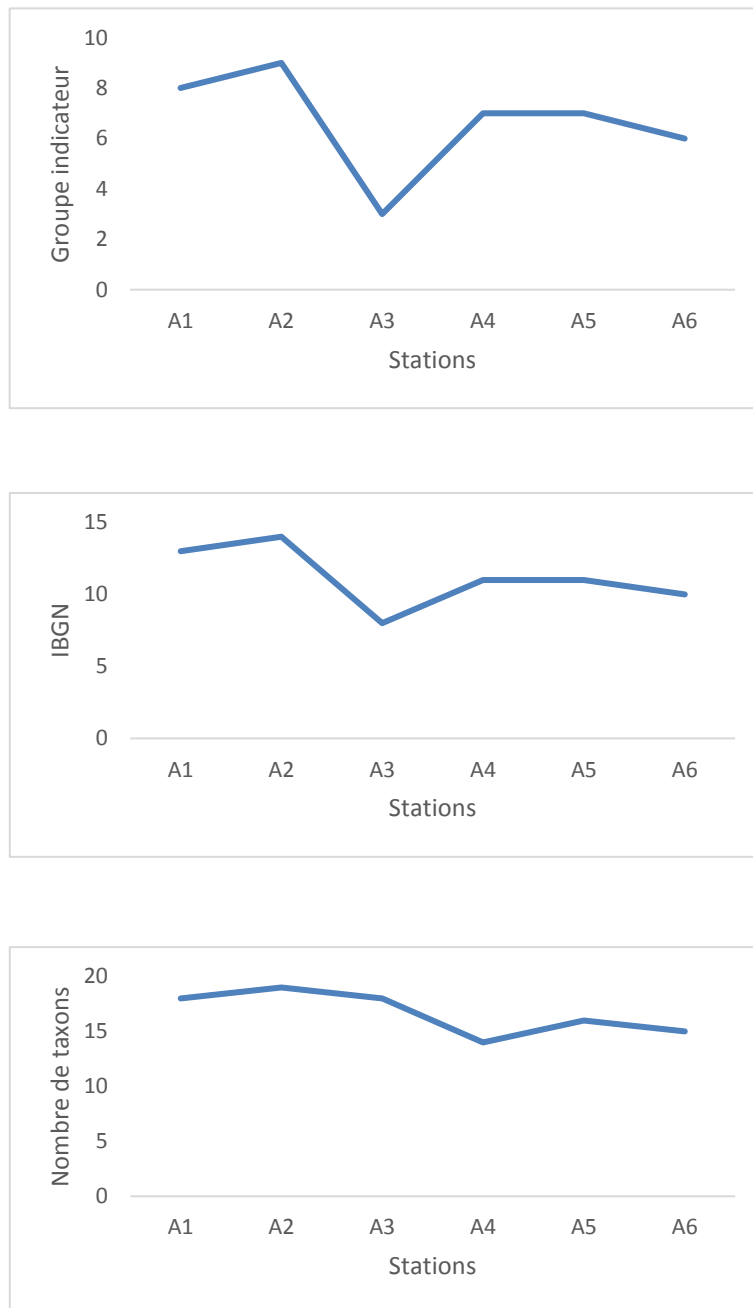


Figure 15 : Analyse hydrobiologique des stations d'études

- **Station (A1, A2)**

La qualité hydrobiologique observée au niveau de ces stations est bonne, leurs IBGN est respectivement 13 et 14, leur classe de qualité est 1B, un nombre de taxon de 18 et son groupe indicateur est de 8, toutes ces informations indiquent une absence de pollution et une bonne qualité d'eau.

Ces résultats représentent les caractéristiques des stations qui présentent une bonne végétation, des températures basses et l'absence totale de pollution qui est la résulte d'absence des perturbation anthropiques dans ces milieux.

Les groupes faunistiques sont représentés d'une façon homogène, principalement les Plécoptères, les Coléoptères et les Amphipodes qu'on considère comme des taxons les plus polluosensibles.

- **Station A3 :**

La qualité hydrobiologique obtenue au niveau de cette station est médiocre son IBGN=8, classe de qualité 3, un nombre de taxon 18 et son groupe indicateur est de 3, les familles présentes au niveau de cette station sont peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et du milieu.

Cette station est la plus polluée de toutes les stations étudiées, elle est touchée par plusieurs types de pollution anthropiques comme les rejets urbains, les rejets domestiques et le pâturage...ce qui a influencé négativement sur ces caractéristiques physicochimiques.

Notons aussi qu'au niveau de cette station, en plus de tous les rejets des villages d'Ath-Ouacif, y'a un rajout d'un autre effluent en provenance d'Iboudraren, Ath Yenni et Tizi n'Kouilal.

Du coup, les groupes zoologiques qu'on retrouve au niveau de cette station se composent d'éléments les plus polluo-resistants qui existent, notamment les Diptères (ex : les Chironomidae) et les Ephéméroptères (ex : les Beatidae) qui dominent en diversité et en biomasse.

- **Stations (A4, A5, A6)**

Au niveau de ces stations de plaine on a remarqué une amélioration de La qualité hydrobiologique qui est qualifiée de moyenne grâce au phénomène d'autoépuration, l'IBGN varie de 10 à 11, classe de qualité 2, un nombre de taxon qui fluctue entre 14 et 16 et leurs groupes indicateurs oscille entre 6 et 7 en indiquant une altération légère au niveau de ces trois stations.

Les familles présentes sont plus au moins exigeantes vis-à-vis de la pollution et les groupes zoologiques sont plus au moins polluo-resistants.

Les trois ordres dominants sont les Diptères, les Epheméroptères et les Trichoptères qui sont caractérisés par une large valence écologique.

La figure 18 représente la localisation des stations étudiées dans la région d'étude avec une indication de la qualité hydrobiologique de chaque station.

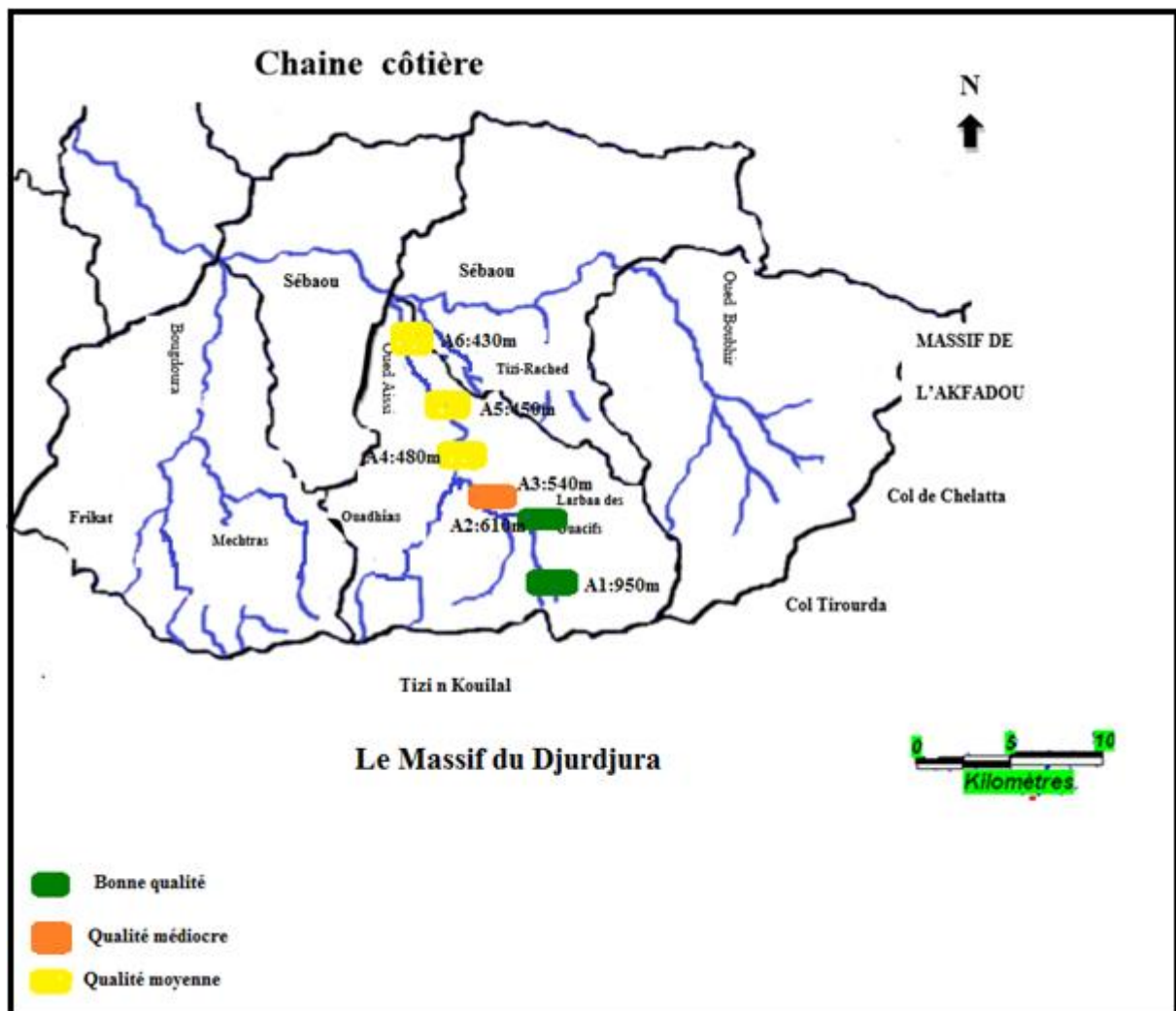


Figure 16 : Représentation de la qualité hydrobiologique des stations étudiées

II. Résultats des analyses physicochimiques

1. Discussion des analyses physicochimiques

Les résultats de l'analyse physicochimique de nos échantillons sont établis sur les tableaux 8, 9, 10 et 11. Notons que ces analyses ont été effectuées du 18 au 21 juin 2019 au niveau du laboratoire de SEAAL de Tizi-Ouzou.

La grille de classification et les normes de la qualité des eaux est portée sur l'annexe 15.

Lors de l'analyse des échantillons prélevés au niveau des stations d'études nous avons remarqué une variation des différents paramètres étudiés (conductivité, température, ph...)

D'après le tableau 8 et l'annexe 15 on constate que les échantillons prélevés sont caractérisés par une bonne température qui est inférieure à 20°C, un PH basique qui varie entre 8,18 et 8,41.

Leur conductivité est plus au moins élevées ces valeurs oscillent entre 262 et 595 traduisant une minéralisation qui s'explique par la présence des sels minéraux.

Les valeurs de turbidité des stations d'études varient entre 0.57 et 2.17. Ces valeurs peuvent traduire la faible concentration de MES, ce qui favorise la pénétration de la lumière et l'oxygène au niveau des eaux de ces stations, donc une possibilité de la vie aquatique.

Selon le tableau obtenu par l'ANRH (annexe 15) les valeurs de l'oxygène dissous qui varie entre 7.04 et 9.9 montre que ces stations sont bien oxygénées, ce paramètre favorise la croissance des microorganismes qui dégradent la matière organique en consommant de l'oxygène, ce qui témoigne l'effet auto épuratoire des cours d'eau.

Tableau 8 : Résultats de l'analyse physicochimique des six échantillons (Paramètres de table).

| Stations Paramètres | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Couleur (Hazen) | 0 | 7 | 14 | 6 | 5 | 5 |
| Température (°C) | 16.6 | 15.7 | 15 | 15.5 | 15.2 | 15.5 |
| Ph | 8.21 | 8.21 | 8.23 | 8.18 | 8.29 | 8.41 |
| Turbidité (NTU) | 1.41 | 1.62 | 1.97 | 0.57 | 1.49 | 2.17 |
| Conductivité (µs/cm) | 262 | 402 | 481 | 498 | 562 | 595 |
| MES (mg/l) | 2 | 8 | 31 | 2 | 5 | 5 |
| Oxygène dissous (mg/l) | 9.90 | 8.62 | 7.04 | 7.23 | 7.30 | 8.04 |

2. Résultats et discussion des paramètres relatifs à la pollution

La lecture des résultats portés sur le tableau 9 et la grille de classifications des eaux superficielle fournie par l'ANRH montre une variation de la qualité des eaux au niveau des stations étudiées.

Les valeurs des différents paramètres de pollution étudiés varient d'une station à une autre, la présence de ces éléments (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) dans les cours d'eaux affirme que le processus d'autoépuration a déjà joué son rôle engendrant une diminution de l'oxygène dissous (oxydation de l'ammonium en nitrites puis des nitrites en nitrates).

Les valeurs de phosphore enregistré au niveau de nos stations varient de 0 à 0.17, cet élément a une influence sur le développement des algues.

Les faibles teneurs de cet élément au niveau des stations étudiées mise à part la station A3 ou on a enregistré une forte présence de phosphore empêche le développement et la multiplication des algues, donc absence du phénomène d'eutrophisation.

Tableau 9 : Résultats des paramètres de pollution

| Stations Paramètres | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NH_4^+ (mg/l) | 0.01 | 0.06 | 0.77 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| NO_2^- (mg/l) | 0.003 | 0.029 | 0.349 | 0.033 | 0.017 | 0.011 |
| NO_3^- (mg/l) | 1.62 | 2.91 | 4.10 | 3.32 | 4.34 | 1.85 |
| PO_4^{3-} (mg/l) | 0 | 0.02 | 0.17 | 0 | 0.03 | 0.01 |

3. Evaluation de l'indice de pollution organique

L'interprétation de l'indice de pollution organique des échantillons indique le degré de l'altération des cours d'eau étudiés. La méthode de traitement de données basé sur cet indice (IPO) est consignée au niveau de l'annexe 17.

Les résultats obtenus de l'étude effectuée au niveau du laboratoire de SEEAL nous ont permis de calculer l'indice de pollution organique en utilisant les paramètres portés sur le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats des paramètres de pollution utilisés pour calculer l'indice de pollution organique

| Stations \ Paramètres | NH ₄ ⁺ | NO ₂ ⁻ | PO ₄ ³⁻ |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| A1 | 0.01 | 0.003 | 0 |
| A2 | 0.06 | 0.029 | 0.02 |
| A3 | 0.77 | 0.349 | 0.17 |
| A4 | 0.03 | 0.033 | 0 |
| A5 | 0.02 | 0.017 | 0.03 |
| A6 | 0.02 | 0.011 | 0.01 |

Le tableau 11 représente les résultats d'évaluations de l'indice de pollution organique dans les stations de la région d'étude.

Tableau 11 : Evaluation de l'indice de pollution organique dans les stations étudiées

| Stations Paramètres | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|---|----|----|------|------|----|------|
| NH ₄ ⁺ (mg/l) | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| NO ₂ ⁻ (mg/l) | 5 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| PO ₄ ³⁻ (mg/l) | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| IPO | 5 | 4 | 2.66 | 4.33 | 4 | 4.33 |

D'après le tableau 11 et l'annexe 17, on remarque une faible teneur d'éléments minéraux au niveau de la station A1, son IPO =5 ceci montre une absence totale de pollution.

Une légère pollution a été apparue dans la station A2 qui est touchée par les rejets domestiques, cette pollution est en corrélation avec l'augmentation des éléments minéraux.

La pollution la plus élevée a été enregistrée au niveau de la station A3 où la valeur d'IPO = 2.66.

Cette pollution est due à l'augmentation de la teneur des éléments minéraux dans l'eau de cette station après avoir été touchée par les différentes sources de pollutions naturelles et anthropiques favorisant le développement et la multiplication des algues et ainsi à l'eutrophisation.

Au niveau des stations A4, A5 et A6, une faible teneur d'éléments minéraux a été enregistrée, leur IPO varie entre 4 et 4.33, cette diminution résulte du phénomène d'autoépuration.

Ces résultats sont exprimés sous forme de graphe (Figure 17).

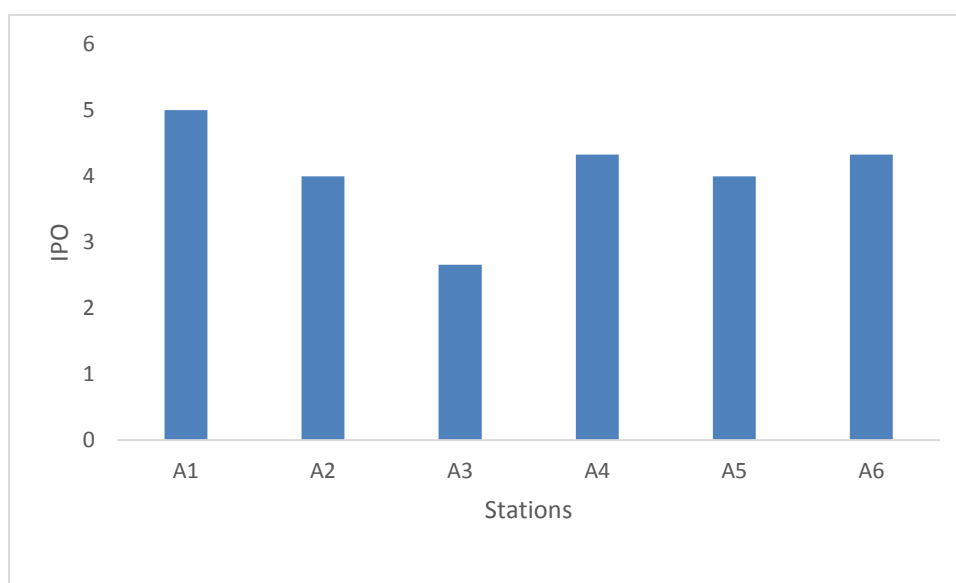


Figure 17 : Evaluation de l'indice de pollution organique dans les stations étudiées

III. Résultats et interprétation des paramètres bactériologiques

Cette étude est portée essentiellement sur le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux, et les streptocoques, ce dénombrement a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne dans les stations étudiées (annexe 16).

Les résultats des analyses bactériologiques utiliser pour évoluer la qualité des eaux des stations étudiées sont portés sur le (tableau 12) et (la figure 20) notons que ces analyses ont été effectués du 18 au 21 juin 2019 au laboratoire de SEAAL de Tizi-Ouzou.

Les normes de la qualité bactériologique utilisés pour la classification des eaux superficielles sont portées sur l'annexe 15.

Tableau 12 : Résultats de l'analyse bactériologique des stations étudiées

| Stations | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|-------------------------------------|-----|------|-------|------|-------|-------|
| Coliformes totaux (UFC/100ml) | 700 | 6400 | 70800 | 6400 | 6000 | 3600 |
| <i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml) | 100 | 1400 | 1600 | 1400 | 700 | 0 |
| Streptocoques (UFC/100ml) | 0 | 500 | 1200 | 0 | 18800 | 21200 |

1. Coliformes totaux

L'analyse bactériologique au niveau des cours d'eau étudiés montre que le taux des coliformes totaux varie d'une station à une autre (tableau 12 et figure 18).

Au niveau de la station (A1), le nombre de colonies est faibles (700 UFC) car les conditions sont défavorables pour la prolifération de ce genre de bactéries vue que la pollution au niveau de cette station est nulle.

Dans la station (A2) on constate une légère prolifération due aux changements des conditions du milieu et à l'apparition d'une pollution domestique contribuant à ce développement.

Le plus grand taux de colonies bactériennes a été enregistré au niveau de la station A3 : 70800 UFC. Cette prolifération résulte probablement de l'apparition d'une pollution fécale récente à fort débit et un taux élevé de matière organique, conditions favorables au développement de ces bactéries qui engendrent une diminution d'oxygène au cours de processus de développement de ces bactéries en consommant de la matière organique.

D'après la grille de classification fournie par l'ANRH (Annexe 15), ces valeurs représentent une pollution excessive au niveau de cette station.

Dans les stations de moyenne et de basse altitude (A4, A5 et A6), on remarque une diminution du nombre de colonies bactériennes qui varie entre 3600 et 6400 UFC, cette diminution s'explique essentiellement par le phénomène d'autoépuration.

2. *Escherichia coli*

Les résultats d'analyses effectuées montrent que le développement d'E.Coli est presque faible au niveau de toutes les stations, mais avec un taux un peu plus élevé dans les stations (A2, A3 et A4). Ces stations ont été touchées par différents types de pollution.

Notons que E. Coli est une bactérie de genre thermotolérant et que les températures de nos stations ne dépassent pas les 28 c°, ainsi que le PH au niveau de nos stations est basique et que E. Coli prolifère dans les milieux acides, donc toutes les conditions sont défavorables pour leurs développements (tableau 12 et figure 18).

3. Streptocoques

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'il y a une très faible prolifération des colonies bactériennes de genre streptocoques au niveau des stations (A2, A3) et une absence totale dans les stations (A1, A4). Cela est dû à l'absence des conditions de développement des bactéries de genre streptocoques.

Une augmentation de taux des colonies bactériennes des streptocoques de 18800 et 21200 colonies ont été respectivement enregistrées dans les stations A5 et A6.

Cette présence bactérienne témoigne d'une contamination ancienne des eaux de ces deux stations (tableau 12 et figure 18).

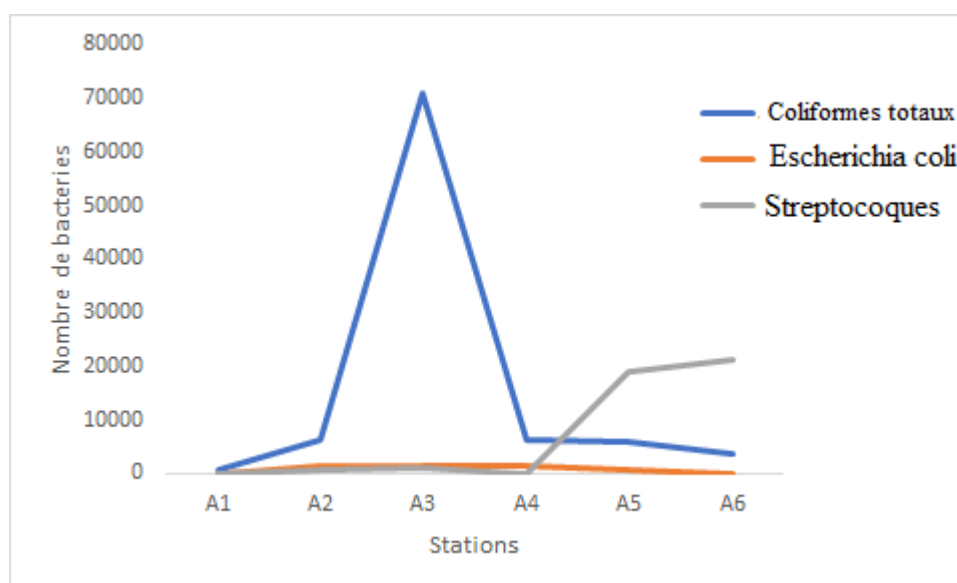


Figure 18 : Analyse bactériologique des stations d'études

L'étude de la qualité hydrobiologique des stations étudiées par la voie biologique a montré que la qualité hydrique est hétérogène, elle varie de bonne à médiocre.

Les résultats montrent une dégradation nette de la qualité d'eau au niveau de nos stations en fonction des différents types de pollution ayant touché nos stations. La valeur d'IBGN chute de 6 points (de 14 à 8).

Les résultats des analyses physicochimiques confirment les résultats de l'étude biologiques, les échantillons sont caractérisés par :

- Une température inférieure à 20 °C.
- Un PH qui varie entre 8.18 et 8.41.
- Un taux de conductivité qui oscille de 262 à 595 $\mu\text{s}/\text{cm}$,

Ces valeurs dévoilent la présence des sels minéraux au niveau des eaux de nos stations.

Les stations sont bien oxygénées avec une moyenne de 8.021 mg/l, sachant que la diminution de cet élément est liée à la dégradation de la matière organique par les bactéries.

Les paramètres de pollution présentent des variations d'une station à une autre et une forte concentration au niveau de la station A3 qui est la station la plus polluée (elle contient 0.349 mg/l de nitrite, 4.1 mg/l de nitrate et 0.77 mg/l de phosphate).

L'indice de pollution organique passe de 2.66 à 5 de la station A1 à la station A6. La pollution la plus forte a été enregistrée au niveau de la station A3 avec un IPO qui égale à 2.66.

Une diminution de la pollution a été remarquée dans les stations A4, A5 et A6, résulte du phénomène d'autoépuration.

L'étude bactériologique indique que les stations étudiées renferment une charge importante de coliformes totaux et de streptocoques surtout au niveau de la station A3 et aussi A5 et A6, Ces bactéries consomment l'oxygène en dégradant la matière organique afin d'assurer leurs développements.

Ces résultats bactériologiques confirment les résultats des deux études précédentes.

La récolte dans les six stations échantillonnées entre 950 et 430 m d'altitude a révélé un total de 2767 individus repartis en 11 groupes zoologiques d'importance inégale.

L'analyse de la structure des peuplements des cours d'eau étudiés nous a permis de montrer qu'il y a une hétérogénéité dans la diversité taxonomique au niveau des stations étudiées en allant de l'amont jusqu'à l'aval.

L'étude de la qualité hydrobiologique des stations étudiées par la voie biologique a montré que la qualité hydrique est hétérogène, elle varie de bonne à médiocre.

Les résultats montrent une dégradation nette de la qualité d'eau au niveau de nos stations en fonction des différents types de pollution ayant touché nos stations. La valeur d'IBGN chute de 6 points (de 14 à 8).

Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que les échantillons sont caractérisés par :

- Une température inférieure à 20 °C.
- Un PH qui varie entre 8.18 et 8.41.
- Un taux de conductivité qui oscille de 262 à 595 $\mu\text{s}/\text{cm}$,

Ces valeurs dévoilent la présence des sels minéraux au niveau des eaux de nos stations.

Les stations sont bien oxygénées avec une moyenne de 8.021 mg/l, sachant que la diminution de cet élément est liée à la dégradation de la matière organique par les bactéries.

Les paramètres de pollution présentent des variations d'une station à une autre et une forte concentration au niveau de la station A3 qui est la station la plus polluée (elle contient 0.349 mg/l de nitrite, 4.1 mg/l de nitrate et 0.77 mg/l de phosphate).

L'indice de pollution organique passe de 2.66 à 5 de la station A1 à la station A6. La pollution la plus forte a été enregistrée au niveau de la station A3 avec un IPO qui égale à 2.66.

Une diminution de la pollution a été remarquée dans les stations A4, A5 et A6, résulte du phénomène d'autoépuration.

L'étude bactériologique indique que les stations étudiées renferment une charge importante de coliformes totaux et de streptocoques surtout au niveau de la station A3 et aussi A5 et A6, Ces bactéries consomment l'oxygène en dégradant la matière organique afin d'assurer leurs développements.

Suite aux résultats de l'étude biologique on a pu classer la qualité des eaux de nos stations en trois catégories :

- Une bonne qualité pour les stations A1 et A2.
- Une qualité médiocre pour la station A3.
- Une moyenne qualité pour les stations A4, A5 et A6.

Ces résultats biologiques ont été confirmés par les deux autres méthodes : physicochimique et bactériologique.

L'évaluation des éléments minéraux par le volet physicochimique affirme que : la qualité est bonne pour la station A1, une qualité polluée dans la station A3 et une moyenne qualité dans les stations A4, A5 et A6.

La charge microbienne évaluée par la voie microbiologique nous a montré que le développement des colonies bactériennes varie d'une station à une autre, sachant que la station A1 a une eau de bonne qualité et que les stations A4, A5 et A6 ont une eau de moyenne qualité et que la plus forte charge bactérienne a été marquée au niveau de la station A3 ce qui explique la mauvaise qualité de cette station.

Enfin et afin de bien préserver les réseaux hydrographiques et la faune benthique, il est important de :

- Prospector régulièrement les réseaux hydrographiques pour avoir un bilan annuel.
- Réglementer les prélèvements des oueds et aussi le pompage des eaux afin que les habitats reprennent leur forme initiale.
- Obliger les citoyens à raccorder à l'égout et l'installation des stations d'épuration des eaux usées.

En dernier il est primordial de transmettre aux gens une éducation écologique et environnementale et les faire sensibiliser aux dangers qui guettent notre environnement.



Annexe 1 : Filet Surber



Annexe 2 : Tamis à mailles décroissantes



Annexe 3 : Clef de détermination ; Loupe binoculaire

Annexe 4 : Listes des 138 taxons (extrait norme AFNOR T 90-350, 1992)

| | | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| INSECTES | HETEROPTERES | | |
| PLECOPTERES | Aphelocheiridae | Ptechopteridae | |
| Capniidae (8) | (3) | Rhagionidae | MOLLUSQUES (2) |
| Chloroperlidae (9) | Corixidae | Scatophagidae | BIVALVES |
| Leuctridae (7) | Gerridae | Sciomyzidae | Corbiculidae |
| Nemouridae (6) | Hebridae | Simuliidae | Dreissenidae |
| Perlidae (9) | Hydrometridae | Stratiomyidae | Sphaeriidae |
| Perlodidae (9) | Naucoridae | Syrphidae | Unionidae |
| Taeniopterygidae (9) | Nepidae | Tabanidae | GASTEROPODES |
| TRICHOPTERES | Notonectidae | Thaumaleidae | Ancylidae |
| Beraeidae (7) | Mesoveliidae | Tipulidae | Bithynidae |
| Brachycentridae (8) | Pleidae | ODONATES | Bythinellidae |
| Ecnomidae | Veliidae | Aeschnidae | Hydrobiidae |
| Glossosomatidae (7) | COLEOPTERES | Calopterygidae | Limnaeidae |
| Goeridae (7) | Curculionidae | Coenagrionidae | Neritidae |
| Helicopsychidae | Donaciidae | Cordulegasteridae | Physidae |
| Hydropsychidae (3) | Dryopidae | Corduliidae | Plonorbidae |
| Hydroptilidae (5) | Dytiscidae | Gomphidae | Valvatidae |
| Lepidostomatidae (6) | Eubriidae | Lestidae | Viviparidae |
| Leptoceridae (4) | Elmidae (2) | Libellulidae | VERS |
| Limnophilidae (3) | Gyrinidae | Platycnemididae | PLATHELMINTHES |
| Molannidae | Haliplidae | MEGALOPTERES | TRICLADES |
| Odontoceridae (8) | Helodidae | Sialidae | Dendrocoelidae |
| Philopotamidae (8) | Helophoridae | PLANIPENNES | Dugesidae |
| Phryganeidae | Hyraenidae | Osmylidae | Planariidae |
| Polycentropodidae (4) | Hydrochidae | Sysiridae | NEMATHELMINTHES |
| Psychomyidae (4) | Hydrophilidae | HYMENOPTERES | ANNELIDES |
| Rhyacophilidae (4) | Hydroscaphidae | LEPIDOPTERES | ACHETES |
| Sericostomatidae (6) | Hygrobidae | Pyrilidae | Erpodbellidae |
| Thremmatidae | Limnobiidae | | Glossiphoniidae |
| | Spercheidae | CRUSTACES | Hirudidae |
| EPHEMEROPTERES | DIPTERES | BRANCHIOPODES | Piscicolidae |
| Betidaes (2) | Anthomyidae | AMPHIPODES | OLIGOCHETES |
| Caenidae (2) | Athericidae | Gammaridae (2) | HYDRACARIENS |
| Ephemerellidae (4) | Blephariceridae | ISOPODES | HYDROZOAIRES |
| Ephemeridae (6) | Ceratopogonidae | Asellidae (1) | SPONGIAIRES |
| Heptageniidae (5) | Chaoboridae | DECAPODES | BRYOZOAIRES |
| Leptophlebiidae (7) | Chironomidae (1) | Astacidae | |
| Oligoneuriidae | Culicidae | Atyidae | |
| Poymitarcidae (5) | Dixidae | Grapsidae | |
| Potamanthidae (5) | Dolichopodidae | Cambaridae | |
| Prosopistomatidae | Empididae | | |
| Siphonuridae | Ephydriidae | | |
| | Limoniidae | | |
| | Psychodidae | | NEMERTIENS |

Annexe 5 : Valeur de L'IBGN selon la nature et la variété taxonomique du macrofaune.

(Extrait de la norme AFNOR T 90-350, 1992)

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

Annexe 6 : Détermination de potentiel d'hydrogène

Selon la norme internationale ISO 10523, la détermination du pH se fait comme suit :

- Vérifier le pH mètre avec une solution tampon.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillé.
- Prendre environ 100 ml de l'échantillon à analyser dans un bêcher.
- Régler l'agitateur avec une faible vitesse d'agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noté la valeur du pH donnée par le pH mètre.



PH mètre

Annexe 7 : Détermination de la turbidité

La détermination de la turbidité se fait selon les étapes suivantes :

- Homogénéiser doucement l'échantillon avant mesure.
- La cellule de mesure doit être propre et essuyée.
- Avant chaque utilisation, elle doit être rincé avec l'échantillon à analyser avant mesure.
- Remplir la cellule, la sécher.
- Insérer la cellule dans le puits de mesure.
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur.
- Les résultats sont exprimés en NTU.



Turbidimètre

Annexe 8 : Détermination de la conductivité

Selon la norme internationale ISO 7888, le mode opératoire est le suivant :

- Prendre un échantillon conservé dans de bonne conditions (température ambiante).
- Mettre l'électrode dans le bêcher, puis appuyer sur la touche « **Read** »,
- La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou bien (ms/cm).

$$1 \text{ ms}/\text{cm} = 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$$



Conductimètre

Annexe 9 : Détermination de la matière en suspension

Le mode opératoire par filtration sur filtre suit la norme ISO 11923 :

- La première étape consiste à faire passer l'eau à analyser à travers un filtre afin de retenir toutes les particules de taille supérieure à $0.45 \mu\text{m}$.
- Le filtre sera séché dans une étuve à 105°C pendant 4 h.
- Le filtre doit être pesé avant et après la filtration.

La différence de poids permet de connaître le poids sec totale de la matière en suspension dans le volume filtré correspondant.



Etuve à 105°C

Les concentrations sont calculées selon la formule suivante :

$$\text{MES} = \text{P2} - \text{P1}$$

Soit :

MES : concentration de la matière en suspension

P2 : poids de filtre avant filtration

P1 : poids de filtre après filtration

V : le volume filtré



Balance de précision

Annexe 10 : Détermination de l'oxygène dissous

Le mode opératoire selon la norme ISO 5814 est comme suit :

- Placer l'électrode dans l'échantillon.
- Agiter correctement l'échantillon ou remuer l'électrode dans l'échantillon afin de retirer toutes bulles d'air de la membrane.
- Le résultat de mesure s'affiche lorsque la valeur de mesure est stabilisée.
- Les résultats sont donnés en concentration (mg/l) ou en taux de saturation (pourcentage d'oxygène dissous).



Auximètre

Annexe 11 : Détermination de l'ammonium

Selon la norme ISO 7150, le mode opératoire est comme suit :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I (réactif coloré).
- Ajouter 4 ml du réactif II (dichloroisocyanurate de sodium), ajuster à 50 ml avec l'eau distillé et attendre 1 h.
- L'apparition de la coloration verdâtre foncée indique la présence de NH_4^+ .
- Mesurer avec le spectrophotomètre.
- Les résultats sont indiqués en mg/l.



Un spectrophotomètre DR 6000

Détermination des nitrites (NO_2^-)

Selon la norme internationale ISO 6777, le mode opératoire est le suivant :

- Introduire dans une fiole jaugée de 50 ml un volume de 40 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif coloré.
- Ajuster à 50 ml avec de l'eau distillé.
- Homogénéiser et laisser la solution 20 minutes.
- Mesurer avec un spectrophotomètre à la longueur d'onde correspondant à l'absorbance maximal (environ 540 nm).

Détermination des nitrates (NO_3^-)

Selon la norme ISO 7890, la détermination des nitrates se fait comme suit :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% si le pH de l'échantillon n'est pas adéquat.
 - Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
 - Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C (ne pas surchauffer ni chauffer très longtemps), laisser refroidir.
 - Reprendre le résidu pour 2 ml, H_2SO_4 repos 10 mn.
-

- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double puis passer au spectrophotomètre a la longueur d'onde 415 mn.
- Le résultat est donne en mg/l.

Détermination du phosphate

Selon la norme ISO 6878, détermination des nitrates se fait comme suit :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 30 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des phosphates.

Annexe 12 : Dosage de la matière organique

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du Permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.

- Prendre 50 ml de l'échantillon ;
- Acidifier l'échantillon avec 20 ml d'acide sulfurique pour avoir une meilleure réaction de Permanganate de potassium.
- Ajouter 20 ml de Permanganate de potassium et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes : au cours de cette phase, le Permanganate de potassium sera consommé par les matières oxydables contenues dans l'échantillon.
- Après 10 minutes d'ébullition, ajouter 20 ml d'oxalate de sodium (solution titrée) pour décolorer la solution ;
- Titrer une autre fois la solution avec la solution de permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle, puis noter le volume de la solution de permanganate de potassium.

Expression des résultats

L'indice de Permanganate (IP), exprimé en milligrammes d'oxygène par litre d'échantillon (selon ISO 9001), peut alors se calculer comme suit :

$$IP \text{ (mg/l)} = [(V_{\text{Echantillon}} - V_{\text{BL}}) / V_{\text{Retour}}] \times M_{O_2}$$

- $V_{\text{Echantillon}}$ = volume en ml de la solution de potassium utilisée pour le titrage de l'échantillon.
- V_{BL} = volume en ml de la solution de potassium utilisée pour l'essai à blanc.
- V_{Retour} = volume en ml de la solution de potassium titré utilisé pour le dosage de retour.
- M_{O_2} = masse molaire de l'oxygène



Plaque chauffante

Annexe 13 : Résultats des paramètres physicochimiques obtenues au niveau de laboratoire de SEEAL

| Paramètres | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|-------------------|-----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| O2 | 9,9 | 8,62 | 7,04 | 7,23 | 7,3 | 8,04 |
| CON | 262 | 402 | 481 | 498 | 562 | 595 |
| T° | 16,6 | 15,7 | 15 | 15,5 | 15,2 | 15,5 |
| Turbidité | 1,41 | 1,62 | 1,97 | 0,57 | 1,49 | 2,17 |
| PH | 8,21 | 8,21 | 8,23 | 8,18 | 8,29 | 8,41 |
| Couleur | 0 | 7 | 14 | 6 | 5 | 5 |
| Al ³⁺ | 0,002 | 0,009 | 0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,015 |
| NO ²⁻ | 0,003 | 0,029 | 0,349 | 0,033 | 0,017 | 0,011 |
| PO4 ³⁻ | 0 | 0,02 | 0,17 | 0 | 0,03 | 0,01 |
| NH ⁴⁺ | 0,01 | 0,06 | 0,77 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| Ta | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,2 | 1,3 |
| Tac | 11,9 | 18,8 | 19,8 | 20,7 | 20,2 | 20,4 |
| TH | 154 | 236 | 282 | 248 | 242 | 272 |
| Ca ²⁺ | 48 | 73,6 | 78,4 | 73,6 | 84,8 | 88 |
| Mg ²⁺ | 8,262 | 12,636 | 20,898 | 15,552 | 7,29 | 12,636 |
| Cl ⁻ | 6,9482 | 7,9408 | 14,889 | 18,8594 | 36,7262 | 42,6818 |
| MO | 1,1 | 1,58 | 2,53 | 1,26 | 1,42 | 1,42 |
| RS | 156 | 228 | 318 | 376 | 326 | 402 |
| MES | 2 | 8 | 31 | 2 | 5 | 5 |
| Fe ²⁺ | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,03 | 0,01 | 0,01 |
| Mn ²⁺ | 0,002 | 0,012 | 0 | 0,008 | 0,011 | 0,031 |
| SO ²⁻ | 6 | 23 | 32 | 38 | 50 | 49 |
| UV | 0,010*100 | 0,024 | 0,036 | 0,017 | 0,028 | 0,022 |
| NO ³⁻ | 1,62 | 2,91 | 4,1 | 3,32 | 4,34 | 1,85 |

Annexe 14 : Le dispositif utilisé dans l'étude bactériologique



**Bec
bunsen**

**Rampe
de
filtration
graduée**



Membrane de filtration + Boite pétrie



Incubateur

Annexes 15 : Grille de classification des eaux superficielles utilisées par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH).

| Qualité Paramètres | Bonne | Moyenne | Polluée | Excessivement polluée |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------|--------------------------|
| O ₂ dissous(mg/l) | > 7 | 5 à 7 | 3 à 5 | < 3 |
| Température(c°) | < 20 | 20 à 22 | 20 à 25 | 25 à 30 |
| Ph | 6,5 à 8,5 | 6 à 8,5 | 6 à 9 | 5,5 à 9,5 |
| Conductivité(µs/cm) | < 400 | 400 à 750 | 750 à 1500 | 1500 à 3000 |
| NH ₄ ⁺ (mg/l) | ≤ 0,01 | 0,01 à 0,1 | 0,1 à 3 | > 3 |
| NO ₂ ⁻ (mg/l) | ≤ 0,01 | 0,01 à 0,1 | 0,1 à 3 | > 3 |
| NO ₃ ⁻ (mg/l) | ≤ 10 | 10 à 20 | 20 à 40 | > 40 |
| PO ₄ ³⁻ (mg/l) | ≤ 0,01 | 0,01 à 0,1 | 0,1 à 3 | > 3 |
| MES (mg/l) | 0 à 30 | 30 à 75 | 75 à 100 | > 100 |
| Coliformes Totaux | 0 à 50 | 50 à 500 | 500 à 5000 | > 5000 |
| Escherichia coli | 0 à 20 | 20 à 2000 | 2000 à 20000 | > 20000 |
| Streptocoques | 0 à 20 | 20 à 2000 | 2000 à 20000 | > 20000 |

Annexe 16 : Résultats des paramètres bactériologiques obtenues au niveau de laboratoire SEEAL

| Parametres | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|---------------|--------|--------|---------|--------|----------|----------|
| E. Coli | 1*100 | 14*100 | 4*400 | 14*100 | 7*100 | 0 |
| CT* | 7*100 | 64*100 | 177*400 | 64*100 | 60*100 | 36*100 |
| Stréptococcus | 0 | 5*100 | 3*400 | 0 | 47*4*100 | 53*4*100 |
| ASR | 1*100 | 2*100 | 6*100 | 1*100 | 2*100 | 0 |
| Germ 22c° | 30*100 | 70*100 | 58*100 | 28*100 | 25*100 | 18*100 |
| Germ 36c° | 16*100 | 60*100 | 35*100 | 19*100 | 5*100 | 2*100 |

Annexe 17 : Evaluation de l'indice de pollution organique

La méthode de traitement de données est basé sur l'indice de pollution organique « IPO ». La classification des paramètres organiques se fait selon 5 classes de qualité correspondant.

L'indice de pollution organique se calcule selon la méthode de LECLERCQ & MAQUET (1987) dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 5 classes, déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne

Forte.

Tableau : grille de la qualité IPO

| | Unité | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 |
|-----------------------------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| NH₄⁺ | Mg /L | < 0.1 | 0.1 - 0.9 | 1 - 2.4 | 2.5 - 6 | > 6 |
| NO₂⁻ | µg /L | > 5 | 6 - 10 | 11 - 50 | 51 - 150 | > 150 |
| PO₄⁻ | µg /L | 15 | 16 - 75 | 76 – 250 | 251 - 900 | > 900 |

$$\text{IPO} = \Sigma \text{ classe} / \text{Nombres de paramètres}$$

IPO = moyenne des numéros des classes des 4 paramètres :

IPO = 5 – 4.6 : pollution organique nulle.

IPO = 4.5 – 4 : pollution organique faible.

IPO = 3.9 -3 : pollution organique modérée.

IPO = 2.9 – 2 : pollution organique forte.

IPO= 1.9 – 1 : pollution organique très

A

AFNOR., 1992. Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Essai des eaux, NFT 90-350, déc.1992.

ALIZIER S., AULERT C., BESSINETON C., CUVILLIEZ A., DENIS L., DAUVIN J.C., GARCIA C., JANSON A.N., JOURDE J., LESOURD S., LOZACH S., MORIN J., RUELLET T., SPILMONT N., 2010. Le benthos de l'estuaire de la Seine.4 p.

ANDI., Agence national de développement de l'investissement (www.andi.dz/pdf/monographie/Tizi-Ouzou.pdf).

ANGELIER E., 2000. Écologie des eaux courantes, édition technique et documents. 199p : 91-93.

ANIREF., Agence national de l'intermédiation et de régulation foncière (www.aniref.dz/monographies/Tizi-Ouzou.pdf).

ANRH., Agence national des ressources hydrauliques de Tizi-Ouzou.

D

DAJOZ R., 1975.Précis d'écologie. Paris 1975 3^{ème} édition. 549 P : 23-75.

DAJOZ R., 2006. Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions. Paris 2006.8^{ème} édition. Dunod. 630 p : 27.

DAJOZ R., 2008. La biodiversité l'avenir de la planète et de l'homme. Edition 2008. 275 p : 173.

DOUCET R 1997., Climat et les sols agricoles. Edition Berger 2007.443 p : 18.

G

GAUJOUS D., 1995. La pollution des milieux aquatiques :aide-mémoire.2^{ème} Ed. Lavoisier. 220p : 39-60.

GIBON F.M., 2001. Biotypologie des Hydro systèmes tropicaux (exemples chez es Trichoptères africains et malgaches). Doc. IRD, centre de Montpellier. 231p.

H

HAOUCHINE S., 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. 116 p :67.

HAREDJ S & CHIHAB M 2012., Etude hydrobiologique de l'Oued Sebaou et l'Oued Aissi : faunistique et évaluation de la qualité de l'eau et de milieu par les voies biologiques. Mémoire, UMMTO :62p.

J

JACQUEMIN G., 2001. Les Ephéméroptères en Lorraine. Etat de l'inventaire. Utilisation comme bioindicateur. Préservation (*insecta, epheroptera*) biologie des insectes, laboratoire Biologie expérimentale – Immunologie, Université H. Poincaré, Nancy1. BP 239.

L

LOUNACI A & DAOUDI D., 1996. Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sebaou. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 152 p.

LOUNACI A., 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : 208 p.

M

MESSAOUDI C & SADI S., 2017. Impact des margine sur la qualité de quelques cours d'eau de la Kabylie (Tizi-Ouzou). Mémoire, UMMTO : 48.

O

OMS., Organisation mondiale de la santé. ([Www.who.int/fr/search](http://www.who.int/fr/search)).

ONM., Organisation national de météorologie. Tizi-Ouzou.

R

RAMADE F., 2003.Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 3^{ème} édition. Paris 2003.690p : 99.

RAMADE F., 2007.Introduction à l'écotoxicologie. Fondement et application. Lavoisier 2007.618p : 14-15.

RAMADE F., 2009.Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale.4^{ème} édition. Paris 2009.289p : 112.

RODIER J., 2009.L'analyse de l'eau.9^{ème} édition. Paris 2009.1526p : 33-50.434.

RUFFONI A., 2009. Les Plécoptères (*Insecta, Plecoptera*) Rev. Sci. Bourgogne – Nature. 18-26p.

S

SINGELTON P., 1994.Bacteriologie abreges.2^{ème} édition. Paris 1994.247p :223-225.

T

TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Associations Française le Limnologie : 150 p.

THOMAS A., 1981. A provisionnel checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bull. Soc. HIST ; NAT., Toulouse. **134** p : 13-20.

V

VIVIEN R & LAFONT M., 2015. Note faunistique sur les Oligochètes aquatiques de la région genevoise et de suisse. *Revue Suisse de zoologie* 122(2) : 207.212.

Résumé

Ce travail consiste à évaluer la qualité des cours d'eau de la région d'Ath-Ouacif (Wilaya de Tizi-Ouzou) selon trois méthodes différentes : biologique, physicochimique et bactériologique.

Six stations s'échelonnant entre 950 et 430 m d'altitude ont été prospectées pendant le mois de Juin 2019. Le choix des points de prélèvement a été dicté par plusieurs paramètres.

L'étude de la qualité hydrobiologique des stations étudiées par la voie biologique a montré que la qualité hydrique est hétérogène, elle varie de bonne à médiocre.

Les résultats montrent une dégradation nette de la qualité d'eau au niveau de nos stations, en fonction des différents types de pollution qui ont touché nos stations, la valeur d'IBGN chute de 6 points (passage de 14 à 8)

Les résultats de l'étude physicochimique tels que la température, l'oxygène dissous, les nitrites, les nitrates..., montrent la présence d'une pollution inégale au niveau des stations étudiées à l'exception de la station A1 où la pollution est absente.

Les résultats bactériologiques quant à eux, indiquent une importante charge des Coliformes totaux et de Streptocoques au niveau de la station A3 et également au niveau des stations A4, A5 et A6 où les conditions favorisent le développement de ces bactéries. En revanche, leur faible charge au niveau de la station A1 témoigne de l'absence de la pollution dans cette station,

Mots clefs : cours d'eau, qualité hydrobiologique, étude physico-chimique, étude bactériologique.