

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 Sciences Agronomiques

Département de biologie



## Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

Master en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Ecologie Animale

### Thème

*Evaluation biologique de la qualité  
de l'eau de quelques cours d'eau du  
sous bassin versant de l'Oued Aissi*

*Présenté par :*

MEGCHICHE Dylia

&

AIT ALI Mélissa

*Soutenu le 22/02/2021 devant le jury d'examen composé de :*

Présidente M<sup>me</sup> CHOUAKI S. M.C.B UMMTO

Promotrice M<sup>me</sup>HAOUCHINE S. M.A.A UMMTO

Examinatrice M<sup>me</sup> SEKHI S. M.A.A UMMTO

2019/2020

# *Remerciements*

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent à madame HAOUCHINE, maître de conférences classe 'A' à la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour son encadrement et sa disponibilité durant notre préparation de notre mémoire.*

*Nos remerciements et reconnaissances vont à madame CHOUAKI, maître de conférences classe 'B' à la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou de présider le jury et à madame SEKHI maître de conférences classe 'A' à la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Un grand merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Il y a un peu de chacun de vous dans ce mémoire. Merci à vous d'avoir  
donné à ce "nous", la force de cette première personne du pluriel...*

## *Dédicace*

La mémoire de mon père disparu trop tôt. J'espère que de là où il est, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

Ma mère adorée pour son soutien, sa patience et ses sacrifices.

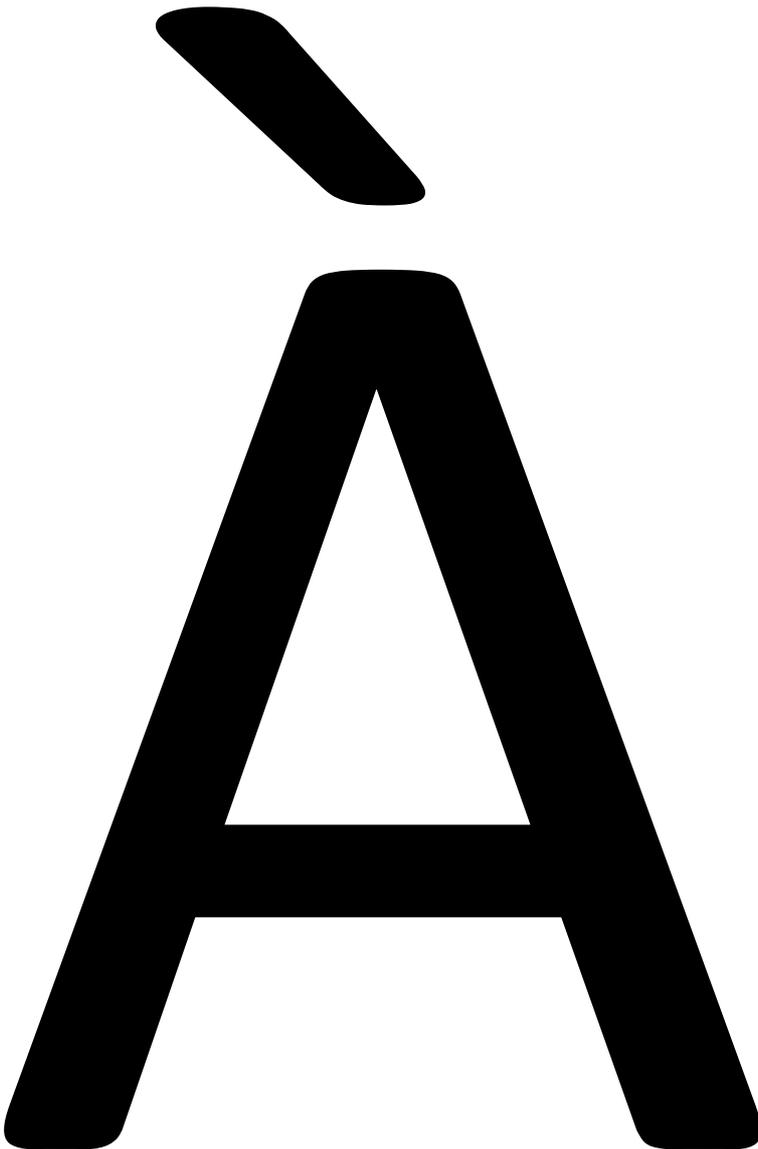
Mes chers frères Moh-Said et Salim pour leurs encouragements.

A ma binôme pour sa contribution à l'aboutissement de ce travail.

Mes amis et proches,

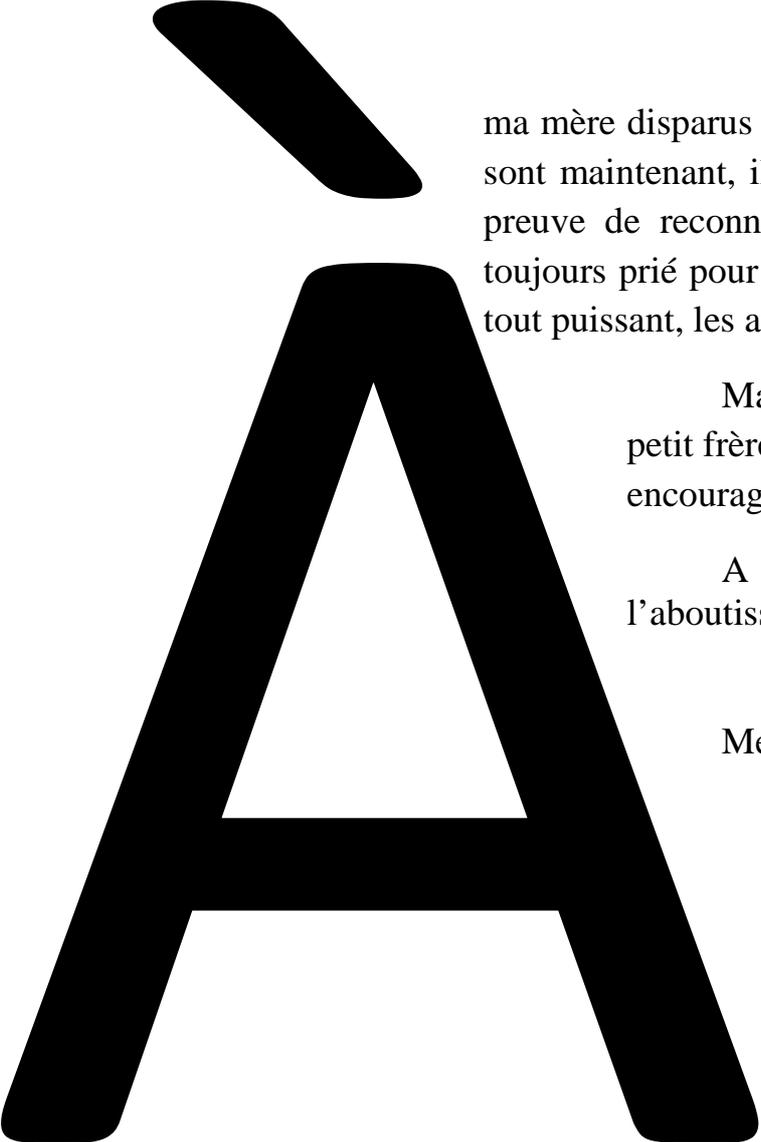
*Je dédie ce modeste travail.*

*Mélissa.*



*Il y a un peu de chacun de vous dans ce mémoire. Merci à vous  
d'avoir donné à ce "nous", la force de cette première  
personne du pluriel...*

## *Dédicace*



La mémoire de mon père et  
ma mère disparus trop tôt. J'espère que, du monde où ils  
sont maintenant, ils apprécient cet humble geste comme  
preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a  
toujours prié pour le salut de leurs âmes. Puisse Dieu, le  
tout puissant, les avoir en sa sainte miséricorde !

Ma chérie sœur Hanane et mon adorable  
petit frère Khaled pour leurs soutien et  
encouragements

A ma binôme pour sa contribution à  
l'aboutissement de ce travail.

Mes amis et proches,

*Je dédie ce modeste travail.*

*Dylia.*

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1: Caractéristique de la région d'étude</b>	
<b>1. Présentation générale de la zone d'étude .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Cadre géographique .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Cadre Géologique .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Climatologie .....</b>	<b>5</b>
1.3.1. Précipitations .....	6
1.3.2. Températures .....	8
<b>1.4. Couvert végétal .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Perturbations anthropiques.....</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre 2: Sites et méthodes d'études</b>	
<b>2.1 Démarche générale .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Description du réseau hydrographique et emplacement des stations.....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Assif Harzoun .....	17
2.2.2 Assif El Djemâa .....	17
2.2.3 Assif Larbâa .....	18
2.2.4 Oued Aissi.....	18
<b>2.3 Etude de quelques paramètres environnementaux .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.1 La pente.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2 Le débit .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.3 Ecoulement de l'eau et vitesse du courant.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.4 Substrat .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. Matériels et méthodes d'étude de la faune benthique .....</b>	<b>23</b>
2.4.1 Technique de prélèvement .....	24
2.4.2 Méthodes d'analyse de la structure du peuplement .....	28
2.4.3 Traitement statistique des données .....	30
2.4.4 Logiciels de calcul .....	32
<b>2.5. Indice biologique.....</b>	<b>32</b>
<b>Chapitre 3: Analyse de la faune</b>	
<b>3.1 Analyse globale de la faune benthique.....</b>	<b>33</b>

3.1.1 Répartition de la faune .....	38
3.1.2 Diversité et Equitabilité .....	40
<b>3.2 Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique .....</b>	<b>42</b>
3.2.1 Les Ephemeropteres .....	42
3.2.2 Les Dipteres .....	44
3.2.3 Les Plecopteres .....	46
3.2.4 Les Trichopteres.....	49
3.2.5 Les Coleopteres.....	51
3.2.6 Les Heteropteres .....	53
3.2.7 Les Odonates.....	54
3.2.8 Les Crustaces .....	55
3.2.9 Les Oligochetes.....	56
3.2.10 Les Mollusques .....	56
3.2.11 Planaires, Hydracariens, Collemboles .....	58
<b>3.3 Structure de la faune .....</b>	<b>59</b>
 <b>Chapitre 4: Evaluation de la qualité biologique de l'eau</b>	
<b>4.1 Domaines d'application de l'IBGN et du BMWP' .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2 Calcul de l'IBGN et BMWP' .....</b>	<b>65</b>
<b>4.3 Résultats obtenus à partir de l'IBGN et BMWP' .....</b>	<b>69</b>
<b>4.4 Discussion .....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>80</b>
 <b>Références bibliographiques</b>	
 <b>Annexes</b>	
 <b>Résumé</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005). .....	3
<b>Figure 2:</b> Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952). 5	
<b>Figure 3:</b> Précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (Tizi-Ouzou, Ath Yenni, Ath Ouabane : période : 2012 – 2016, source A.N.R.H ; O.N.M de Tizi-Ouzou). .....	7
<b>Figure 4:</b> Températures mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) à.....	9
<b>Figure 5:</b> Amplitudes thermiques enregistrées dans les stations d'étude.....	10
<b>Figure 6:</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953) de la région de Tizi-Ouzou (période 2012-2019). .....	11
<b>Figure 7:</b> Cours d'eau étudiés et emplacement des stations.....	16
<b>Figure 8:</b> Répartition global de la faune benthique dans les stations d'étude.....	38
<b>Figure 9:</b> Richesse taxonomique des stations étudiées. ....	40
<b>Figure 10:</b> Evolution des indices de Shannon-Weaver et d'équitabilité dans les stations étudiées.....	41
<b>Figure 11:</b> Répartition des Ephéméroptères récoltés .....	43
<b>Figure 12:</b> Distribution des Ephéméroptères dans les stations d'études. ....	44
<b>Figure 13:</b> Répartition des Diptères récoltés.....	45
<b>Figure 14 :</b> Distribution des Diptères sans les stations d'étude. ....	46
<b>Figure 15 :</b> Répartition des Plécoptères récoltés.....	48
<b>Figure 16:</b> Distribution des Plécoptères dans les stations d'études.....	49
<b>Figure 17:</b> Répartition des Trichoptères récoltés. ....	50
<b>Figure 18:</b> Distribution des Trichoptères dans les stations d'études.....	51
<b>Figure 19 :</b> Répartition des Coléoptères récoltés. ....	52
<b>Figure 20:</b> Distribution des Coléoptères dans les stations d'études.....	53
<b>Figure 21:</b> Répartition des Héteroptères récoltés.....	54
<b>Figure 22 :</b> Répartition des Odonates récoltés. ....	55
<b>Figure 23:</b> Répartition des Crustacés récoltés.....	55
<b>Figure 24:</b> Répartition des Oligochètes récoltés. ....	56
<b>Figure 25 :</b> Répartition des Mollusques récoltés.....	57
<b>Figure 26:</b> Distribution des Mollusques dans les stations d'étude.....	58
<b>Figure 27:</b> Analyse en composantes principales des paramètres environnementaux plans factoriel F1-F2 : a-carte des paramètres, b- carte des stations.....	62

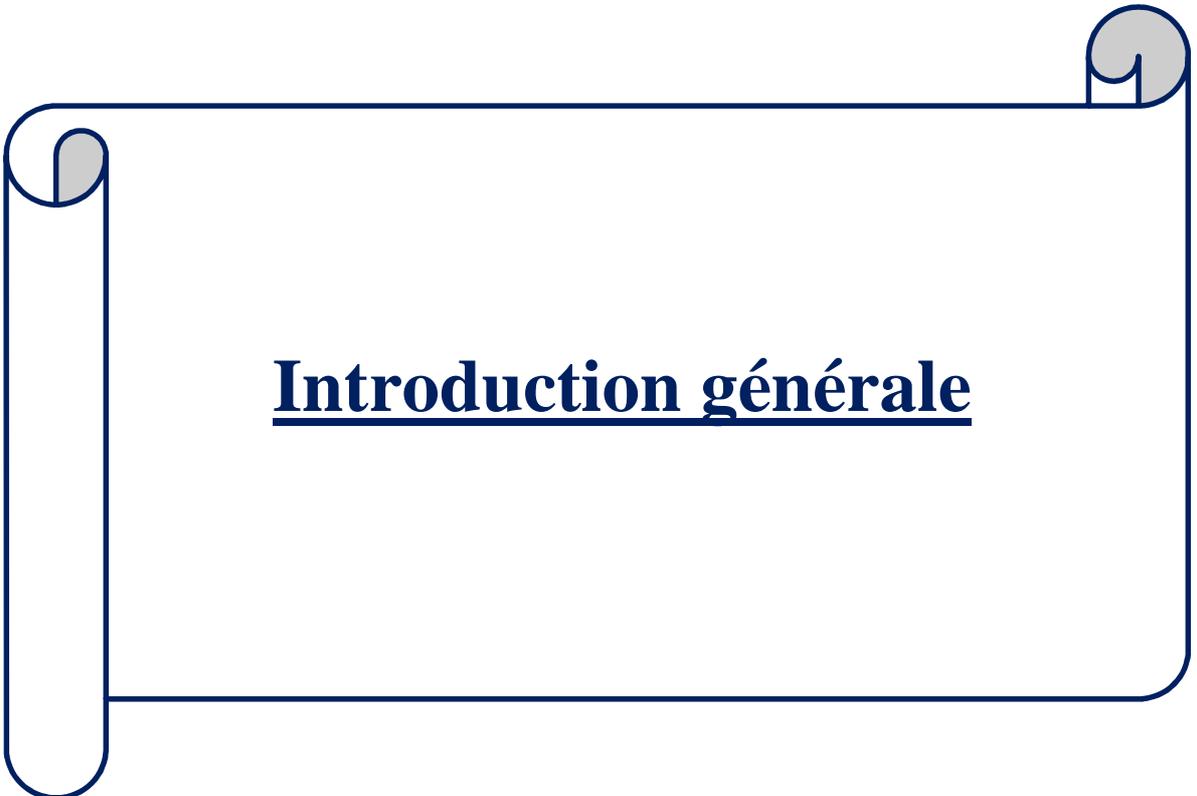
<b>Figure 28:</b> Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables environnementales.....	63
<b>Figure 29:</b> Analyse hydrobiologique des stations étudiées. ....	77
<b>Figure 30:</b> La qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (méthode I.B.G.N). ....	78
<b>Figure 31:</b> La qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (méthode B.M.W.P').....	79

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Caractéristique environnementales des stations d'étude.....	19
<b>Tableau 2:</b> Altitude et pente à la station des cours d'eaux étudiés. ....	20
<b>Tableau 3:</b> Vitesse du courant et largeur du lit mesurées dans les différentes stations étudiées. .....	21
<b>Tableau 4 :</b> Nature du substrat dans les stations étudiées. ....	22
<b>Tableau 5:</b> Nombre de taxons par groupe zoologique. ....	33
<b>Tableau 6:</b> Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude. ....	34
<b>Tableau 7:</b> Caractéristiques environnementales des 10 stations étudiées. ....	60
<b>Tableau 8 :</b> Matrice des corrélations entre variables environnementales (N= 10, P<0,5).....	60
<b>Tableau 9:</b> Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90-350, 1990).....	66
<b>Tableau 10:</b> Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (norme NFT 90-350 mars 2004). ....	67
<b>Tableau 11:</b> Scores des familles des macro-invertébrés « indice BMWP' ».....	68
<b>Tableau 12 :</b> Qualité de l'eau en fonction du BMWP' . ....	69
<b>Tableau 13:</b> Qualité hydrobiologique des stations étudiées.....	70
<b>Tableau 14:</b> Comparaison entre les résultats des deux indices étudiés.....	70

## Liste des photos

<b>Photo 1 :</b> L'échantillonneur de type « surber » et « troubleau » .....	25
<b>Photo 2:</b> Echantillon récolté (MEGCHICHE & AIT ALI, 2019). .....	25
<b>Photo 3:</b> Matériels de lavage des échantillons au laboratoire (MEGCHICHE & AIT ALI, 2019). .....	26
<b>Photo 4:</b> Matériels de tri et détermination des échantillons au laboratoire .....	27



# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes et dans le cycle de matière organique.

La qualité de l'eau est le résultat global de l'interaction eau-peuplement aquatique- habitat, son maintien est une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants, et ce, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

En Algérie, la pollution de l'eau connaît une évolution inquiétante notamment dans les cours d'eau qui subissent l'influence des contrastes climatiques accentués par les fortes perturbations d'origines anthropiques (rejet urbains, industriels, extraction de gravier, ...).

Pour obvier à cela, une démarche biologique ou biocénotique vient pour identifier ces perturbations par leurs effets sur les communautés animales ; afin de donner un aperçu des conditions et des pressions environnementales. Différents groupes d'espèces ont servi à de telles évaluations, bien que l'un des groupes les plus utiles demeure celui des macroinvertébrés benthiques.

Parmi les communautés biologiques, les communautés de macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (HELLAWELL, 1986 ; BARBOUR *et al.*, 1999). Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs.

L'évolution au fil du temps des méthodes basées sur les invertébrés repose principalement sur les questions d'échantillonnage et de référentiel, tels que la méthode d'Indice Biologique Global de Normalité (I.B.G.N) et l'indice Biological Monitoring Working Party (B.M.W.P').

La recherche en écologie sur les invertébrés dans les écosystèmes aquatiques continentaux de l'Algérie était rare et incomplète jusqu'aux années 1980 (BENZINA, 2018).

Ce n'est qu'après les années 1980 que plusieurs travaux ont été réalisés dans différentes parties du pays. Les principaux travaux connus sont ceux de LOUNACI (1987), LOUNACI-DAOUDI (1996), LOUNACI *et al.*, (2000a), LOUNACI *et al.*, (2000b), LAKHDARA *et al.*, (2014), CHERAIRIA *et al.*, (2014), SELLAM *et al.*, (2016).

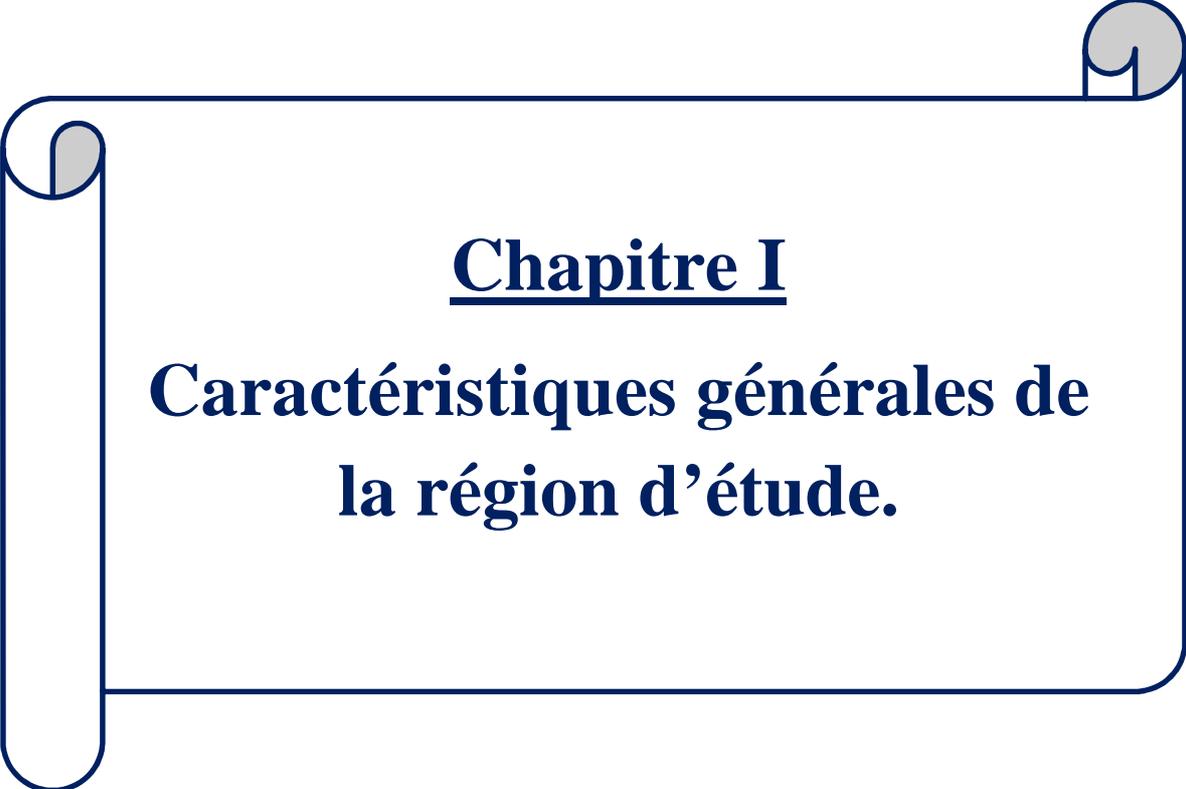
## Introduction générale

Le présent travail s'inscrit dans le projet de recherches initié par le laboratoire de recherche « Ecosystème Aquatique Continentaux » de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique de Tizi-Ouzou.

Notre objectif principal, axé sur les données faunistiques d'une part et d'autre part d'évaluer l'état de santé écologique des cours d'eaux étudiés.

L'ensemble de ce travail est composé de quatre chapitres :

- Un premier chapitre présente les caractéristiques générales de la région d'étude ;
- Le second chapitre traite les caractéristiques des stations d'étude ainsi que les méthodes et techniques mises en œuvre pour un échantillonnage représentatif;
- Le troisième chapitre qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'étude de la faune benthique :
  - Analyse globale de la faune ;
  - Analyse qualitative et quantitative de la faune.
- Le quatrième chapitre consiste à l'évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques. Ce dernier expose les résultats obtenus à l'échelle locale et permet de discuter l'ensemble des travaux effectués dans cette étude.



## **Chapitre I**

**Caractéristiques générales de  
la région d'étude.**

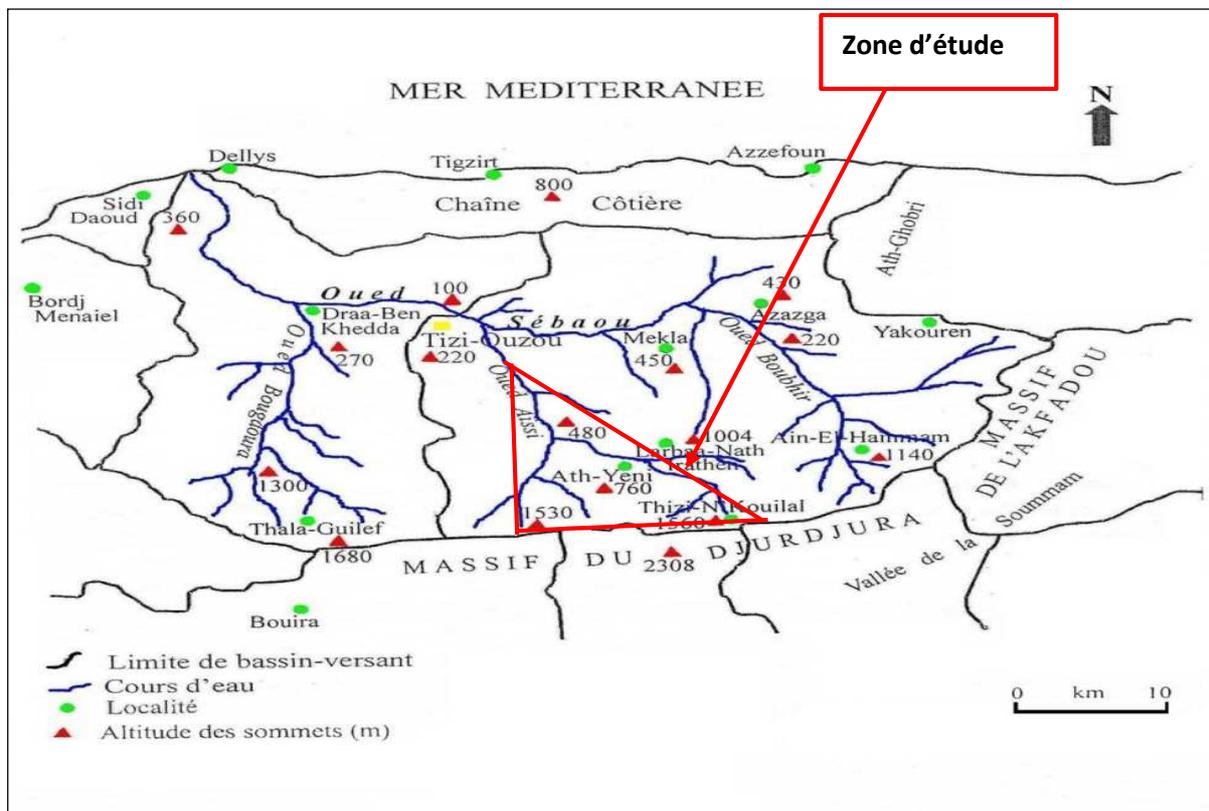
## 1. Présentation générale de la zone d'étude

### 1.1. Cadre géographique

Le sous bassin de l'oued Aissi constitue notre région d'étude. Elle est située dans le centre Nord d'Algérie, à 100 km à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen. Elle s'étend d'Ouest en Est entre Thenia et Bejaia et du Nord au Sud entre la mer méditerranéenne et le Djurdjura. Elle comprend une chaîne côtière de moyenne montagne (alt. 800 m) qui s'étend de Dellys à Azeffoun et la chaîne du Djurdjura qui s'élève jusqu'à une altitude de 2308 m.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau d'une aussi vaste région (surface de l'ordre de 8500 km<sup>2</sup>), il nous a paru intéressant de retenir les principaux cours d'eau situés sur la partie orientale et médiane du Djurdjura : assif EL Hammam (Ath Ouabane), Thassifh N'Tizi N'Kouilal, assif Harzoun, oued Aissi (s.s).

La Figure 1 nous montre la situation géographique de notre région d'étude.



**Figure 1:** Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).

## 1.2. Cadre Géologique

La Kabylie du Djurdjura a été par le passé l'objet de différentes études géologiques : stratigraphie, tectonique, orogénèse, .... (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; YAKOUB, 1996).

La géologie d'une région joue un double rôle: elle influe non seulement sur le régime hydrique par sa capacité d'emménagement, mais aussi sur l'érosion et le transport des solides.

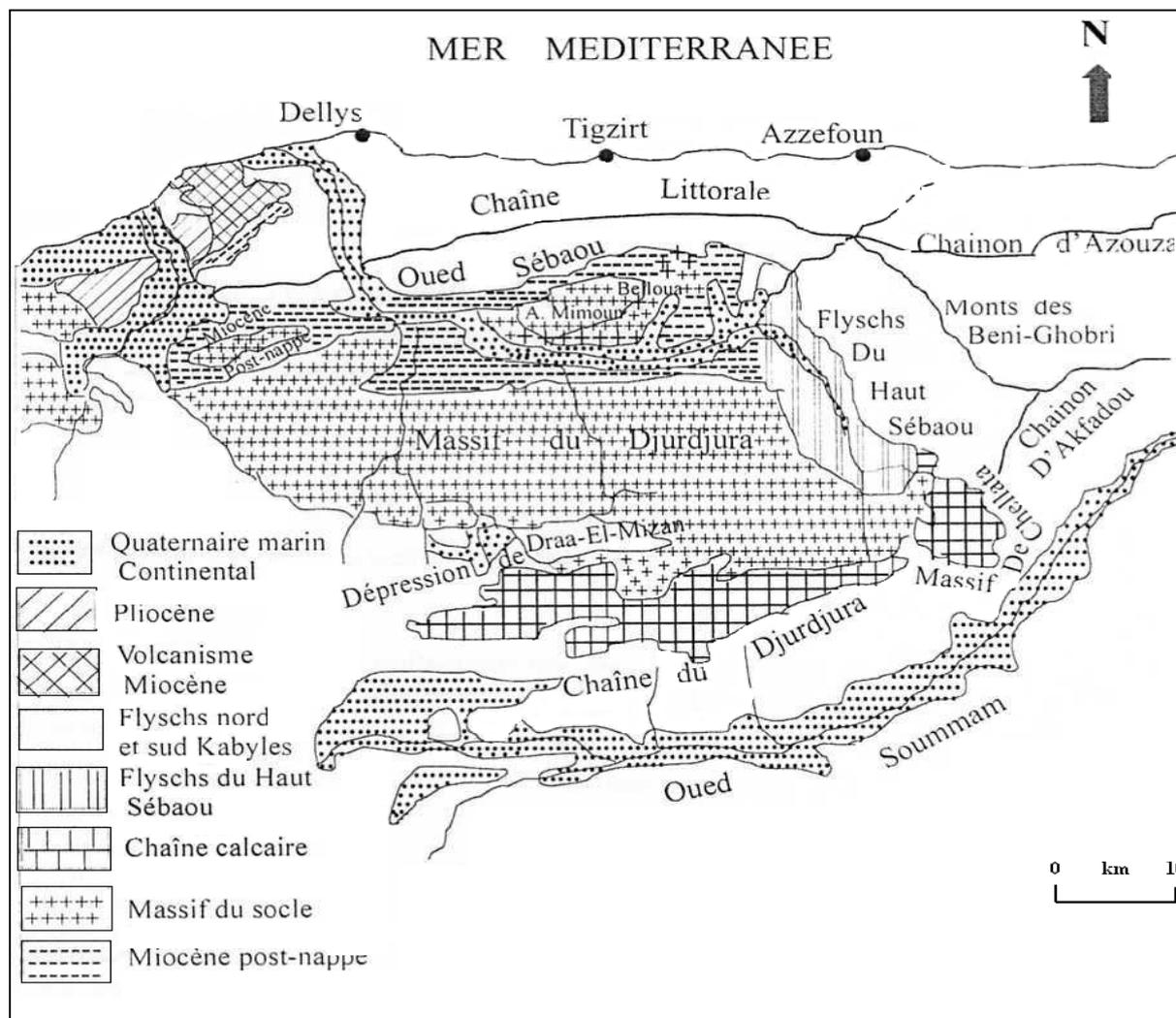
La Kabylie tire son unité physique du relief élevé et présente une topographie particulière marquée par une couverture sédimentaire fortement plissée et fracturée et une lithologie assez variée qui résulte d'une histoire complexe. En effet la stabilité de cette zone ne fut jamais parfaite durant de très longues périodes, les alternances de transgressions et de régressions marines se sont traduites par le dépôt d'une série de sédiments comportant essentiellement des calcaires et des grès.

**La dorsale calcaire du Djurdjura :** elle est formée de trois grandes unités structurales qui se présentent sous forme d'un empilement d'écaillés dû à un phénomène tectonique assez complexe (FLANDRIN, 1952). Elle est composée essentiellement de calcaire liasique et éocène qui domine la région de la Kabylie et qui favorise le phénomène de Karstification qui engendre d'importants aquifères. Ainsi, il n'existe pas d'écoulement très importants en surface, les précipitations gagnent les réservoirs sous terrains et apparaissent généralement le long d'un plan de faille situé essentiellement sur le flanc Nord.

- **Socle Kabyle :** il est constitué de diverses formations cristallines et cristalloyphylles de nature magmatique (granites, pegmatites) et métamorphiques (micaschistes, quartzites). De par sa topographie, il favorise la convergence des eaux de pluie vers les principaux affluents de l'oued Sébaou (YAKOUB, 1996).

- **Les terrasses alluviales :** ce sont des nappes alluviales tout au long des oueds, constituées d'un matériel hétérogène (galets, graviers, sables...).

La carte géologique de la grande Kabylie (FLANDRIN, 1952) (Figure 2) qui présente une coupe géologique Nord-Sud.



**Figure 2:** Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952).

### 1.3. Climatologie

Le climat influence de manière très importante la vie des organismes et leurs relations dans le cadre des écosystèmes (PARINET et *al.*, 2000).

La région d'étude se situant en méditerranée occidentale, se trouve sous l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par deux saisons principales :

- ✓ Hiver froid avec des précipitations à grandes irrégularités interannuelles ;

- ✓ Été chaud et sec avec une sécheresse totale bien marquée se prolongeant de juin à septembre.

Les précipitations atmosphériques annuelles sont abondantes et irrégulières (ABDESSELAM et *al.*, 2000).

### 1.3.1. Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes limniques (RAMADE, 2003) mais pour toute activité notamment photosynthétique des plantes, qui sont la composante biotique la plus importante de la biosphère (OZENDA, 1982). Elles sont caractérisées d'une part, par leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années (GUYOT, 1999), et d'autre part, par une répartition inégale d'une région à une autre et d'une saison à une autre. Les pluies interviennent principalement en automne, en hiver et au printemps, l'été est généralement sec. C'est d'ailleurs une caractéristique du climat méditerranéen (EMBERGER, 1971).

SELTZER (1946), QUEZEL (1957) et CHAUMONT & PAQUIN (1971), admettent que la pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographique : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. La majorité des pluies est d'origine orographique, conditionnée par la direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente également d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

Les auteurs ayant étudiés le climat de l'Algérie citent la Kabylie du Djurdjura parmi l'une des régions les plus arrosées, environ 10% de sa superficie se trouve au-dessus de 800 m d'altitude. Dans cette région les potentialités en eau de surface sont relativement importantes. Elles sont attribuées au rôle joué par le massif montagneux du Djurdjura. Ce dernier de par son orientation Est-Ouest, il constitue une barrière naturelle aux vents humides provenant du Nord-Ouest donnant naissance à des précipitations assez élevées.

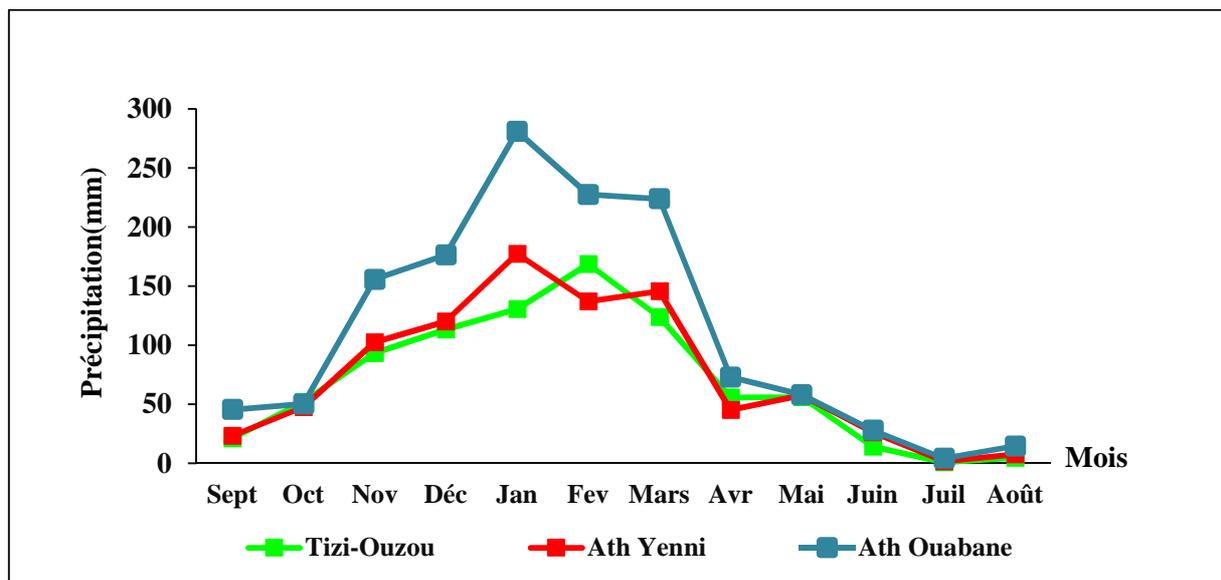
Selon ABDESSELAM (1995) et DERIDJ (1990), la pluviométrie est plus importante le Djurdjura (altitude > 1000 m). Les quantités de pluies reçues accompagnées de neige varient

de 1500 à 2000 mm/an en versant nord, tandis que la zone littorale et les piémonts, présentent des précipitations moindres qui oscillent entre 800 et 900 mm/an.

Le manque de données dû à l'absence d'un réseau météorologiques dans la région d'étude nous a contraint à utiliser les données enregistrées par les stations météorologiques les plus proches des sites étudiés à savoir Ath-Ouabane, Ath Yenni, Tizi-Ouzou allant de 2012-2016.

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Ath-Ouabane, Ath Yenni, Tizi-Ouzou) sont fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou et par l'Office National de la Météorologie (O.N.M) pour la station de Tizi-Ouzou, sont portées dans l'annexe 1.

Selon la Figure 3, les variations des précipitations annuelles pour les stations considérées sont faibles. La moyenne annuelle calculée pour la période allant de 2012 à 2016 est de 834,14 mm pour la région d'Ath Ouabane, de 892,58 mm pour la région d'Ath Yenni et de 1337,73 mm pour la vallée du Sébaou (Tizi-Ouzou).



**Figure 3:** Précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (Tizi-Ouzou, Ath Yenni, Ath Ouabane) : période : 2012 – 2016.

Les précipitations les plus importantes s'observent d'octobre à avril (plus de 80% du total annuel) avec un maximum en novembre, décembre et janvier : précipitations moyennes mensuelles supérieures à 100 mm. Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre des valeurs de l'ordre de 0,92mm en juillet et 5 mm en août et reprennent ensuite en septembre.

### 1.3.2. Températures

#### 1.3.2.1. Températures de l'air

La température est un facteur écologique important (DAJOZ, 2006 ; FAURIE *et al.*, 2003) de toutes les réactions chimiques et biologiques dans les milieux aquatiques (BEAUDRY & HENRY, 1984). Elle détermine les grandes régions climatiques terrestres, régule la vitesse des réactions cellulaires et intervient sur l'évaporation des plans d'eau et la transpiration des êtres vivants, en conditionnant la répartition de la totalité des espèces dans la biosphère (RAMADE, 1984).

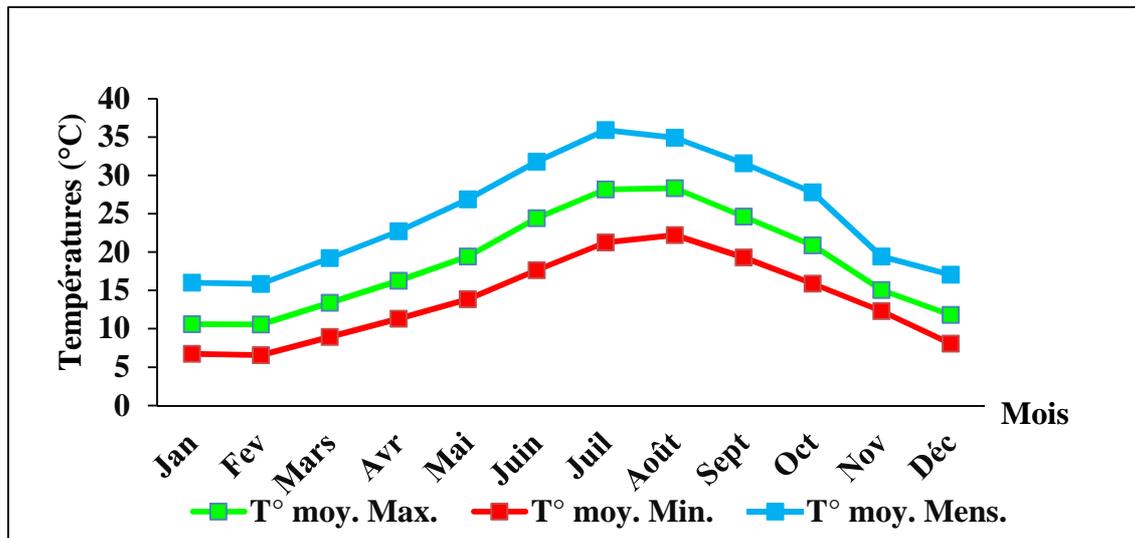
Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, en particulier dans la conductivité électrique et dans la variation du pH (LECLERC, 1996). Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface (PHILIPPO *et al.*, 1981). Ce paramètre est en fonction de l'altitude, de la distance par rapport à la mer et varie également en fonction des saisons (TOUBAL, 1986). Elle est exprimée en degré de Celsius (°C).

En Annexe 2, nous avons rapporté les températures mensuelles de l'air (moyennes maximales et minimales) enregistrées à Tizi-Ouzou pendant la période allant de 2012 à 2019. Nous avons été contraints d'utiliser uniquement les données de l'Office National de Météorologie (ONM) de Tizi-Ouzou. Cela est dû à l'absence d'autres réseaux météorologiques dans notre région d'étude.

De la lecture de la Figure 4, où sont réparties les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période allant de 2012 à 2016 (Source : Office nationale de la météorologie de Tizi-Ouzou), il ressort clairement que :

- Les mois de décembre, janvier, février sont les plus froids, leurs températures moyennes sont respectivement de 17,07 °C, 16,03°C et 15,86°C, leurs températures minimales sont de 8,08°C, 6,72°C et 6,58°C.
- Les mois de juillet et août peuvent être considérés comme les plus chauds. Leurs températures moyennes enregistrées sont respectivement de 35,93°C, 34,93°C avec des maximas de l'ordre de 28,17°C, 28,33°C.

Les moyennes annuelles des températures de l'air sont variables d'une année à l'autre. La température moyenne interannuelle à Tizi-Ouzou est de 24,94°C.



**Figure 4:** Températures mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) à Tizi-Ouzou (période : 2012 – 2019).

### 1.3.2.2. Températures de l'eau

La température de l'eau est un facteur vital et déterminant de la survie de la faune aquatique. Elle varie régulièrement d'amont en aval et elle intervient dans le développement et la composition faunistique d'un cours d'eau.

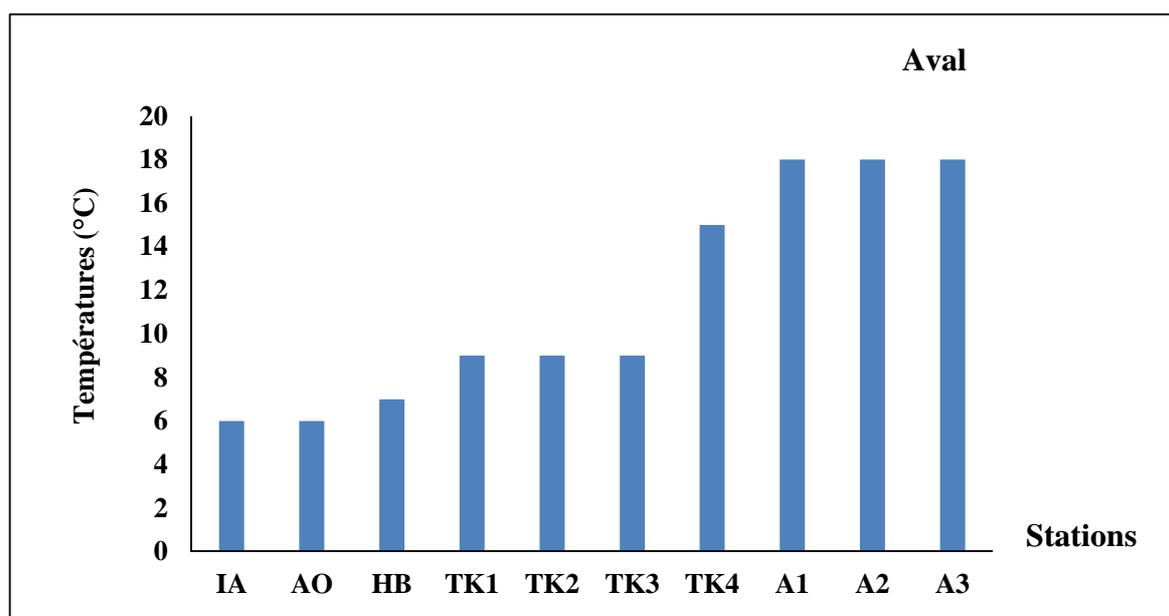
LAVANDIER (1979), THOMAS (1981), ANGELIER et *al.*, (1985) et VINÇON (1987) et ANGELIER (2000), admettent que la répartition et la composition de la faune benthique dans les cours d'eau est renvoyée à l'action de la température.

La température de l'eau est l'un des facteurs écologiques les plus importants. Elle intervient dans la composition faunistique des cours d'eau. Elle varie régulièrement d'amont en aval et joue un rôle important dans la solubilité des gaz et dans la dissociation des sels (RODIER, 1996).

Chaque station du réseau hydrographique a son propre régime thermique déterminé par la combinaison d'un certain nombre de paramètres qui sont l'altitude, la distance à la source, l'ensoleillement qui dépend de la densité du couvert végétal et de la largeur du lit des cours d'eau. Pour les températures de l'eau nous nous sommes référés à celle de la base des données

du laboratoire « Ecosystème Aquatiques Continentaux » de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de Tizi-Ouzou, vu les conditions d'échantillonnage très difficiles suite à la crise sanitaire (COVID-19) (Annexes 3,4,5 et 6) selon AOUCHICHE & AHDAD.,2013.

L'analyse des données de températures (Figure 5) montre d'une manière générale, que la température croît régulièrement de l'amont vers l'aval. En effet, les plus faibles valeurs sont relevées dans les stations de hautes altitudes et n'excédant pas 9°C. Ces cours d'eau sont alimentés par les eaux de source et de la fonte des neiges. Au contraire, les fortes valeurs de températures de l'eau sont enregistrées dans les stations de moyennes et basses altitudes : 15 à 18°C. En effet, la forte insolation au niveau des vallées, l'absence d'ombrage le long de la plupart des cours d'eau et les faibles débits d'étiage d'un grand nombre de ces secteurs sont à l'origine de ces fortes températures.



**Figure 5:** Amplitudes thermiques enregistrées dans les stations d'étude.

### 1.3.2.3 Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953)

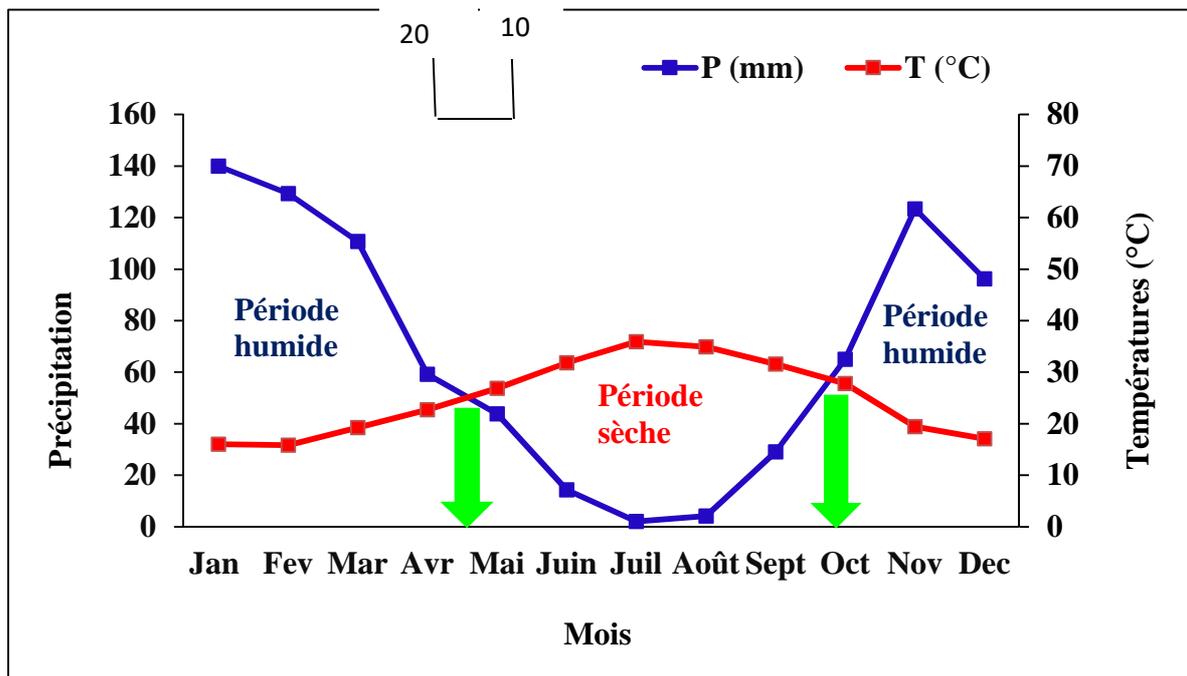
Le diagramme ombrothermique est un mode de représentation classique du climat d'une région (DAJOZ,2000). Il met en évidence les régimes thermiques et pluviométriques d'un site donné (FAURIE *et al.*,2011).

BAGNOULS & GAUSSEN (1953) définissent le mois sec comme celui où le total mensuel de précipitation exprimé en millimètre est égal ou inférieur au double de la température mensuelle exprimée en degré Celsius ( $P \leq 2T$ ).

Dans l'Annexe 7, nous avons reporté les températures et les précipitations mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou pour la période allant de 2012-2019.

L'analyse du diagramme ombrothermique (Figure 6) montre que :

- ✓ La période sèche est de quatre mois. Elle s'étend de la fin du mois de mai jusqu'à la fin du mois de septembre ( $P \leq 2T$ ).
- ✓ La période humide est de huit mois, elle s'étend de la fin septembre à la fin mai.



**Figure 6:** Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953) de la région de Tizi-Ouzou (période 2012-2019).

### 1.4. Couvert végétal

Le couvert végétal est un facteur écologique très important qui influe sur les écoulements superficiels et les températures des eaux. Il varie en fonction de l'altitude et constitue une importante ressource en matière organique (LOUNACI, 2005).

En Kabylie du Djurdjura, l'hétérogénéité et l'action anthropique ont imprimé au paysage végétal un caractère très morcelé lequel se présente sous forme de mosaïque assez complexe (LOUNACI, 2005).

L'étude de la répartition des formations végétales des réseaux hydrographiques considérés permet de distinguer :

- **En altitude supérieure à 1100 m**, la végétation est extrêmement réduite. Elle est constituée principalement par des pelouses écorchées à xérophytes épineux (*Astragales armatus*, *Bupleurum spinosum*), issue de la dégradation de la cédraie.
- **En moyenne altitude (400-1100 m)**, la végétation est constituée de chêne vert (*Quercus rotundifolia*) qui présente sous forme de maquis dense à la suite d'agressions anthropiques : coupe, surpâturage, incendie...

On rencontre également l'olivier (*Olea europea*) qui par endroit se mélange au chêne vert, formant ainsi des formations mixtes chêne vert- olivier.

On note la présence du chêne liège (*Quercus suber*) qui se trouve souvent sous forme de formation claire à l'allure de futaie assez dégradée.

- **En plaine (altitude inférieure à 400m)**, les formations végétales sont représentées essentiellement par des verges : l'oranger, pommier, figuier, la vigne et surtout les cultures maraichères

En ce qui concerne la végétation bordante les cours d'eau, elle est constituée de :

- L'aulne glutineux (*alnus glutinosa*), saule (*Salix pedicellata*), merisier (*Amarus cerasus*) et de nombreuses lianes dont les stations situées entre 400 et 1100 d'altitude.
- De peuplier noir (*Populus nigra*), peuplier blanc (*Populus alba*) pour les stations de plaine.

Quant à la végétation aquatique, elle est constituée principalement d'algues, de bryophytes et de macrophytes.

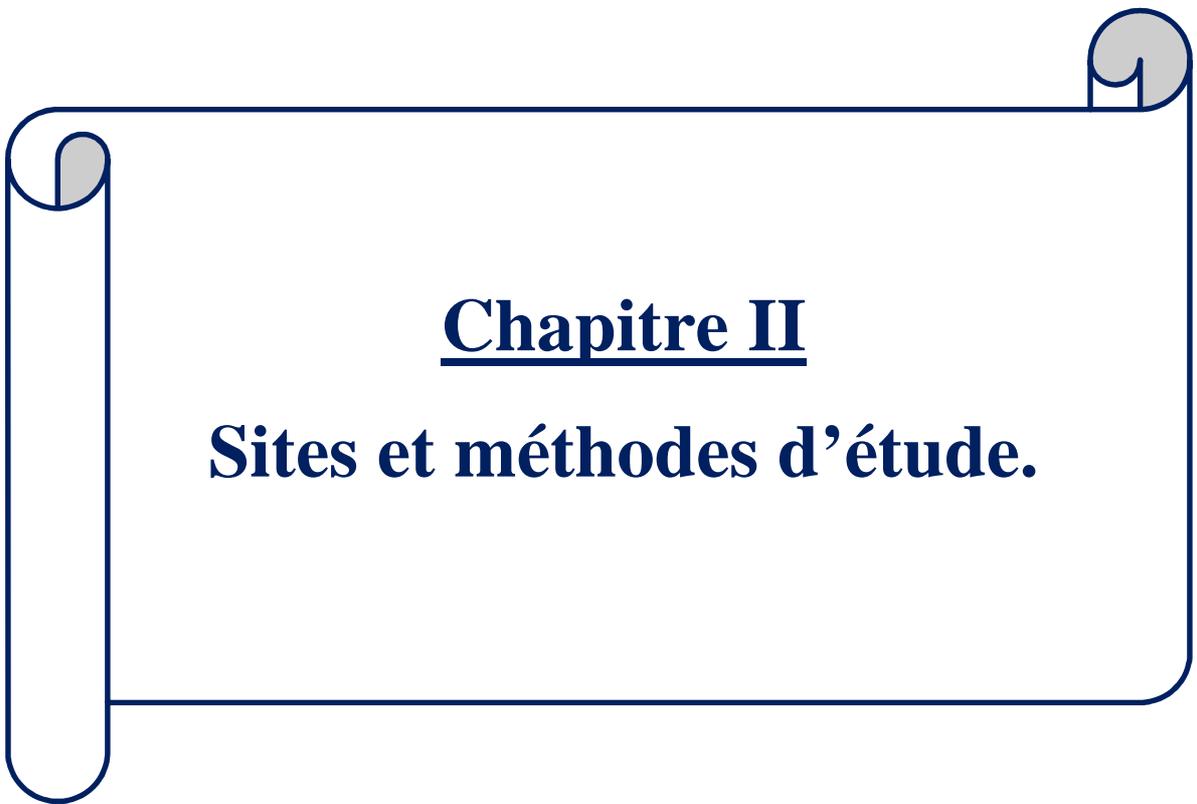
### **1.5. Perturbations anthropiques**

Les réseaux hydrographiques de la Kabylie se trouvent face à un danger avéré dû aux diverses agressions d'origine anthropique. Selon LEYNAUD (1968), un cours d'eau est dit pollué lorsque l'état de ces eaux est directement ou indirectement modifiés par l'action de l'homme.

Les unités industrielles d'une part et l'extension des zones urbaines d'autres part sont les principaux polluants des milieux aquatiques continentaux. Elles déversent inévitablement leurs eaux usées, épurées ou non dans les cours d'eau.

Dans la partie amont des cours d'eau, la pollution est essentiellement d'origine domestique. Son impact potentiel sur les cours d'eau devrait être relativement faible.

Dans les piémonts, les atteintes au milieu dues à l'homme sont plus intenses. Les principales sources de pollution sont les rejets urbains cumulées au pompage de l'eau pour l'irrigation, les rejets des activités domestiques de plusieurs agglomérations (Ain El Hammam et Ath Yenni).



## **Chapitre II**

**Sites et méthodes d'étude.**

Ce chapitre constitue une description des cours d'eau étudiés, des sites d'échantillonnage avec une présentation générale du contexte environnemental et méthodes d'étude employées.

## 2.1 Démarche générale

Notre démarche est l'établissement de liste faunistique d'invertébrés benthiques et la recherche des relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune fondée sur l'échantillonnage des habitats représentatifs à l'aide d'un protocole établi après une étude bibliographique : AOUCHICHE & AHDAD.,2013 ; BOUALEM & BOUTAREFA.,2017. Ces études hydrobiologiques portent sur un ensemble de cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Notre intérêt s'est porté sur le réseau hydrobiologique du sous-bassin de l'oued Aissi.

## 2.2 Description du réseau hydrographique et emplacement des stations

Parmi les stations étudiées, 10 ont été retenues dans le cadre de ce travail. Le choix des stations a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que l'altitude, la pente, la diversité des biotopes, l'amont et l'aval des agglomérations afin d'estimer l'importance de l'impact humain et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité et quiétude des secteurs prospectés.

Pour chaque station nous indiquons :

- La localité la plus proche ;
- L'altitude ;
- La pente à la station ;
- La section mouillée (largeur du lit mineur) ;
- La profondeur de la lame d'eau ;
- La vitesse du courant selon la classification de Berg;
- La nature du substrat ;
- La végétation aquatique ;
- La durée de l'assèchement ;
- Ripisylve ;
- La température de l'eau ;
- L'impact humain ;
- La distance à la source.

Elles se répartissent comme suit :

- 4 stations sur Thassifth n'Tizi N'Kouilal : TK1, TK2, TK3, TK4;
- 3 stations sur assif El hammam : AO, HB, IA;
- 2 station sur assif Larbâa : A1, A2;
- 1 station sur oued Aissi : A3).

Les stations retenues dans ce travail portent la dénomination des cours d'eau sur lesquels elles se trouvent. Elles sont indiquées sur la Figure 7 par des carrés.

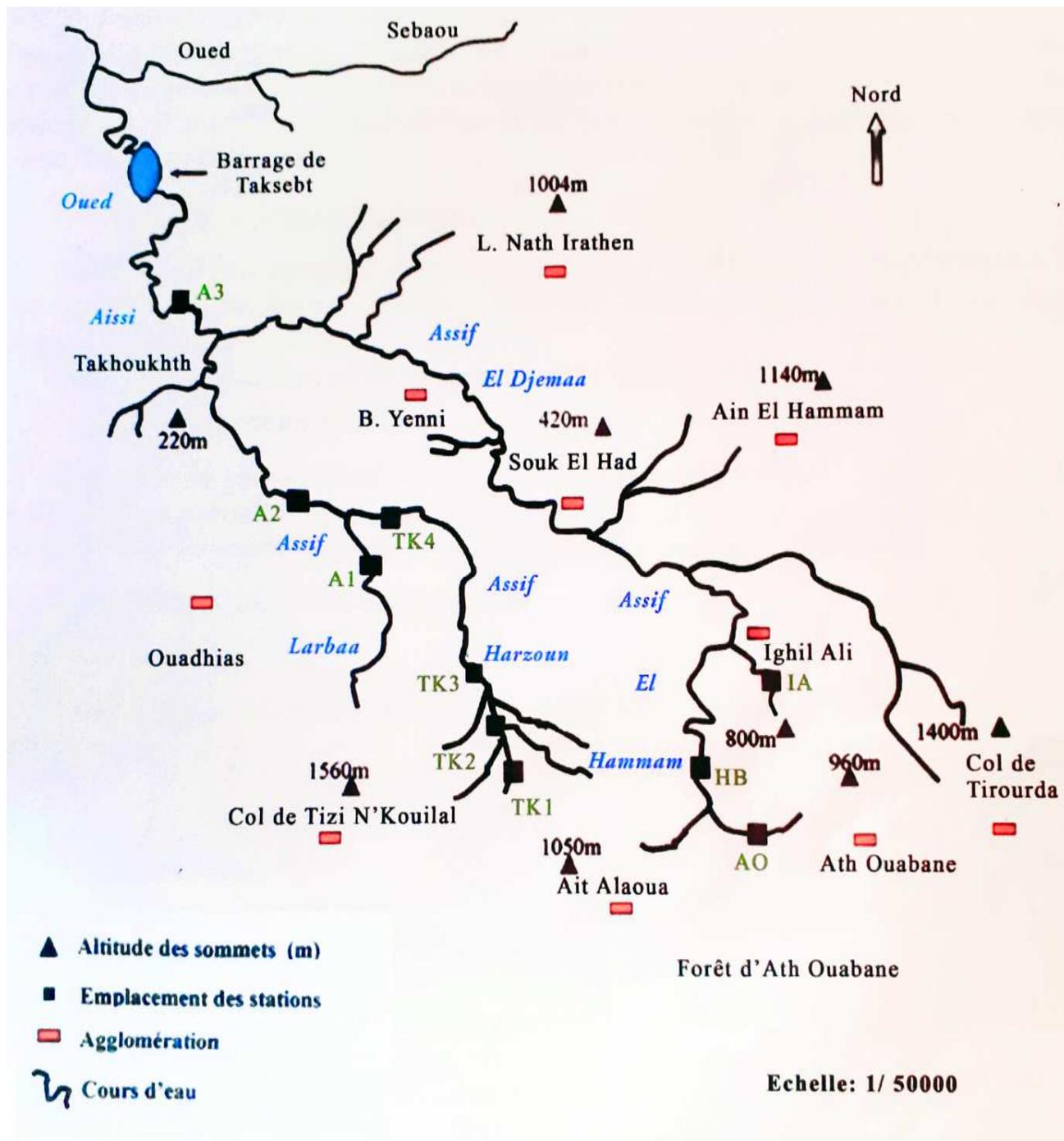


Figure 7: Cours d'eau étudiés et emplacement des stations.

### 2.2.1 Assif Harzoun

Assif Harzoun prend naissance dans le col de Tizi N'Kouilal sur le flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura. Il collecte les écoulements de nombreux petits ruisseaux alimentés par les eaux de fonte de neige et de nombreuses sources. Doté une forte pente de l'ordre de 10%, il coule en orientation Sud-Nord sur un parcours d'environ 14 km entre 1700 m et 300 m d'altitude, avant de se jeter dans assif Larbâa (affluent de L'oued Aissi). Sa partie amont est connu sous le nom de Thassifth N'Tizi N'Kouilal, et sa partie aval sous le nom d'assif Harzoun (s.s).

◆ **Thassifth n'Tizi N'Kouilal** : ruisseau de haute montage de dimensions très réduite : largeur du lit mineur inférieur à 1 m. Il coule sur une distance d'environ 3 km entre 1700 m et 600 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 38%.

-Trois stations sont retenues sur ce parcours : TK1, TK2 et TK3.

◆ **Assif Harzoun (s.s)** :il constitue le prolongement de Thassifth n'Tizi N'Kouilal à environ 1 km en aval de Ben Adenane, de pente moyenne de l'ordre de 3%, il coule sur une distance d'environ 11 km entre 600 m et 300 m d'altitude avant de se jeter dans assif Larbâa.

- Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : TK4.

### 2.2.2 Assif El Djemâa

Il fait suite à assif El Hammam, à environ 3,5 km en amont du village Souk El Had. Il coule en orientation Sud- Est / Nord- Ouest sur une distance d'environ 25 km entre 460 m et 220 m d'altitude, avant de se jeter dans l'oued Aissi à 500 m en aval du lieu-dit « Thakhoukhth ».

Sa pente moyenne est de l'ordre de 1,2% et la largeur de son lit majeur peut atteindre par endroit 30 m. L'importance de son débit est dû aux écoulements d'assif El Hammam et de Thahamalt Boudhrar qui s'ajoutent à l'apport de nombreux ruisseaux drainant le massif d'Ain El Hammam.

Sur son parcours, se trouvent plusieurs points de prélèvement de granulats. A cette perturbation s'ajoutent le détournement et le pompage des eaux à des usages agricoles, les rejets urbains, ainsi que les dépôts d'ordures sur les rives.

Un seul secteur hydrographique a retenu notre attention : assif El Hammam.

**◆ Assif El Hammam**

Assif El Hammam est le type même de cours d'eau de montagne qui, en période de hautes eaux, cascade sur un parcours de 13,5 km dans les creux des montagnes. Il prend naissance à partir de sources localisées à Ath Ouabane (alt.1700 m), Ath Alaoua (alt.1400 m) et Ighil Ali (alt.900 m). Doté d'une pente moyenne de l'ordre de 7%, il coule en orientation Sud-Nord entre 1700 m et 460 m d'altitude avant de se jeter dans assif El Djemaa (s.s).

Trois stations sont retenues sur ce parcours : AO, HB, IA.

**2.2.3 Assif Larbâa**

Il constitue le prolongement de l'assif n'Ath Agad. Il prend naissance à 1 km en amont de la ville des Ouacifs. Il coule en orientation Sud-Nord sur une distance de 20 km entre 180 m et 450 m d'altitude. Sa pente moyenne est de 1,7% et la largeur du lit dépasse par endroit 20 m. Ce cours d'eau reçoit des rejets urbains et des margines des huileries des villages avoisinants.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : A1, A2.

**2.2.4 Oued Aissi**

L'oued Aissi prend naissance au lieu-dit « Thakhoukhth », point de confluence des assifs Larbâa et Ouadhias, il coule en orientation Sud-Nord sur une distance d'une vingtaine de km, entre 100 et 180m d'altitude, avant de se jeter dans l'oued Sébaou. Sa pente moyenne est de 0,4%, sa largeur peut atteindre à certains endroits 50m.

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : A3.

✓ **Caractéristiques environnementales des stations d'étude**

Le tableau ci-dessous apporte une description complète des stations, il comporte les caractéristiques environnementales et les influences anthropiques.

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3
Localisation	2 Km en amont d'Ait Mislaine	500m de village AO	En amont d'une infrastructure hydraulique	1 Km en aval du col de TK	2 Km en aval de TK1	2 Km en aval de TK2	6 Km en amont de Thakho ukhth	6 Km en aval d'Ath Ouacif	6 Km en amont de Thakho ukhth	4 Km en aval de Thakho ukhth
Altitude (m)	800	940	750	1300	950	770	300	300	200	140
Température (°C)	6	6	7	9	9	9	15	18	18	18
Pente (%)	14	13	9,6	38	16	11	3	1,5	1,4	0,8
Largeur du lit mineur (m)	1	4	5	0,5	0,5	1	3	6	6	10
Profondeur (cm)	10	30	40	10	10	10	40	40	40	30
Vitesse du courant (cm/ s)	RM	TR	TR	RM	TR.R	TR.R	RM	MR	MR	MR
Nature du substrat	GG, SL	GG, D	D, GG	SL	GG, SL	GG, R	GG,SL	GG, SL	GG, SL	GG, SL
Végétation bordante	Strate arbustive Et épineux	Strate arborescente et arbustive	Strate arbustive	Epin eux Diss	Strate arbustive	Strate arborescente, épineux	Strate arborescente, épineux	Strate arborescente dense	Strate arborescente Très dense	Strate arborescente Et arbustive
Activité humaine	Pollution					Rejets urbains	Pollution	Rejets urbains, extraction de sable	Rejets urbains, extraction de sable	Extraction de sable
Distance à la source										

**Tableau 1:** Caractéristiques environnementales des stations d'étude.

## 2.3 Etude de quelques paramètres environnementaux

### 2.3.1 La pente

La pente est un paramètre écologique important qui dépend de l'altitude. Elle intervient dans le déterminisme de la vitesse du courant et de la granulométrie du substrat, ainsi que dans la distribution de la faune benthique.

Le tableau 1 illustre les pentes stationnelle des cours d'eau étudiés.

- ✓ Les secteurs les plus pentus correspondent à ceux des ruisseaux d'altitudes (IA, AO, HB, TK1, TK2 et TK3), les pentes varient de 9,6% à 38% ;
- ✓ Dans les piémonts et les basses altitudes, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau, des pentes varient entre 0,8% et 3% : (stations A1, A2, A3, TK4).

**Tableau 2:** Altitude et pente à la station des cours d'eaux étudiés.

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3
Alt. (m)	800	940	750	1300	950	770	300	300	200	140
Pente(%)	14	13	9,6	38	16	11	3	1,5	1,4	0,8

### 2.3.2 Le débit

Les débits sont déterminés par les apports atmosphériques. Ils dépendent de l'altitude, de la distance à la source la plus en amont, de la nature des terrains traversés et des précipitations. Ainsi, à toute variation de débit, correspond une variation simultanée et dans le même sens, de la vitesse des écoulements, de la largeur du cours d'eau et de la hauteur de la lame d'eau.

En Algérie, les écosystèmes lotiques sont caractérisés par des cycles annuels très irréguliers associés aux changements climatiques saisonniers.

Les cours d'eau sont très affectés, parce qu'ils sont principalement contrôlés par la périodicité et l'intensité des précipitations. Les précipitations sont concentrées entre Novembre et Février, correspondant généralement aux forts débits. A partir de mi- printemps, les débits diminuent progressivement pour atteindre que quelques litres par seconde à l'étiage.

### 2.3.3 Ecoulement de l'eau et vitesse du courant

L'écoulement est caractérisé par un profil de vitesse qui dépend du débit, des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, des apports des affluents ainsi que la taille des éléments du substrat et de la profondeur de la lame d'eau.

Selon (HYNES, 1970 ; MINSHALL, 1984 ; STAZNER, *et al.*, 1988 in LOUNACI 2005) la vitesse du courant est un facteur écologique essentiel qui conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance, du comportement, de la distribution et du métabolisme des communautés. C'est un facteur limitant. En général, la faune des eaux courantes, et en particulier, celle des eaux rapides, diffèrent de celle des eaux stagnantes et présente des caractères d'adaptation qui permettent aux animaux de se protéger ou de lutter contre le courant (Angelier, 2003). En raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant est estimée par sa valeur moyenne dans chaque station. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un bouchon en liège lâché en surface du cours d'eau sur une distance de 5m, le temps est mesuré par un chronomètre.

Les relevés de la vitesse, qui ne représentent que des valeurs indicatrices, sont portés sur le Tableau 3. Elles sont classées selon l'échelle de BERG in LOUNACI (1987).

- Vitesse très lente : inférieur à 0,1 m/s ;
- Vitesse lente : 0,1 à 0,25 m/s ;
- Vitesse moyenne : 0,25 à 0,50 m/s ;
- Vitesse rapide : 0,50 à 1 m/s ;
- Vitesse très rapide : supérieur à 1 m/s.

**Tableau 3:** Vitesse du courant et largeur du lit mesurées dans les différentes stations étudiées.

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3
<b>Largeur du lit (m)</b>	1	4	5	0,5	0,5	1	3	6	6	10
<b>Vitesse du courant</b>	RM	TR	TR	RM	TR.R	TR.R	RM	MR	MR	MR
<b>Valeurs</b>	50	100	100	50	50	75	75	75	50	50

MR : vitesse moyenne à rapide ; TR : très rapide ; R : vitesse rapide.

RM : vitesse rapide à moyenne.

### 2.3.4 Substrat

Les cours d'eau présentent naturellement une grande diversité structurale qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitats : fonds sableux, dépôts de débris végétaux, zones rocailleuses, rochers...etc. De nombreux organismes d'eaux courantes présentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leurs sont favorables. Les cours d'eau richement structurés sont donc colonisés par une communauté lotique très diversifiée et riche en espèces (YASRI, 2009).

Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie. Il peut être scindé en deux grands types : le substrat minéral et le substrat végétal.

Le substrat minéral : quatre catégories de taille sont distinguées selon le diamètre moyen des éléments fin qui les composent : galets, graviers, sables et limons. L'importance relative de chaque catégorie est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces au eau, estimés par observation directe à l'échelle de la station.

Le substrat végétal : il peut être utilisé comme support inerte et comme ressource trophique. Son importance au niveau d'une station est exprimée par quatre classes d'abondance, d'absente à très abondante.

La distribution des stations en fonction de l'altitude et de la nature du substrat montre une hétérogénéité du substratum au sein de tous étages altitudinaux au niveau d'une même station. En moyenne altitude, le substrat le plus fréquemment prélevé est à dominance de galets et de graviers (STARK *et al.*, 2001). En basse altitude, il est plutôt à dominance de sable et de limon avec abondance de végétation aquatique. Le tableau ci-dessous présente les différents substrats définis.

**Tableau 4** : Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations Paramètres	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3
GG %	75	80	90	75	85	70	40	65	65	65
S/L %	15	20	10	25	15	30	50	25	25	25
M.O%	10	0	0	0	0	0	10	10	10	10
VAQ %	0	0	5	0	0	5	5	20	20	20

**GG:** Galets Graviers ; **S/L:** Sables/Limons ; **M.O:** Matière organique ; **VAQ:** Végétation Aquatique.

## 2.4. Matériels et méthodes d'étude de la faune benthique

Selon ILLIES & BOTOSANEANU (1963), les habitats ne se suivent pas régulièrement le long d'un cours d'eau, ils sont répartis en mosaïque soit prenant place l'un à côté de l'autre, soit se succédant avec répétition. Chaque habitat est défini comme la combinaison d'un type de substrat et d'une gamme de vitesse de courant (BEISEL *et al.*, 1998).

Le potentiel biologique est limité par la qualité de l'habitat physique formant la trame sur laquelle les communautés biologiques se développent (SOUTHWOOD, 1977).

Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelque années) des multiples perturbations physiques (modification de l'habitat) ; biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (BABOUR *et al.*, 1999).

Le suivi des macroinvertébrés benthiques est utile pour :

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

Le présent travail traite des procédures à suivre pour réaliser des études biologiques basées sur les macroinvertébrés benthiques. Il comporte quatre sections, soit :

- Échantillonnage des macroinvertébrés benthiques;
- Évaluation de l'habitat;
- Traitement de l'échantillon au laboratoire et identification des macroinvertébrés benthiques;
- Analyse des données et évaluation de l'intégrité biologique.

L'unité de base d'échantillonnage est la station ; c'est une portion du cours d'eau d'une longueur moyenne de 50m regroupant en son sein un ensemble d'habitats particuliers.

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative du milieu à étudier pour obtenir un bilan plus complet possible des taxons présents dans les cours d'eau.

Pour cela l'échantillonnage doit être réalisé sur tous les habitats qui composent le lit d'un cours d'eau.

Afin d'obtenir une vision globale la plus complète possible de la macrofaune benthique présente sur la station, on effectue huit prélèvements par station, en recherchant la représentativité maximum, par l'échantillonnage de tous les types de microhabitats présents (principe des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité de l'eau).

Lorsqu'une station ne présente pas huit microhabitats différents, le nombre de prélèvements est complété à huit en échantillonnant le ou les substrats dominants dans une classe de vitesse différente de celle déjà effectuée.

Le cumul d'échantillons prélevés sur plusieurs habitats fournit généralement une image de la communauté macrobenthique d'une station.

Notre travail s'est référée aux bases de données du laboratoire « Ecosystème Aquatique Continentaux » de la faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques de l'université de Tizi-Ouzou.

#### **2.4.1 Technique de prélèvement**

Le matériel biologique provient de prélèvements benthiques. Ils ont été effectués à l'aide d'un filet Surber pour les faciès lotiques et d'un filet troubleau pour les faciès lentiques.

##### **✓ Milieu lotique**

Les prélèvements de la faune sont réalisés dans des zones peu profondes inférieures à 40 cm. Pour chaque récolte, l'opérateur a été le même, de façon à maintenir des conditions de prélèvements aussi voisines que possibles d'une série à l'autre.

L'échantillonneur Surber possède un cadre carré avec une base de surface de 0,09 m<sup>2</sup> (30 cm x 30 cm). Il est placé sur le fond du lit, l'ouverture du filet face au courant. Le substrat se

trouvant dans la surface d'échantillonnage est lavé, récupérant ainsi les larves, les nymphes. Les formes solidement fixées sont détachées à l'aide d'une pince.

### ✓ Milieu lentique

Dans les zones d'eau calme où se déposent les sédiments fins, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet troubleau à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre. L'échantillonnage est réalisé par dragage au filet des fonds en faisant des allers-retours sur une distance d'un mètre environ.



**Photo 1** : L'échantillonneur de type « surber » et « troubleau » (MEGCHICHE & AIT ALI, 2019).

### • Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont recueillis dans des sachets en plastique contenant une solution de formol concentré à 8% sur le lieu même du prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques des stations sont notées à chaque prélèvement.



**Photo 2**:Echantillon récolté (MEGCHICHE & AIT ALI, 2019).

- **Lavage, tri et détermination**

Au laboratoire, on procède au lavage qui consiste à débarrasser l'échantillon de la vase et des débris floristiques ainsi que d'autres déchets à l'aide d'une série de tamis (mailles : 5mm, 1mm, 0,2mm) et d'une pince. Le contenu du tamis est ensuite versé dans un bac, puis transvasé et homogénéisé dans des béchers à 250 cc.

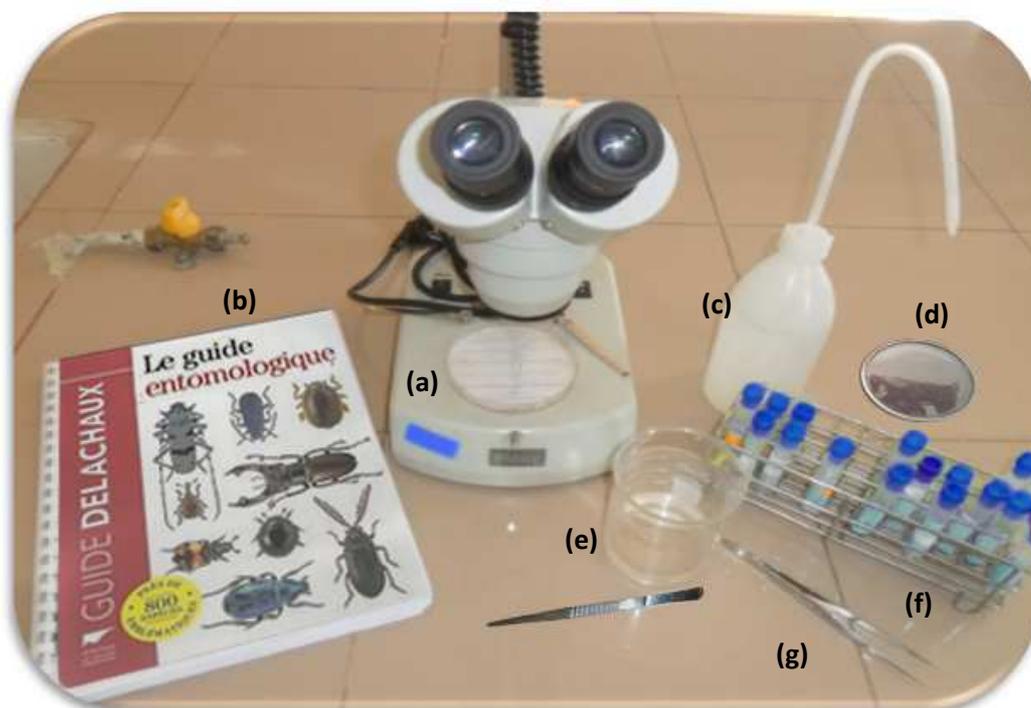
Les spécimens sont systématiquement triés, manipulés à l'aide d'une pince fine, dans des boîtes de pétri à fond quadrillé sous une loupe binoculaire.

La détermination du matériel biologique (selon le niveau de précision requis: famille ou genre) se fait sous une loupe binoculaire et à l'aide des clés de détermination : TACHET *et al.*, (1980, 2000, 2006) et des formateurs du laboratoire des écosystèmes aquatiques continentaux de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de Tizi-Ouzou.



(a) : échantillon ; (b) : tamis ; (c) : pince ; (d) :bassine ; (e) :bécher ; (f) :boîte de pétrie.

**Photo 3:** Matériels de lavage des échantillons au laboratoire ( MEGCHICHE & AIT ALI, 2019).



(a) : loupe binoculaire ; (b) : clé de détermination ; (c) : alcool à 70% ; (d) : boîte de pétrie ; (e) : bécher ; (f) : tubes ; (g) : pince.

**Photo 4:** Matériels de tri et détermination des échantillons au laboratoire (MEGCHICHE & AIT ALI, 2019).

## 2.4.2 Méthodes d'analyse de la structure du peuplement

### 2.4.2.1 Indices de diversité et de structure

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité du peuplement. Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (BARBAULT, 1995).

La première étape consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir des deux variables que sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL & HILY., 2003). Ces paramètres permettent la description de la structure des peuplements.

- **Diversité brute ou richesse taxonomique** : cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (BOULUNÇER et *al.*, 1998; RAMADE 2003). La richesse spécifique est considérée comme étant la première perception du milieu qui nous indique que plus il y a de taxons distincts (espèces, genres, familles...), plus la diversité est grande.
- **Abondance des espèces** : c'est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE. 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce i

$P_i = n_i/N$

$N$  = nombre total d'individus

- **Occurrence des espèces** : appelé aussi de constance au sens de DAJOZ (1985), la fréquence d'occurrence est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés ( $P_i$ ) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre total de relevés réalisés (P) dans une même station.

Elle est calculée par la formule :

$$C (\%) = 100 * P_i/P$$

$P_i$  = nombre de prélèvement ou l'espèce i est présente

**P** = nombre total de prélèvement

Selon Dajoz (1985), on distingue :

- Les espèces omniprésentes ( $C=100\%$ ) ;
- Les espèces constantes ( $75=C=100$ ) ;
- Les espèces régulières ( $50=C=75$ ) ;
- Les espèces accessoires ( $25=C=50$ ) ;
- Les espèces accidentelles ( $C=25$ ).

➤ **Indices de diversité de Shannon-Weaver** : De tous les indices, la formule de Shannon-Weaver est l'indice le plus utilisé. Il exprime au mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1981).

L'indice de Shannon-Weaver  $H'$  (Shannon & Weaver, 1963) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression :  $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce de rang  $i$

$N$  = nombre total d'individus.

$H'$  est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quand  $H'$  tend vers zéro (0), et est maximale quand  $H'$  tend vers  $\infty$ .

➤ **Équitabilité (PIELOU, 1969)** : l'indice d'équitabilité rend compte de l'abondance relative de chaque taxon. Il est dérivé de celui de Shannon-Weaver. Sachant que plus un peuplement est équilibré (pas de taxon largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'à l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équirépartition ou diversité maximale ( $H'_{\max}$ ), Laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individus.

Dans ce cas :  $H'_{\max} = \log_2 S$

L'équitabilité est utilisée comme le rapport :

$E = H'/H'_{\max} = H'/\log_2 S$

$H'$  = Indice de Shannon-Weaver

$S$  = Richesse spécifique

$\log_2$  = Logarithme à base 2

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce et tends vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus.

### 2.4.3 Traitement statistique des données

Les principales méthodes statistiques multivariées utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse en composantes principales (ACP), l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification ascendante hiérarchique (CAH).

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse multivariée de type Analyse en Composantes Principale (ACP) a été utilisée pour interpréter les données environnementales des milieux d'étude. La recherche de noyaux d'affinité est rendue possible grâce à la classification ascendante hiérarchique (CAH). Le programme XLSTAT a permis de réaliser et de dresser les représentations graphiques de ces analyses multivariées.

La présentation graphique des données s'est appuyée sur l'élaboration d'histogrammes, courbes et des graphiques en secteurs par Excel.

- **Analyse en composantes principales (ACP)** : c'est une méthode d'analyse multivariée permet l'étude simultanée d'un grand nombre de variable dont l'information totale ne peut pas être visualisée à cause d'un espace à plus de trois dimensions (MOUISSI & ALAYAT, 2016). L'ACP traite les données numériques contrairement à l'AFC qui peut traiter les

données qualitatives (BOUROCHE & SAPORTA, 1980). L'ACP est très utilisée pour la description des caractéristiques mésologiques (CARREL *et al.*, 1986). C'est une méthode descriptive dont le but est de présenter un tableau de données quantitatives. L'objet est d'avoir une information concentrée sur un minimum d'axe. Cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydrochimiques (ABRID, 2015).

➤ **Classification ascendante hiérarchique (CAH)** : consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilarité (DUCHEZ & LOY, 2005). La CAH est destinée à reproduire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères. L'algorithme commence par rassembler les couples d'individus les plus ressemblants, puis à agréger progressivement les autres individus ou groupes d'individus en fonction de leur ressemblance, jusqu'à ce que la totalité des individus ne forme plus qu'un seul groupe. La CAH produit un arbre binaire de classification (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. L'ensemble des nœuds définit une « hiérarchie » sur l'ensemble d'objets.

➤ **Corrélation de Pearson** : elle évalue la relation linéaire entre deux variables continues. Une relation est dite linéaire lorsqu'une modification de l'une des variables est associée à une modification proportionnelle de l'autre variable. Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre deux séries de données, il peut prendre les valeurs '-1' à '+1' : (CHOK, 2008).

- Une valeur **+1** montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante.

- Une valeur **-1** montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante.

- Une valeur **0** montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles.

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (BOLBOACA & JANTSCHI, 2006).

#### 2.4.4 Logiciels de calcul

Dans notre présente étude, nous avons utilisé une plateforme du StatSoft, Inc 1984-2005 appelée Copyright© un logiciel nommé Statistica '7.1.30.0' qui nous a permis à cartographier, collecter, analyser et traiter toutes les données sur la qualité des eaux que nous disposons. Pour les corrélations nous avons utilisé le logiciel ADE-4 (THIOULOUSE et *al* ; 1997).

#### 2.5. Indice biologique

L'indice biologique globale normalisé ou IBGN permet d'exprimer la qualité des peuplements d'invertébrés en relation avec la qualité de l'eau et du milieu. Il tient compte à la fois des différents polluo-sensibles des différents groupes d'invertébrés (groupes indicateurs) et de la diversité taxonomique.

L'IBGN repose sur l'utilisation d'une liste de 152 taxons de macroinvertébrés dont 38 indicateurs (annexe 8). Ces derniers sont classés en fonction de leur sensibilité croissante à la pollution (tableau 8), une valeur fluctuante de zéro (très mauvaise qualité) à vingt (très bonne qualité) est attribuée en fonction de la présence d'un taxon indicateur et du nombre de taxons appartenant à la liste des 138 taxons.

Le BMWP' est une nouvelle approche originale (BMWP'). Ces modifications ont inclus l'addition de nouvelles familles (ALBA-TERCEDOR., 2000 *in* BOUCHELOUCHE et *al.*, 2013). L'indice permet d'évaluer la qualité générale d'un cours d'eau à partir d'un système de score de la Famille de macroinvertébrés. Il ne prend pas en compte le nombre des individus récoltés ni la variabilité taxonomique.

Pour l'indice BMWP', les familles de macroinvertébrés sont classées en 10 groupes suivant un gradient de tolérance vis-à-vis de la contamination de l'eau (ARMITAGE et *al.*, 1983), ainsi on attribue à chaque famille un nombre de point qui est  $\leq 10$  suivant son degré de polluo-sensibilité (tableau 10). Cette ponctuation va nous permettre de comparer le degré de pollution dans les différentes stations d'échantillonnage.



**Chapitre III**  
**Analyse de la faune.**

### 3.1 Analyse globale de la faune benthique

La présente étude faunistique sur la base de données du laboratoire « Ecosystème Aquatique Continentaux » de la faculté de l'Université de Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou a permis de recenser un total de 39894 individus répartis en 13 groupes zoologiques et 64 familles (Tableau 4). Les résultats pour chaque station sont présentés sous forme d'un tableau, grâce à la réalisation de ce tableau, on a pu être analyser et comparer les différentes distributions des macroinvertébrés entre les stations.

L'ensemble de la macrofaune benthique récoltée a été identifiée jusqu'au genre à l'exception des Vers et des Diptères suite aux difficultés de détermination qu'ils présentent pour nous. Sur les 79 taxons d'invertébrés récoltés, 60 (soit 75,94%) sont des insectes et 18 taxons (22,78%) appartiennent aux autres classes ou embranchements : Planaires, Vers, Hydracariens, Collemboles, Crustacés, Mollusques (Tableau 5).

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères. Il compte 16 familles. Viennent ensuite les Trichoptères (10 familles), les Mollusques (8 familles), les Coléoptères et les Plécoptères (5 familles), les Ephéméroptères et Vers (4 familles), les Hétéroptères, les Collemboles (3 familles), les Odonates et les Crustacés (2 familles) et enfin les Hydracariens et les Planaires (1 famille).

**Tableau 5:** Nombre de taxons par groupe zoologique.

Groupes zoologiques	Nombre de taxons	
	Familles	Genres
Planaires	1	1
Vers	4	4
Hydracariens	1	1
Collemboles	3	3
Crustacés	2	2
Mollusques	8	8
Ephéméroptères	4	7
Plécoptères	5	9
Trichoptères	10	11
Coléoptères	5	12
Hétéroptères	3	3
Odonates	2	2
Diptères	16	16
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>79</b>

Tableau 6: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3	Ab	Abr1	Abr2	Oc
Altitude (m)	800	940	750	1300	950	770	300	300	200	140				
<b>Planaires</b>														
<i>Dugesidae (Dugesia)</i>								15			15	0,04	100	1
<b>Vers</b>														
<i>Naididae</i>	142	76	564	9	340	21	220	350	1400	243	3365	8,43	79,98	10
<i>Lumbricidae</i>	13	6	9			2	35	5	5	20	95	0,24	2,25	8
<i>Tubificidae</i>	15	4	12			3	120	100	150	68	472	1,18	11,22	8
<i>Sangsus</i>			5	84	35	1				150	275	0,69	6,53	5
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>86</b>	<b>590</b>	<b>93</b>	<b>375</b>	<b>27</b>	<b>375</b>	<b>455</b>	<b>1555</b>	<b>481</b>	<b>4207</b>	<b>10,54</b>		
<b>Hydracariens</b>														
<i>Hydracaina</i>							5	22	440	150	617	1,54	100	4
<b>Collemboles</b>														
<i>Isotomidae (Isotomurus)</i>			3	3	9						15	0,04	83,33	3
<i>Tomoceridae (Tomocerus)</i>					1						1	0	5,56	1
<i>Neanuridae (Endonura)</i>				2							2	0	11,11	1
<b>Total</b>			<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>						<b>18</b>	<b>0,04</b>		
<b>Crustacés</b>														
<i>Potamonidae (Potamon)</i>		4	1								5	0,01	1,53	2
<i>Gammaridae (Gammarus)</i>					41	280					321	0,8	98,47	2
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>1</b>		<b>41</b>	<b>280</b>					<b>326</b>	<b>0,81</b>		
<b>Mollusques</b>														
<i>Lymnaeidae</i>	2										2	0	0,22	1
<i>Ancylidae (Ancylus)</i>	63		567	7	4	6		5			652	1,63	73,18	6
<i>Bythinellidae (Bythinella)</i>	28		22		21						71	0,18	7,97	3
<i>Bithyniidae (Bithynia)</i>								4			4	0,01	0,45	1
<i>Valvulidae (Valvata)</i>	28		4		2	4					38	0,09	4,27	4
<i>Planorbidae</i>				1	6	4					11	0,03	1,24	3
<i>Viviparidae (Viviparus)</i>	95					4					99	0,25	11,11	2
<i>Physidae (Physa)</i>										14	14	0,03	1,57	1
<b>Total</b>	<b>216</b>		<b>593</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	<b>18</b>		<b>9</b>		<b>14</b>	<b>891</b>	<b>2,23</b>		
<b>Éphéméroptères</b>														
<i>Leptophlebiidae (Habrophlebia)</i>	9										9	0,02	0,06	1
<b>Baetidae</b>														
<i>Baetis</i>	4758	5504	524	9	575	1680	190	244	240	588	14312	35,88	90,33	10
<i>Acentrella</i>	162	120	6	3	68	10					369	0,93	2,33	6

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3	Ab	Abr1	Abr2	Oc
<i>Centroptilum</i>	170	25	6	2			36	25	72		336	0,84	2,12	7
<b>Caenidae (<i>Caenis</i>)</b>		32					68	62	76	36	274	0,69	1,73	5
<b>Heptageniidae</b>														
<i>Rhithrogena</i>	2										2	0	0,01	1
<i>Ecdyonurus</i>		2	536					5			543	1,36	3,43	3
<b>Total</b>	<b>5101</b>	<b>5683</b>	<b>1072</b>	<b>14</b>	<b>643</b>	<b>1690</b>	<b>294</b>	<b>336</b>	<b>388</b>	<b>624</b>	<b>15845</b>	39,71		
<b>Plécoptères</b>														
<b>Nemouridae</b>														
<i>Protonemura</i>	50	15	214	113	172	160					724	1,81	66,18	6
<i>Amphinemura</i>	14	11		18	14	26					83	0,21	7,59	5
<i>Nemoura</i>			19	22	68	32					141	0,35	12,89	4
<b>Perlodidae</b>														
<i>Perlodes</i>		12									12	0,03	1,1	1
<i>Isoperla</i>	8		6		6	14					34	0,08	3,11	4
<b>Perlidae (<i>Perla</i>)</b>	10	24									34	0,08	3,11	2
<b>Capniidae</b>														
<i>Capnioneura</i>	6		15		15						36	0,09	3,29	3
<i>Capnia</i>						18					18	0,04	1,65	1
<b>Taeniopterygidae (<i>Brachyptera</i>)</b>						12					12	0,03	1,1	1
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>62</b>	<b>254</b>	<b>153</b>	<b>275</b>	<b>262</b>					<b>1094</b>	2,74		
<b>Trichoptères</b>														
<b>Limnephilidae</b>														
<i>Drusus</i>				2		1					3	0	0,37	2
<i>Stenophylax</i>	42			327	65	45					479	1,2	58,77	4
<b>Goeridae</b>	1										1	0	0,12	1
<b>Psychomyiidae (<i>Psychomyia</i>)</b>	2										2	0	0,25	1
<b>Hydropsychidae (<i>Hydropsyche</i>)</b>	7	33	30			2	25	3	20	30	150	0,38	18,4	8
<b>Rhyacophilidae (<i>Rhyacophila</i>)</b>	11	10	6			5		4	3		39	0,1	4,79	6
<b>Brachycentridae (<i>Micrasema</i>)</b>	92										92	0,23	11,29	1
<b>Polycentropodidae (<i>Polycentropus</i>)</b>			2								2	0	0,25	1
<b>Phlypotamidae (<i>Wormaldia</i>)</b>					2						2	0	0,25	1
<b>Hydroptilidae (<i>Allotrichia</i>)</b>							3				3	0	0,37	1
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>329</b>	<b>67</b>	<b>53</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>773</b>	1,94		
<b>Coléoptères</b>														
<b>Elmidae</b>														
<i>Lumnius</i>	5	19	48	5	10	9	25		26		147	0,37	53,07	8

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3	Ab	Abr1	Abr2	Oc
<i>Oulimnius</i>										11	11	0,03	3,97	1
<i>Potamophilus</i>							4	3		18	25	0,06	9,03	3
<i>Laccophilus</i>	1										1	0	0,36	1
<i>Normandia</i>								4	6		10	0,02	3,61	2
<i>Riolus</i>									3		3	0	1,08	1
<b>Thrysomelidae</b> ( <i>Harmona</i> )	2			2	7	2					13	0,03	4,69	4
<b>Hydrophilidae</b> ( <i>Hydrabus</i> )		3			1						4	0,01	1,44	2
<b>Hydraenidae</b>														
<i>Hydraena</i>		1									1	0	0,36	1
<i>Ochthebius</i>		2									2	0	0,72	1
<b>Gyrinidae</b>														
<i>Aulongyrus</i>							5		3		8	0,02	2,89	2
<i>Hydrocyphon</i>			6				8		38		52	0,13	18,77	3
<b>Hydrophilidae</b> ( <i>Hydrophila</i> )	41		1								42	0,1	5,15	2
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>25</b>	<b>55</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>42</b>	<b>7</b>	<b>76</b>	<b>29</b>	<b>319</b>	<b>0,79</b>		
<b>Hétéroptères</b>														
<b>Aphelocheiridae</b> ( <i>Aphelocheirus</i> )		3									3	0	37,5	1
<b>Hybridae</b> ( <i>Hebrus</i> )					3						3	0	37,5	1
<b>Gerridae</b> ( <i>Gerris</i> )					2						2	0	25	1
<b>Total</b>		<b>3</b>			<b>5</b>						<b>8</b>	<b>0,02</b>		
<b>Odonates</b>														
<b>Calopterygidae</b> ( <i>Calopterxy</i> )							3				3	0	8,82	1
<b>Gomphidae</b> ( <i>Gomphus</i> )							18	5	8		31	0,08	91,18	3
<b>Total</b>							<b>21</b>	<b>5</b>	<b>8</b>		<b>34</b>	<b>0,08</b>		
<b>Diptères</b>														
<b>Tipulidae</b>	51	4	9	4	1	3	5	4	4	14	99	0,24	0,63	10
<b>Stratiomyidae</b>	55	6	9	3	10	16				11	110	0,27	0,7	7
<b>Culicidae</b>								4			4	0,01	0,03	1
<b>Dixidae</b>								4			4	0,01	0,03	1
<b>Syrphidae</b>								4			4	0,01	0,03	1
<b>Limoniidae</b>	44	20	13	8	9	22	18		3		137	0,34	0,87	8
<b>Ceratopogonidae</b>	49	164	13	1	21	1	18	156	56	13	492	1,23	3,12	10
<b>Simuliidae</b>	125	196	548	90	320	851	3198	145	61	803	6337	15,9	40,24	10
<b>Psychodidae</b>	4	2	2		1	9	6	40	9		73	0,18	0,46	8
<b>Dolichopodidae</b>	3		3		1	9					16	0,04	0,1	4
<b>Blephariceridae</b>	64	950	8	8		466	256	83	12		1847	4,63	11,73	8
<b>Chironomidae</b>	1523	1120	390	130	270	128	50	1068	677	1215	6571	16,48	41,73	10

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3	Ab	Abr1	Abr2	Oc
<b>Athericidae</b>		9									<b>9</b>	0,02	0,06	1
<b>Tabanidae</b>		2				4	3	4	3		<b>16</b>	0,04	0,1	5
<b>Empididae</b>		6	1				5	8	3		<b>23</b>	0,06	0,15	5
<b>Ephydriidae</b>					5						<b>5</b>	0,01	0,03	1
<b>Total</b>	<b>1918</b>	<b>2479</b>	<b>996</b>	<b>244</b>	<b>638</b>	<b>1509</b>	<b>3559</b>	<b>1520</b>	<b>828</b>	<b>2056</b>	<b>15747</b>	39,48		
<b>Totaux</b>	7697	8385	3602	853	2105	3850	4324	2376	3318	3384	<b>39894</b>	100		
<b>Occurrence</b>	37	31	33	23	32	33	24	27	24	16				

**Ab** : Abondance des taxons.

**Oc** : Occurrence.

**Ab r1** : Abondance relative par rapport à la faune totale (%).

**Ab r2** : Abondance relative par rapport au groupe zoologique considéré (%).

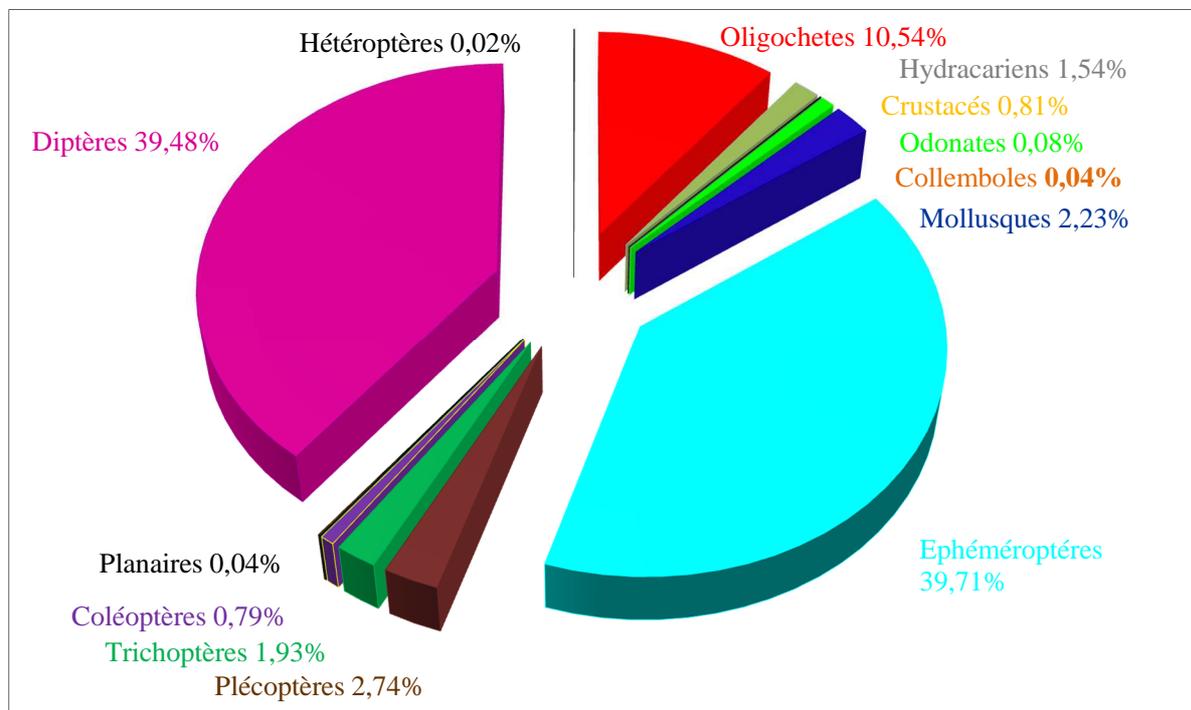
### 3.1.1 Répartition de la faune

L'effectif du peuplement benthique (Figure 8) montre que les Ephéméroptères et les Diptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 39,71 % (soit 15845 individus) et 39,48% (soit 15747 individus) de la faune totale. Ils sont abondants pratiquement dans toutes les stations et totalisent à eux seuls plus de 80% de la faune récoltée.

Les Vers, les Plécoptères, les Mollusques, les Trichoptères et les Hydracariens occupent respectivement la 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 4207 individus (soit 10,54%), 1094 individus (2,74%), 891 individus (2,23%), 773 individus (1,93%) et 617 individus (1,54%).

Les Coléoptères et les crustacés sont faiblement représentés. Ils ne constituent que 0,8% (319 individus) et 0,81% (326 individus) de la faune totale.

Quant aux Odonates, Collemboles, Planaires et Hétéroptères, ils sont beaucoup plus rares. Ils comptent respectivement 34 individus (0,08%), 18 individus (0,04%), 15 individus (0,04%) et 8 individus (0,02%).



**Figure 8:** Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'étude.

Les cours d'eau étudiés, de par leur topographie et leur hydrologie, offrent une grande diversité de biotopes aquatiques. La lecture de la Figure 9 relative à la richesse taxonomique stationnelle montre que les stations amont renferment la plus grande richesse taxonomique.

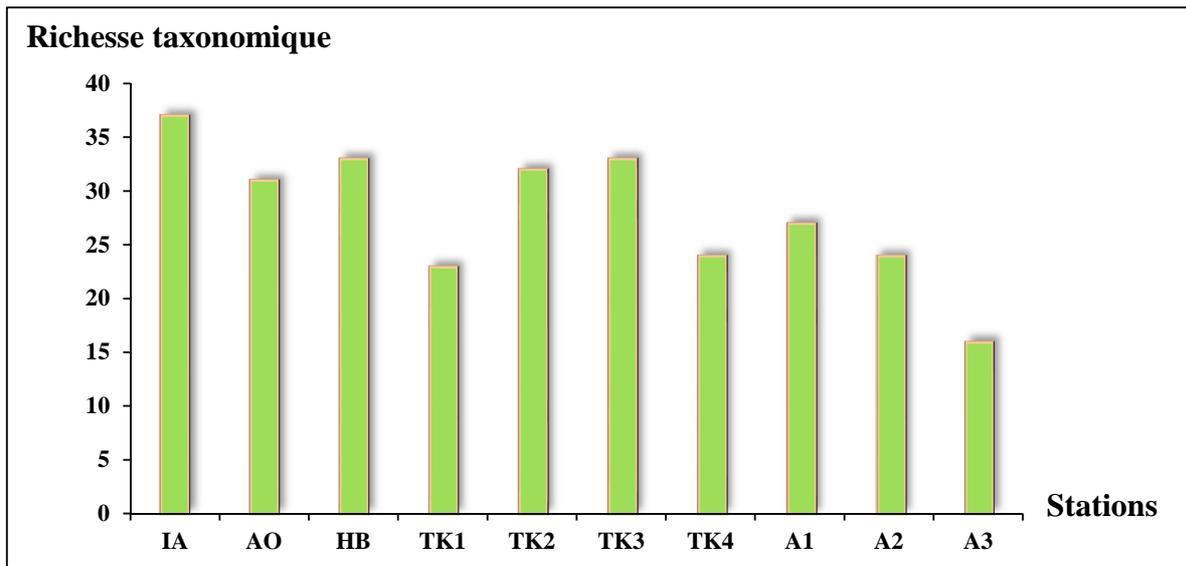
Le peuplement le plus diversifié est observé à la station IA (37 taxons) et à un degré moindre aux stations TK2 (32 Taxons), TK3 (33 Taxons), HB (33 Taxons) et AO (31 Taxons) situés en moyenne montagne, entre 750 m et 960 m d'altitude.

Ces zones constituent en effet des milieux favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée grâce à un substrat hétérogène (à dominance de galets et de gravier), une végétation environnante relativement abondante, une vitesse du courant rapide à modéré. Elles hébergent des espèces du rhithral, avec d'autres éléments à large répartition et aussi les espèces remontantes en altitude fuyant les habitats d'aval perturbés.

La station d'altitude TK1 (1300 m) enregistre une richesse taxonomique relativement réduite : 23 Taxa. Cette réduction est à mettre en relation à la nature du substrat (limons) et à la très faible profondeur de la lame d'eau (10 cm). Dans ce type de milieux, ne peuvent persister que les espèces les plus alticoles.

Les stations de piémont (TK4, A1, A2) enregistrent une richesse taxonomique comprise entre 24 et 27 Taxons. Ce sont des secteurs à perturbations intermédiaires caractérisés par un substrat hétérogène avec présence de matière organique et de végétation aquatique, une vitesse de courant modérée. Ils hébergent principalement les espèces rhithrophiles et thermophiles.

En basse altitude (A3), le nombre de taxa récoltés est considérablement réduit : 16 taxons. Ceci est dû au substrat à dominance de sable et de matière organique, et à l'impact négatif des perturbations anthropiques. Dans ce type de milieu, ne peuvent subsister que les espèces les plus euryèces.



**Figure 9:** Richesse taxonomique des stations étudiées.

### 3.1.2 Diversité et Equitabilité

Nous avons calculé pour chaque station l'indice de diversité  $H'$  et d'équitabilité  $E$  qui sont élevés lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des taxons dominants se traduit par de faibles valeurs de ces indices.

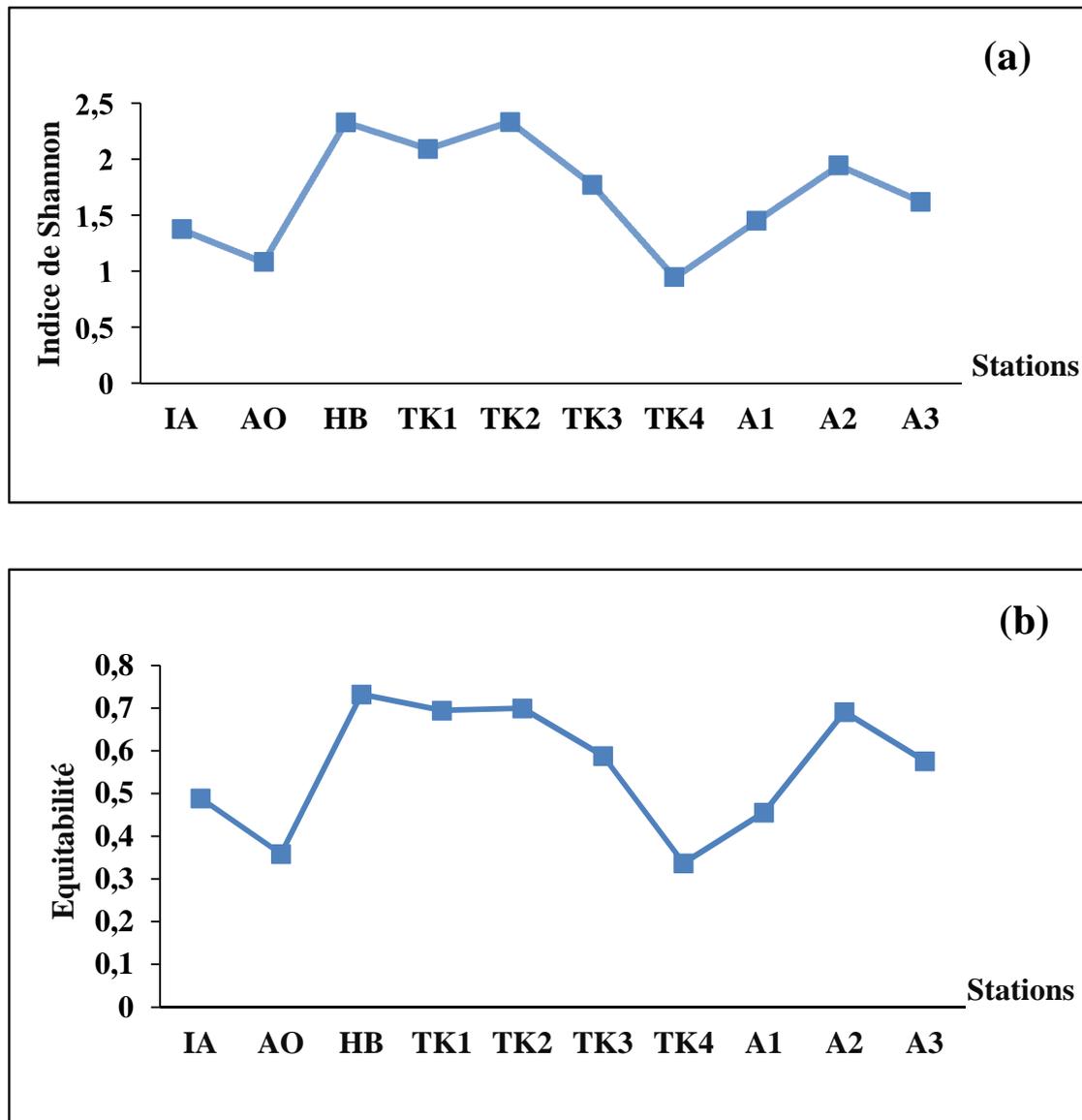
Dans les cours d'eau étudiés, les variations de diversité reflètent des différences observées dans les profils d'abondance des taxons (Figure 10 a et b).

Les valeurs de  $H'$  et de  $E$  varient respectivement entre un maximum de  $H' = 2,33$  et  $E=0,7$  enregistrées à la station TK2 et un minimum de  $H' = 0,94$  et  $E = 0,33$  notées à la station TK4.

Les stations HB, TK1, TK2 et A2 présentent les indices les plus élevés avec un  $H'$  compris entre 1,94 et 2,33. Ces stations sont caractérisées par l'hétérogénéité du substrat à dominance de galets et la stabilité du milieu. Ces stations présentent un peuplement assez diversifié où plusieurs taxons sont bien représentés.

Les stations AO, IA, A1, A3 et TK3 présente des indices moins élevés que les précédentes avec respectivement un  $H'$  de 1,08 ; 1,37 ; 1,45 ; 1,62 ; 1,77 et  $E$  de 0,35 ; 0,48 ; 0,45 ; 0,57 ; 0,58.

Dans les secteurs de ces stations, le substrat riche en matière organique a affecté les espèces polluo-sensibles et a induit le développement d'une faune adaptée, dominée numériquement par les Naididae, les Baetidae, les Chironomidae et les Simuliidae.



**Figure 10:** Evolution des indices de Shannon-Weaver et d'équitabilité dans les stations étudiées.

- a) Indice de Shannon-Weaver ;
- b) Équitabilité.

## 3.2 Analyses quantitatives et qualitatives de la faune benthique

### 3.2.1 Les Ephéméroptères

Selon THOMAS (1980), les Ephéméroptères représentent le groupe d'invertébrés aquatiques le plus important quantitativement dans la plupart des cours d'eau et toutes les altitudes. Ils sont thermophiles et à large répartition. Leurs larves sont abondantes dans les eaux courantes et occupent souvent le premier rang en biomasse des insectes aquatiques (THOMAS, 1981).

Les éphéméroptères se trouvent en nombre important dans les zones hétérogènes, de piémont et de basse montagne. Ils colonisent pour la plupart, les habitats les plus diversifiés à courant rapide à moyenne température relativement élevée. Mais ils sont moins abondants dans les zones supérieures et ceci est dû aux conditions contraignantes du milieu (LOUNACI, 2005).

Ils se caractérisent par leur grande valeur bio-indicative vis-à-vis des nuisances subies par les cours d'eau, du fait que ce groupe contient une forte proportion d'espèces ayant des exigences écologiques strictes (BEBBA, 2015).

Ils sont représentés par 15845 individus, répartis en quatre familles : Baetidae, Caenidae, Heptagéniiidae et Leptophlébiidae. Ces individus représentent 39,71% de la faune totale.

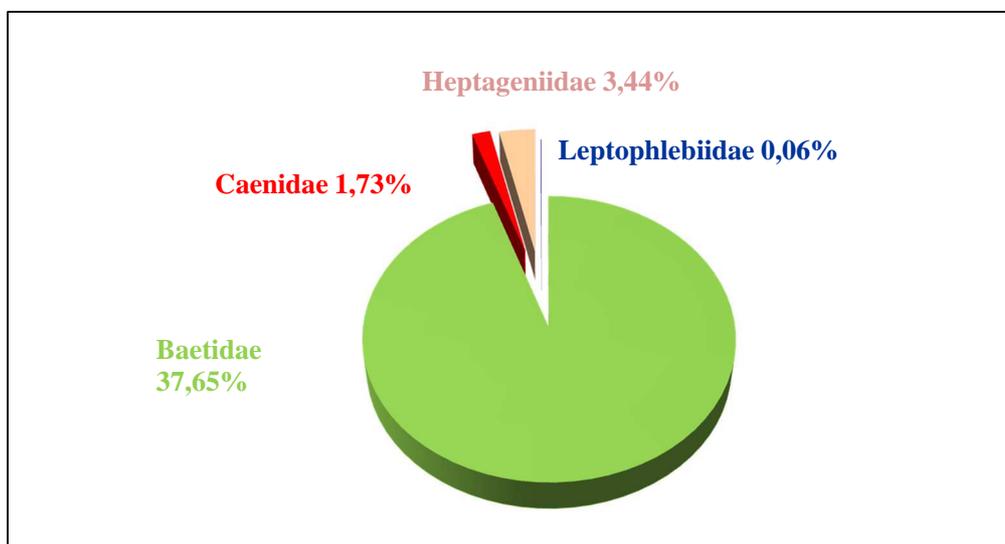
Les Baetidae sont caractérisées par une large valence écologique. Ils colonisent tous les milieux étudiés (eurytope) de l'amont jusqu'à l'aval. Selon BENMOUSSA et al., (2014), les éléments de cette famille tolèrent la pollution et les températures élevées.

La famille des Baetidae est la diversifiée parmi les Ephéméroptères récoltés. Au total, 15017 individus répartis en trois genres : *Baetis*, *Acentrella*, *Centropilum*. Ils représentent 94,77% des Ephéméroptères et 37,65% de la faune totale. *Baetis* est le genre le plus abondant et le plus fréquent avec 14312 individus, soit 90,32% des Ephéméroptères récoltés. De plus, les éléments de ce groupe se comportent selon THOMAS (1981), comme des espèces pionnières aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles (Figure 11).

Selon LOUNACI (2005), la famille des Caenidae sont des thermophiles et à spectre écologique assez large. Leur forme fouisseuse et leur tolérance à la présence de la matière organique favorise leur développement sur des sédiments déposés servant d'habitat. Avec 274 individus, ils représentent 1,73% des Ephéméroptères. Ils sont fréquents dans les stations : AO, TK4, A1, A2 et A3 mais peu abondants. Cette famille est représentée par l'unique genre *Caenis*.

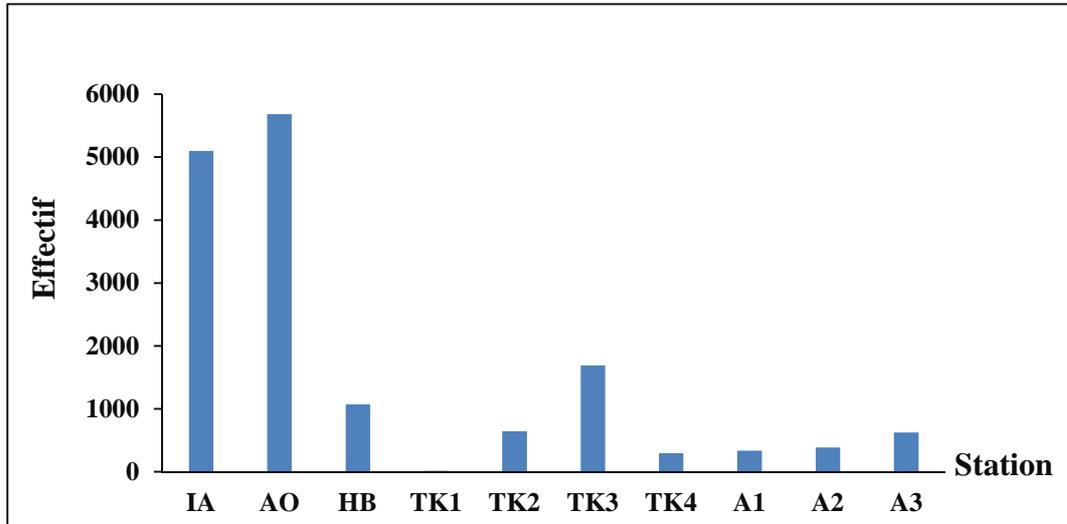
Les Heptageniidae sont rencontrés uniquement dans les stations amont (exception A1). En effet LOUNACI (2005), les qualifie d'organismes rhéophiles et polluo-sensibles qui remontent vers les zones d'altitudes (zones de sources), fuyant les températures élevées et les perturbations anthropiques des milieux aval. Cette famille compte 543 individus, soit 3,44% des Ephéméroptères récoltés, répartie en deux genres : *Ecdynurus* et *Rhithrogena*.

La famille des Leptophlebiidae est représentée par un seul genre : *Habrophlebia*. Ce dernier est peu abondant et peu fréquent dans nos prélèvements, il compte 9 individus (soit 0,06% des Ephéméroptères). Il représente selon AIT MOLOUD (1988), LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005), l'exemple typique de remontée des espèces vers les zones d'altitudes fuyant les milieux perturbés.



**Figure 11:** Répartition des Ephéméroptères récoltés

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (Figure12) met en évidence leur importance dans les stations (AO, IA, TK3, HB). Avec un total de 5683 individus, la station AO est la plus abondante et la plus diversifiée avec 5 genres, suivie de IA avec 5101 individus avec 5 genres ; ces stations sont caractérisées par un substrat grossier et un écoulement de l'eau rapide. TK3 avec 1690 individus avec 2 genres et HB avec 1072 individus avec 4 genres. Les autres stations sont moins abondantes et moins diversifiées en Ephéméroptères.



**Figure 12:** Abondance des Ephemeroptères dans les stations d'études.

### 3.2.2 Les Diptères

C'est le second ordre le plus abondant, numériquement, après celui des Ephemeroptères. La taille des larves et les critères de systématique rendent très ardues les identifications spécifiques.

Les larves de Diptères constituent, en nombre et en diversité, un pourcentage important de la faune récoltée dans les eaux douces (Thomas, 1969). Les éléments de ce groupe d'insecte se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biologique ; une large valence altitudinale et une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués. Au total, 15747 individus appartenant à 16 familles ont été dénombrés dans l'ensemble des stations étudiées. Ils représentent 39,48% de la faune totale. Ils sont abondants dans la plupart des stations mais leur répartition est très hétérogène.

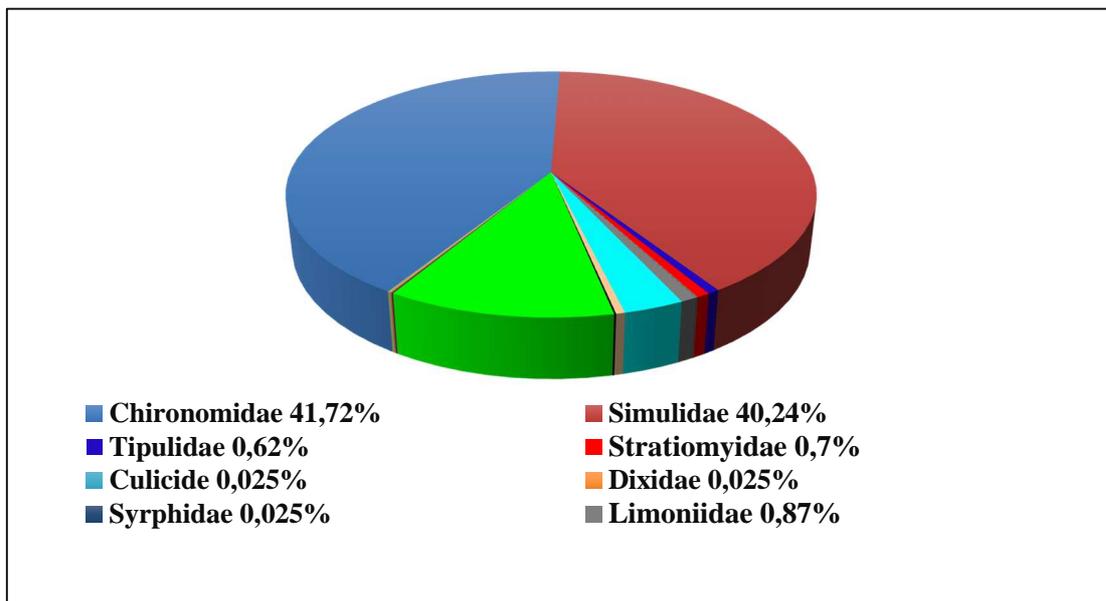
Les deux familles les mieux représentées sont les Simuliidae et les Chironomidae, elle constitue ensemble 81,97% des Diptères (Figure 13).

La famille des Chironomidae est largement dominante, elle constitue 41,73% (6571 individus) des diptères et 16,47% de la faune totale. Nous avons noté leur présence dans toutes les stations prospectées mais avec des abondances plus élevées dans les stations avales riches en matières organiques. En effet, d'après AIT MOULOUD (1987), la famille des Chironomidae se caractérise par sa grande diversité écologique. Ils ont la capacité de coloniser des milieux divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluées et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matière organique.

Les Diptères Simuliidae occupent la seconde place des Diptères sur le plan numérique. Ils constituent 40,24% (6337 individus) et 15,89% de la faune totale. Leur développement semble important dans les avals des cours d'eau. Leur importance est en rapport selon LOUNACI-DAOUDI (1996) avec les températures de l'eau relativement élevées, la vitesse du courant assez élevé et la présence de matières organiques, facteurs favorables au développement des stades immatures.

Les Blephariceridae (1847 individus), les Ceratopogonidae (492 individus), les Limoniidae (137 individus) et les Stratiomyidae (110 individu) occupent respectivement la 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> place des Diptères. Ils semblent avoir une large valence écologique.

Les autres familles sont peu abondantes. Il s'agit des, Psychodidae (73 individus), Tipulidae (99 individus), Culicidae, Dixidae et Syrphidae avec seulement 4 individus chacun, Dolichopodidae et Tabanidae avec 16 individus chacun, Athericidae (9 individus), Empididae (23 individus) et Ephydridae (5 individus) ; toutes ces familles réunies ne constituent que 1,60% (253 individus) du total des Diptères.



**Figure 13:** Répartition des Diptères récoltés.

La répartition longitudinale des éléments de ce groupe est très hétérogène. Leur importance relative dans les zones amont des cours d'eau peut être attribuée au développement des formes Torrenticoles adaptées aux courants les plus forts (Diamesinae, toxypodinae) et à la remontée en altitude des espèces polluo-sensibles à la recherche des conditions favorables du milieu.

Dans les zones aval des cours d'eau, l'importance des Diptères est en rapport avec le substrat riche en matière organique, facteur favorable à la prolifération des stades immatures des éléments polluo-résistants (Simuliidae, Chironomidae) (Figure14).

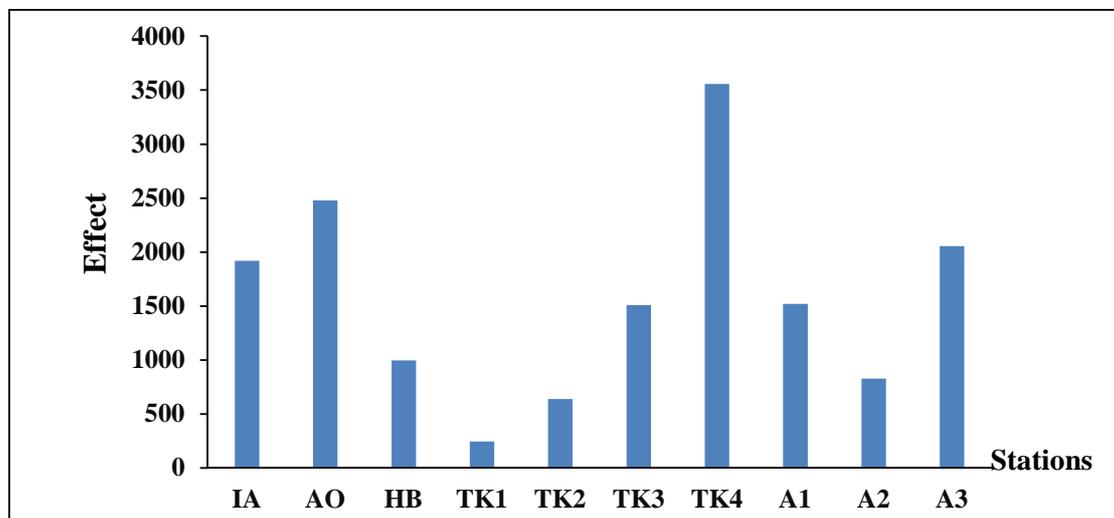


Figure 14 : Abondance des Diptères dans les stations d'étude.

### 3.2.3 Les Plécoptères

Ainsi, La présence des Plécoptères indique une absence de pollution dans ces stations. Sachant qu'ils sont connus pour leur polluo-sensibilité aux milieux affectés par quelque perturbations (MEBARKI, 2001). Ils peuplent préférentiellement les milieux d'altitude caractérisés par un substrat à dominance de galets, un courant rapide et une température de l'eau relativement fraîche (YASRI, 2009). Selon TACHET et *al.*, (2010), les plécoptères constituent un groupe d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques, morphologiquement homogènes. Ils sont thermophiles (BERTHELEMY, 1966), et peuvent se maintenir dans les torrents d'altitude à forte température estivale.

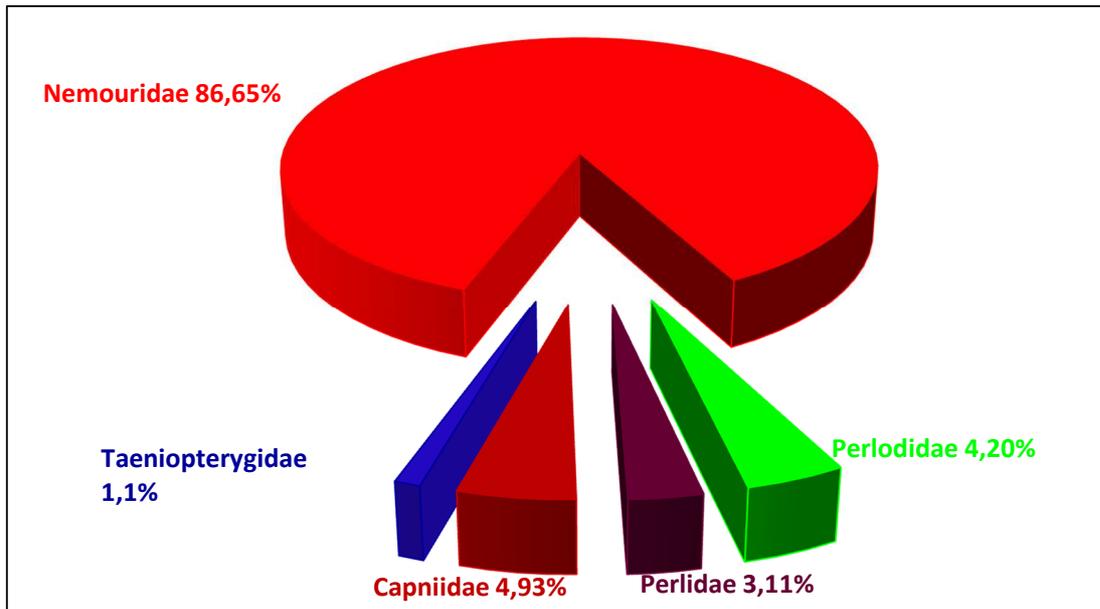
Ils forment un groupe d'insecte aquatique très intéressant pour les études de biogéographie en raison de leur ancienneté (CONSINGLIO, 1963) et pour les études

d'écologie, grâce au niveau de connaissances existant sur leur systématique et leur phylogénie (ZWICK, 1980).

Les Plécoptères sont de très bons indicateurs biologiques de l'état de santé des hydrosystèmes, très utilisés dans les méthodes d'analyse de la qualité des eaux courantes (TUFFERY & VERNEAUX, 1967 ; VERNEAUX *et al.*, 1976 ; VERNEAUX & COLL, 1982 ; ARMITAGE *et al.*, 1983 ; ALBA-TERCEDOR & SANCHEZ-ORTEGA, 1988 ; ALBA-TERCEDOR, 1996 ; HAWKES, 1997 ; ANGELIER, 2000 ; GENIN *et al.*, 2003).

Le peuplement Plécoptérologique inventorié dans notre travail est représenté en faible proportion comparé aux autres groupes systématiques (Ephéméroptères et Diptères) (LOUNACI, 2000). En effet, la prospection des 10 stations nous a permis de récolter 1094 individus. Il constitue 2,74% de la faune totale. Ils sont répartis en 5 familles et 9 genres : Nemouridae (*Protonemura*, *Amphinemura* et *Nemoura*), Perlodidae (*Perlodes*, *Isoperla*), Perlidae (*Perla*), Capniidae (*Capnioneura*, *Capnia*), Taeniopterygidae (*Brachyptera*) (Figure 15), et ce seulement dans les parties supérieure et moyennes des cours d'eau. De nombreuses stations de basse altitude en sont dépourvues.

La famille des Nemouridae est la mieux représentée avec 948 individus (soit 86,65% des Plécoptères récoltés). Les Capniidae et Perlodidae occupent la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> place sur le plan d'abondance numérique avec respectivement 54 individus (soit 4,93%) et 46 individus (Soit 4,20%). Quant aux Perlidae et Taeniopterygidae, ils sont faiblement représentés : respectivement 34 individus (3,11%), 12 individus (1,1%). Ils sont très peu abondants et très peu fréquents.



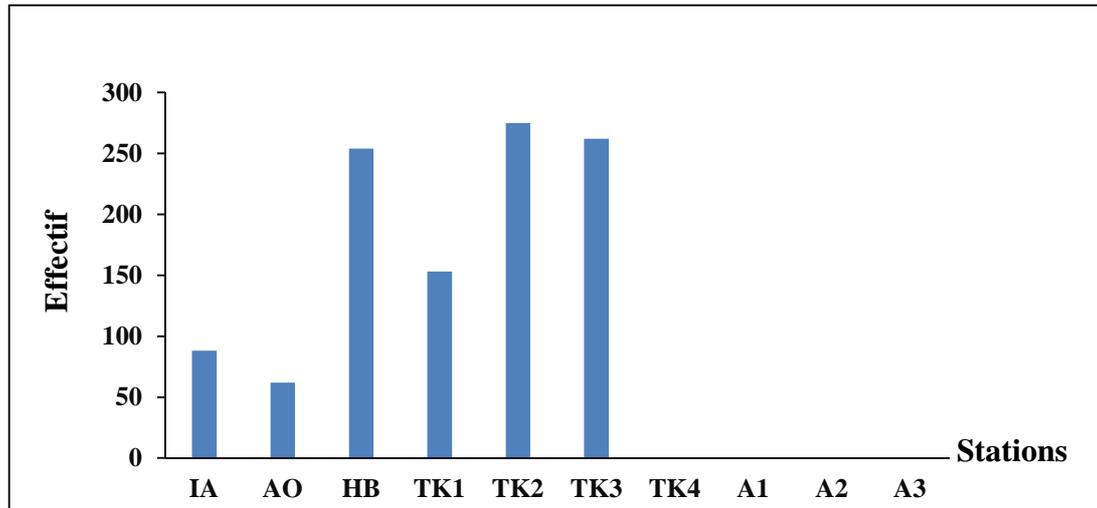
**Figure 15 :** Répartition des Plécoptères récoltés.

Les éléments de ce groupe d'insecte peuplent préférentiellement les milieux d'altitude (Figure 16) caractérisé par un substrat hétérogène à dominance de galets et un courant rapide. Cela confirme le fait que les éléments de ce groupe colonisent de préférence les cours d'eaux froids de montagne avec une concentration élevée en oxygène (CONSIGLIO, 1963, *in* FERRITO, 1994).

En effet, d'après LOUNACI (2000), ce sont les cours d'eau d'altitude (1000 m) à température maximale peu élevée ( $<18^{\circ}\text{C}$ ) et de moyenne montagne (Alt 500 m,  $T_{\text{Max}} \leq 16^{\circ}\text{C}$ ) bordés de végétation dense, qui semble constituer les habitats privilégiés des Plécoptères.

Nos observations vont dans le même sens, les Plécoptères ont été récoltés dans les stations d'altitude supérieur à 300 m : IA, AO, HB, TK1, TK2, TK3 ce qui confirme les caractères sténothermes et rhéophiles communs pour ce groupe d'insectes.

L'absence de ce groupe en basse altitude est due probablement à la présence de matière organique de ce secteur. En effet, les eaux soumises à des pollutions organiques même légères induisent la disparition des Plécoptères (TUFFERY & VERNEAUX, 1967 ; LOUNACI, 2005). Ils sont des polluo-sensibles.



**Figure 15:** Abondance des Plécoptères dans les stations d'études.

### 3.2.4 Les Trichoptères

Selon GRETIA (2009) les Trichoptères sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité des cours d'eau.

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques (TACHET et *al.*, 2010). Ils ont des formes filtreuses et prédatrices ou racleuses de substrats. Il existe aussi des formes nageuses.

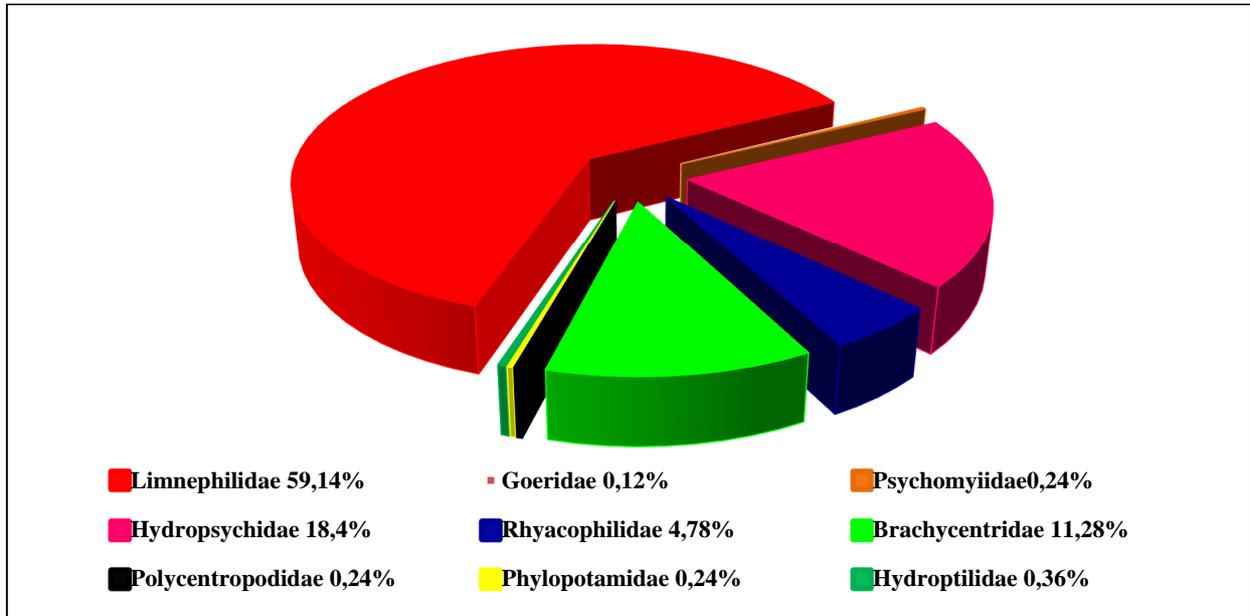
Selon MOISAN et *al.*, (2006), de façon générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance à la pollution. Ils jouent un rôle essentiel dans la dynamique des écosystèmes (FAESSEL et *al.*, 1985).

De nombreux travaux (GIUDICELLI et *al.*, 1986 ; ECHAUBARD & NEVEU, 1975 ; VERNEAUX, 1973) ont montré qu'en général, la régression des densités des Trichoptères, suite aux actions anthropiques, peut apparaître sur une assez longue durée pour la plupart des familles à l'exception des Hydropsychidae. En effet, les éléments de cette famille, polluo-résistants, sont très aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles.

Ce groupe représente 1,93 % de la faune totale (773 individus), il est représenté par 9 familles et 9 genres dont :

La famille des Limnephilidae, qui est très abondante et assez fréquente (le genre *Stenophylax*) : 479 individus (58,77%). La famille des Hydropsychidae avec 150 individus (soit

18,40%). La famille des Rhyacophilidae (*Rhyacophila*): 39 individus (4,78%), Brachycentridae (*Micrasema*): 92 individus (11,28%). Les autres familles sont rares et très faiblement représentées : Hydroptilidae (*Allotrichia*): 3 individus (0,36%), Psychomyiidae (*Psychomyia*), Polycentropodidae (*Polycentropus*) et Phylopotamidae (*Wormaldia*): 2 individus chacune (0,24%), enfin Goeridae: un individu (0,12%) (Figure 17).

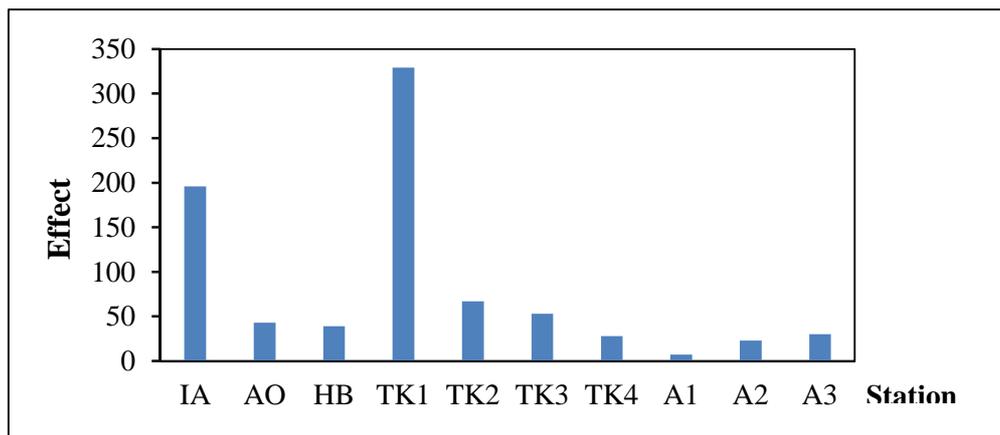


**Figure 16:** Répartition des Trichoptères récoltés.

La lecture de la Figure 18 montre la distribution des Trichoptères sur l'ensemble des stations étudiées, avec des effectifs différents. L'importance des éléments de cet ordre d'insectes est enregistrée dans les stations IA, TK1 qui hébergent respectivement 196,329 individus.

Cela revient à la nature des cours d'eau ; torrent de montagne à couvert végétal très dense, vitesse du courant rapide et température de l'eau relativement fraîche. En effet d'après RAMADE (2003), de nombreuses familles de Trichoptères présentent une rhéophile. Ainsi les larves d'*Hydropsyche* tissent des fourreaux ou des nacelles en soie grâce auxquelles elles sont étroitement fixées aux parois des roches immergées là où le courant est plus intense.

Dans les autres stations des cours d'eau étudiés, peu d'individus sont observés : entre 7 et 67 individus.



**Figure 17:** Abondance des Trichoptères dans les stations d'études.

### 3.2.5 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 (TACHET et *al.*, 1980). Ils vivent et colonisent pratiquement tous les biotopes, aussi bien en faciès lotique (zone eutrophe) qu'en faciès lentique (zone oligotrophe).

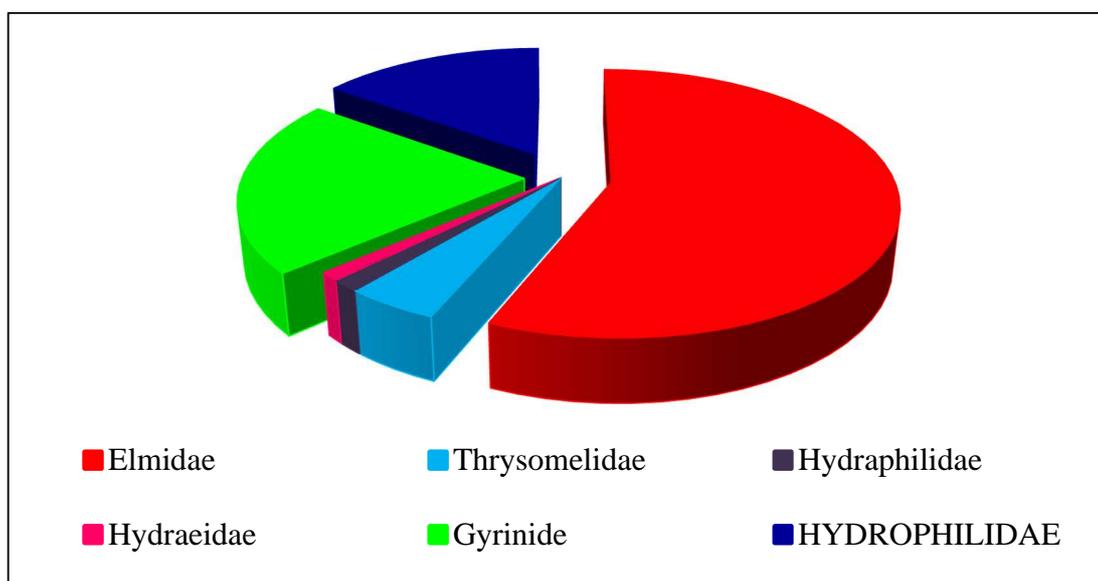
La région méditerranéenne est considérée comme un des hotspot de la biodiversité des coléoptères aquatiques en raison de la grande richesse des espèces dans la région (JÄCH & BALKE, 2008). D'après Bertrand les Coléoptères sont parmi les insectes les plus abondamment représentés dans les eaux douces, soit à l'état parfait, d'imago, soit à l'état larvaire.

D'après ANGUS (1973), LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, 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. Leurs adaptations comportementales et morphologiques au milieu aquatique sont exceptionnellement diverses. Les plus petits coléoptères sont de moins de 1 mm, les plus grands d'environ 5 cm de long (JÄCH & BALKE, 2008).

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'écologie et la répartition des Coléoptères (BERTHELEMY, 1966 ; BIGOT & MARAZANOF, 1966 ; MOUBAYED, 1986). Ces auteurs ont mis en avant que les facteurs : nature du fond, vitesse du courant, profondeur, végétation et température de l'eau agissent en milieu lotique en favorisant la prolifération des espèces rhéophiles appartenant essentiellement, chez les Coléoptères.

Dans notre travail l'ordre des Coléoptères est représenté par 319 individus (0,79%) de la faune totale récoltés dans la zone d'étude. Un total de 13 genres d'inégale abondance appartenant à 6 familles sont inventoriés (Figure 19).

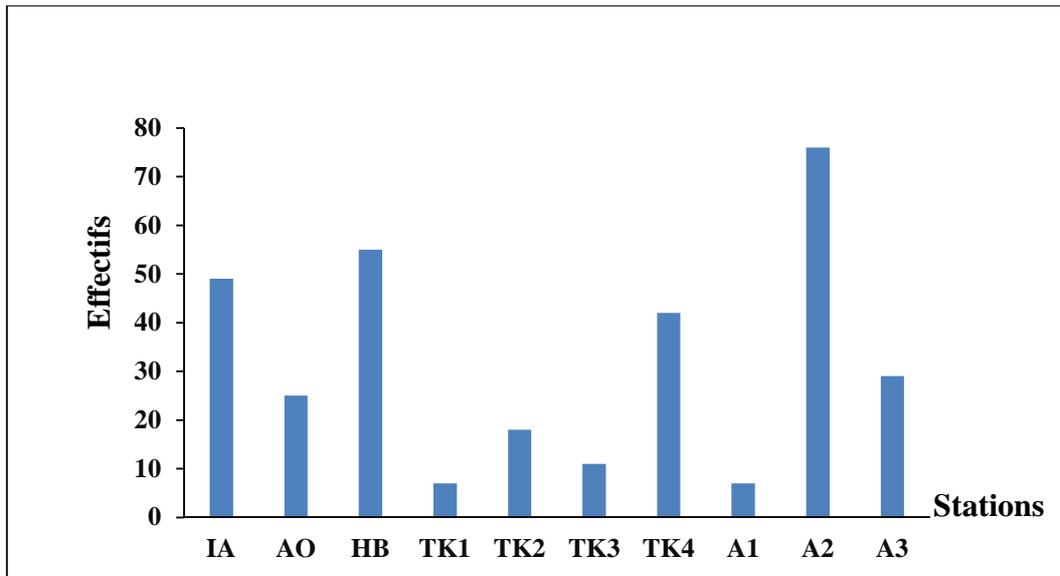
Les Coléoptères existent sous deux formes (larvaire et adulte). Si l'on considère la richesse taxonomique au niveau de chaque famille, les Elmidae sont les plus diversifiés, 6 genres ont été identifiés pour cette famille, et à un degré moindre les Thrysomelidae et Hydraphilidae représentés par un genre. Quant aux autres familles : les Hydraeidae, Gyrinidae ne sont représentés que par deux genres.



**Figure 18 :** Répartition des Coléoptères récoltés.

La répartition longitudinale des Coléoptères des cours d'eau étudiés (Figure 20) traduit la présence d'un peuplement d'un peuplement rhéophile. La richesse la plus élevée est observée dans les stations (HB : 33taxons, TK2 : 32taxons, A2 :24 taxons). Cette diversité peut s'expliquer par le fait que les biotopes de ces stations offrent une plus grande variété de niches écologiques, hétérogénéité du substrat et de la végétation.

De plus, les éléments de ce groupes d'insecte sont considérés par de nombreux auteurs, comme légèrement polluo-résistante et très apte à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles.



**Figure 19:** Abondance des Coléoptères dans les stations d'études.

### 3.2.6 Les Héétéoptères

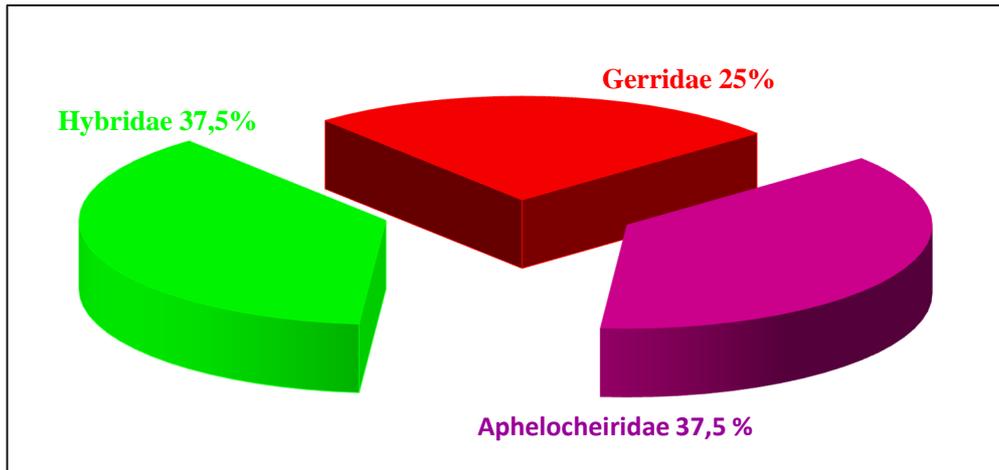
Les Héétéoptères aquatiques sont avant tout des insectes d'eaux stagnantes. En eaux courantes ils colonisent les zones lenticques ou les biotopes abrités du courant (DETHIER, 1985-1986).

De nombreux travaux ont été consacrés aux Hémiptères-Héétéoptères aquatiques de l'Afrique, notamment l'Afrique du Nord. Parmi les recherches effectuées en Algérie, nous pouvons citer celles de POISSON (1926), les nombreux travaux de POISSON (1926, 1928, 1929a, 1933a, 1938, 1939 et 1940), ECKERLEIN & WAGNER (1965). Ils ont essentiellement travaillé au niveau des eaux continentales du Nord du pays, autrement dit dans les rivières, mares, lacs, et barrages du littoral, des Aurès, de l'Ouarsenis, des Hauts-plateaux et de l'Atlas Saharien.

Selon POISSON (1954), tout milieu aquatique peut héberger des espèces d'Héétéoptères, du marécage, de la tourbière au plus petit ruisseau ou à la plus petite mare. Ce mode de vie leur confère un certain nombre d'adaptations comme les pelotes hydrofuges des pattes, les soies natatoires, les siphons respiratoires, les plastrons aérifères. Ces insectes reprennent plus ou moins leur activité en période hivernale dès que la température s'adoucit (POLHEMUS & POLHEMUS, 2008).

Dans le cadre de ce travail, les Héétéoptères sont faiblement représentés. Ils comptent seulement 8 individus soit 0,02% du peuplement benthique total, appartenant à 3 familles et 3 genres (Figure 21).

Les Aphelocheiridae (*Aphelocheirus*) et Hybridae (*Hebrus*): 3 individus chacune (37,5%), les Gerridae (*Gerris*): 2 individus seulement (25%). Il est à noter que plusieurs stations sont dépourvues.



**Figure 20:** Répartition des Hétéroptères récoltés.

Selon POISSON (1957), les Hétéroptères fréquentent divers biotopes des milieux aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières, ils d'observent surtout sur les rives des cours d'eau.

La plupart des insectes récoltés sont observés dans les stations de montagnes (AO, TK2). Ce sont pour la plupart des formes rhibiontes inféodées aux habitats de courants. Quant aux formes potamophiles, elles vivent dans le faciès à eau calme.

D'après MEBARKI (2001), dans le Djurdjura, les Hétéroptères se rencontrent jusque dans les altitudes élevées (1600 m) et colonisent différents types de milieux.

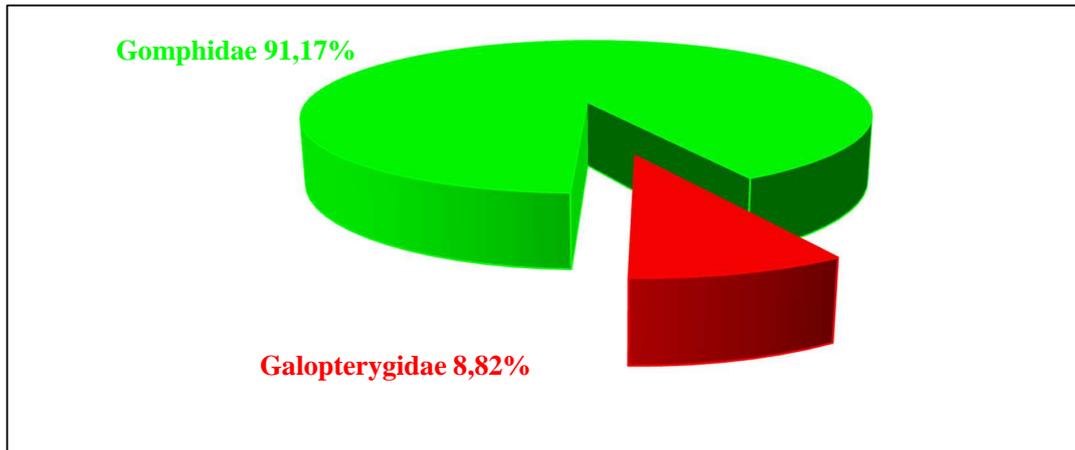
### 3.2.7 Les Odonates

Les Odonates sont reconnus par leur abdomen, grands yeux globulaires, qui constituent souvent une grande partie de la tête; antennes courtes et les ailes (KALKMAN, 2008). Ils sont devenus des outils essentiels pour l'évaluation écologique des écosystèmes aquatiques (BOUCHELOUCHE et al., 2015).

Les Odonates sont très peu abondants, et très peu fréquents dans nos prélèvements. 34 individus appartenant à deux familles Calopterygidae(*Calopterxy*) et Gomphidae(*Gomphus*) ont été récoltés (Figure 22). Ils représentent 0.08% de la faune totale.

Les éléments de ce groupe d'insectes semblent peupler préférentiellement les habitats de basse altitude riche en matière organique.

D'après AGUESSE (1968) et MOUBAYED (1996) signalent que les densités et la diversité des Odonates sous la dépendance des habitats caractérisés par un écoulement de l'eau lent, un substrat meuble riche en macrophytes. La pollution et d'autres impacts anthropiques affectent négativement les communautés d'odonates et réduisent la biodiversité (CLARK & SAMWAYS, 1996).

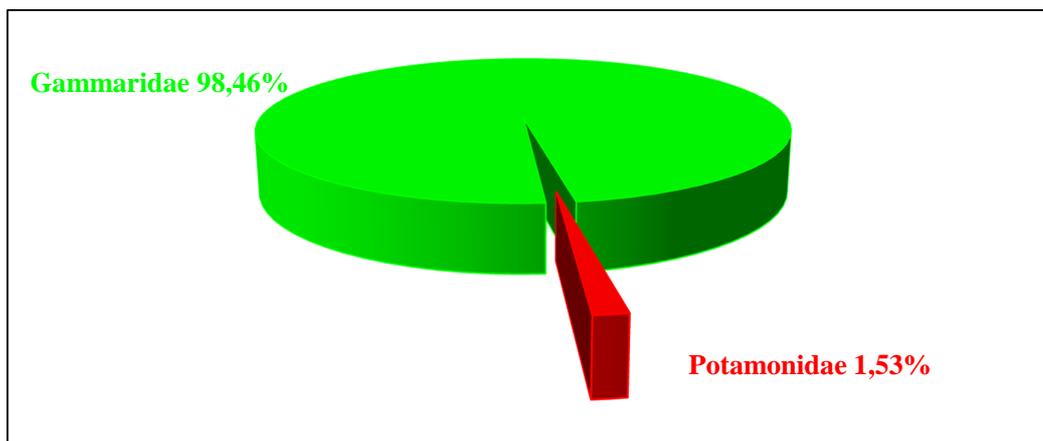


**Figure 21** : Répartition des Odonates récoltés.

### 3.2.8 Les Crustacés

Les Crustacés ne sont jamais abondants dans les stations prospectées. Nous avons récolté 326 individus (soit 0,81% de la faune totale) appartenant à 2 familles : Potamonidae, Gammaridae (Figure 23).

Les Gammaridae (*Gammarus*) constituent la quasi-totalité des Crustacés (321 individus, soit 98,46%). Ils sont récoltés dans 2 stations TK2 et TK3 caractérisée par un substrat hétérogène à dominance de galets et un courant rapide, quant aux Potamonidae (*Potamon*), ils ne sont représentés que par 5 individus observés aux stations AO et HB.



**Figure 22**: Répartition des Crustacés récoltés.

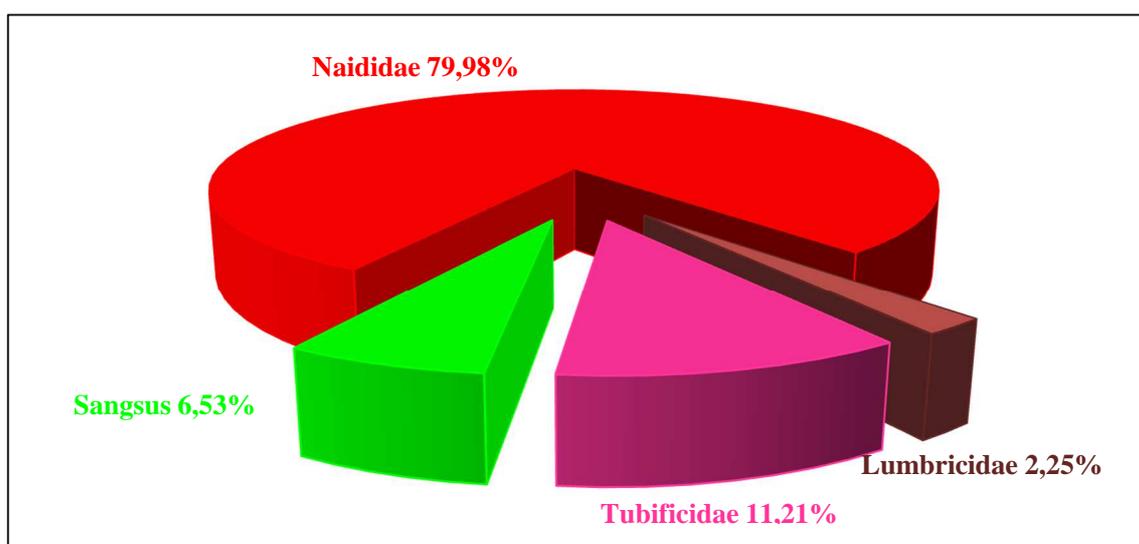
### 3.2.9 Les Oligochètes

Les Vers fréquentent tous les types de biotope, depuis les ruisseaux d'altitude jusqu'aux cours d'eau de plaine. Ils ont la particularité d'être de bons bioindicateurs de la qualité des sédiments (ROSSO 1995 ; PRYGIEL *et al.*, 1999 ; LAFONT *et al.*, 2010) in VIVIEN *et al.*, (1992). Cet ordre comprend un grand nombre d'espèces, allant de sensibles à très résistantes (Figure 24).

Dans les cours d'eaux étudiés, nous avons dénombré 4207 individus (soit 10,54% de la faune totale). Ils sont répartis en quatre familles : Naididae, Lumbricidae, Tubificidae, Sangsus.

Les Naididae, avec 3365 individus (soit 79,98% des Oligochètes) sont assez réponsus dans presque toutes les stations prospectées. Cette prolifération est en rapport avec la présence de matière organique. En effet, l'augmentation massive des populations d'Oligochètes dans les milieux riches en matière organique a été souvent mentionnée (ECHAUBART & NEVEU, 1975 ; TOURENG, 1975).

Quant aux Vers Tubificidae (472 individus, soit 11,22%), Sangsus (275 individus, soit 6,53%) et Lumbricidae (95 individus, soit 2,26%), ils sont moins fréquents et moins abondants.



**Figure 23:** Répartition des Oligochètes récoltés.

### 3.2.10 Les Mollusques

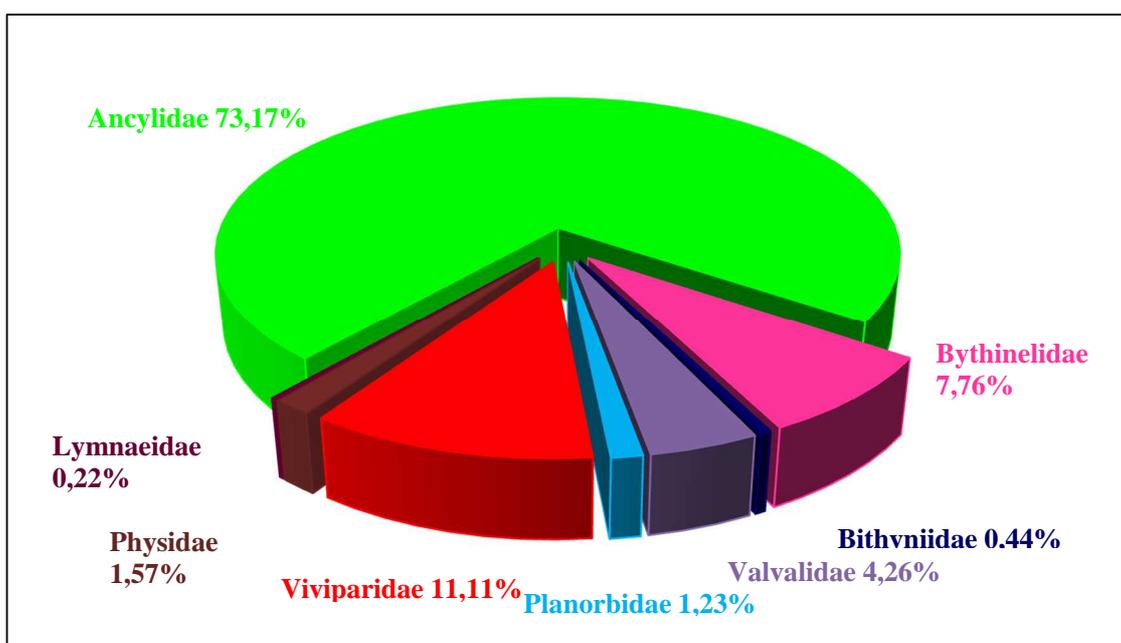
D'après la littérature, la teneur en calcium, la teneur en substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les exigences des Mollusques pour leur prolifération et répartition dans les eaux continentales.

Les mollusques d'eau douce se trouvent dans un large éventail d'habitats d'eau douce, ont des stratégies variées sur l'histoire de la vie et présentent des interactions écologiques

complexes. Ces organismes présentent des degrés variables de susceptibilités aux changements des conditions du milieu (LEGENDR *et al.*, 1984). Les mollusques aquatiques sont exclusifs à ce milieu et, du fait de leur faible mobilité, reflètent les conditions qui les entourent.

Dans les cours d'eau étudiées, 891 individus appartenant à 8 familles ont été récoltés. Ils représentent 2,23% de la faune totale.

La famille des Ancyliidae (*Ancylus*) est largement dominante. Elle compte 652 individus soit 73,17% des Mollusques. Viennent ensuite les Viviparidae (*Viviparus*), les Bythinellidae (*Bythinella*) et les Valvulidae (*Valvata*) avec respectivement 99 individus (soit 11,11%), 71 individus (soit 7,97%) et 38 individus (soit 4,26%). Les autres familles (Lymnaeidae 2 individus, Bithyniidae (*Bithynia*) 4 individus, Planorbidae 11 individus, Physidae (*Physa*) 14 individus) ont une faible importance numérique (Figure 26).

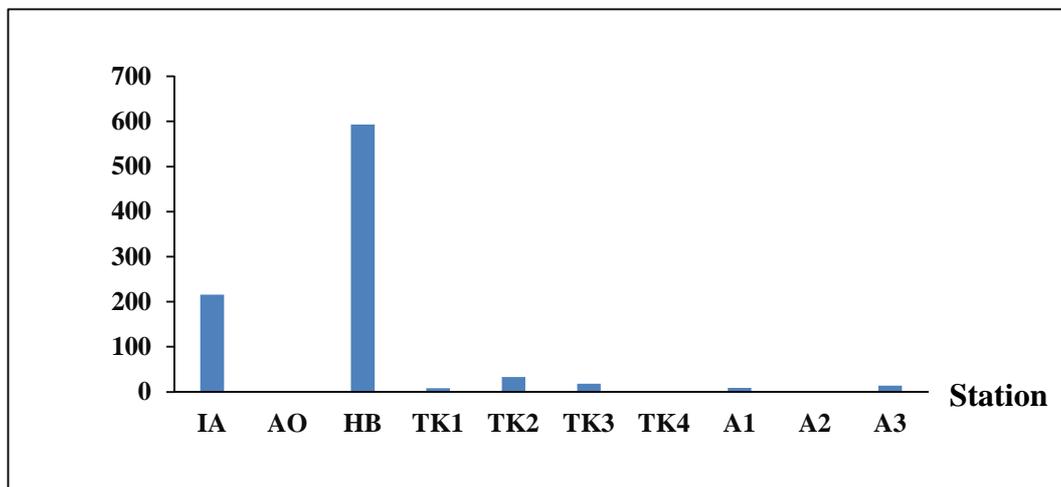


**Figure 255** : Répartition des Mollusques récoltés.

La distribution longitudinale des Mollusques est relativement hétérogène. La Figure 27 montre que la station HB et à degré moindre la station IA semble les plus riches en Mollusques avec respectivement 593 individus et 216 individus.

Ce fait peut être attribué au développement des formes torrenticoles adaptées aux courants les plus forts tel que *Ancylus*.

Dans les autres stations, le nombre d'individus récolté est faible. En effet la plupart des Mollusques sont des formes lénitophiles ou potamobiontes qui vivent parmi les macrophytes et les algues ou sur un fond meuble (TACHET *et al.*, 1984).



**Figure 266** : Abondance des Mollusques dans les stations d'étude.

### 3.2.11 Planaires, Hydracariens, Collemboles

#### ➤ Les Planaires

Les Planaires sont très peu abondantes dans nos prélèvements : 15 Individus, soit 0,04% de la faune totale. Ils sont représentés par une seule famille Dugesidae est un genre *Dugesia*.

Les Dugesidae observés sont récoltés aux stations A1 entre 300 m d'altitude.

#### ➤ Les Hydracariens

Les Hydracariens sont représentés par 617 individus, soit 1,54% de la faune totale : ils appartiennent à un seul genre *Hydracaina*. Leur développement semble important dans les secteurs aval des cours d'eau riche en matière organique (stations TK4, A1, A2, A3).

#### ➤ Les Collemboles

D'après AIT MOULOU (2006), les facteurs essentiels expliquant les phénomènes de répartitions des Collemboles sont la température et l'humidité qui règnent dans l'environnement immédiat des individus. Ils sont rares dans nos prélèvements. Ils constituent un total de 18 individus (soit 0,04% de la faune totale) appartenant à 3 familles : Isotomidae (*Isotomurus*), Tomoceridae (*Tomocerus*), Neanuridae (*Endonura*). Ils sont observés seulement aux stations alticoles (d'altitude) : (HB, TK1, TK2).

### 3.3 Structure de la faune

L'étude de la structure de la faune a pour but de déterminer la structure de communautés d'invertébrés benthiques et leur organisation spatiale dans les cours d'eau étudiés en fonction des caractéristiques environnementales.

Compte tenu de la complexité des relations entre les caractéristiques écologiques et la structure du peuplement, nous avons réalisé :

- Une analyse factorielle en composante principale (ACP) pour tenir compte de l'hétérogénéité des variables environnementales ;
- Une classification ascendante hiérarchique (CAH) calculée à partir des coordonnées des relevés sur les axes pour permettre de connaître à quel niveau sont reliés les espèces fréquemment associées.

Le logiciel Statistica '7.1.30.0' a permis de réaliser et donner les représentations graphiques des différentes analyses multivariées (ACP, CAH) ainsi que les corrélations de Pearson.

#### ➤ Structure mésologiques

Dans ce travail, 12 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 10 stations (Tableau 6). Un certain nombre de paramètres sont évidemment liés entre eux car ils représentent l'évolution progressive le long d'un profil hydrobiologique (Tableau 7).

**Alt** : Altitude (m) ; **Pent** : pente (%) ; **Dist** : distance à la source (Km) ; **larg** : largeur de cours d'eau (m) ; **prof** : profondeur moyenne (cm) ; **vit** : vitesse du courant (cm/s) ; **Temp** : température de l'eau (°C) ; **Rip** : Ripisylve (%) ; **Vaq** : Végétation aquatique (%) ; **GG** : Galets et Gravier (%) ; **S/L** : Sables et Limons (%) ; **Mat** : Matières Organiques (%).

**Tableau 7:** Caractéristiques environnementales des 10 stations étudiées.

Stations	Alt	Pent	Dist	larg	prof	vit	Temp	Rip	Vaq	GG	S/L	Mat
IA	800	14	2	1	10	50	6	50	0	75	15	10
AO	940	13	1	4	30	100	6	80	0	80	20	0
HB	750	9,6	4	5	40	100	7	50	5	90	10	0
TK1	1300	38	0,5	0,5	10	50	9	0	0	75	25	0
TK2	950	16	1	0,5	10	50	9	0	0	85	15	0
TK3	770	11	2	1	10	75	9	80	5	70	30	0
TK4	300	3	25	3	40	75	15	50	5	40	50	10
A1	300	1,5	11	6	40	75	18	25	20	65	25	10
A2	200	1,4	20	6	40	50	18	10	20	65	25	10
A3	140	0,8	30	10	30	50	18	10	20	65	25	10

**Tableau 8 :** Matrice des corrélations entre variables environnementales (N= 10, P<0,05).

	Alt	Pent	Dist	Larg	Prof	Vit	Temp	Rip	Vaq	GG	SL	Mat
Alt	1,00											
Pent	0,91	1,00										
Dis	-0,89	-0,68	1,00									
Larg	-0,78	-0,68	0,74	1,00								
Prof	-0,70	-0,69	0,60	0,72	1,00							
Vit	0,09	-0,18	-0,23	0,09	0,45	1,00						
Temp	-0,85	-0,62	0,84	0,68	0,57	-0,33	1,00					
Rip	0,11	-0,17	-0,28	-0,18	0,04	0,73	-0,47	1,00				
Vaq	-0,86	-0,69	0,72	0,83	0,61	-0,19	0,90	-0,35	1,00			
GG	0,62	0,43	-0,73	-0,21	-0,37	0,17	-0,66	-0,01	-0,38	1,00		
SL	-0,40	-0,25	0,57	0,02	0,25	-0,04	0,49	0,12	0,17	-0,94	1,00	
Mat	-0,81	-0,63	0,74	0,51	0,44	-0,38	0,72	-0,22	0,65	-0,68	0,38	1,00

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP). Cette analyse fait apparaître clairement dans l'espace les facteurs significatifs F1 (axe 1) et F2 (axe 2) : les relations entre les variables d'une part, et la distribution des stations compte tenu de l'ensemble de leurs caractéristiques environnementales d'autre part. Les deux premiers facteurs, significatifs, prennent en compte 74,13% de la variance totale (Figure 28 a).

La structure mésologique obtenue fait apparaître un gradient amont- aval des cours d'eau. Les variables altitude (Alt), pente (Pent) et substrat grossier (GG) fortement corrélés entre elles et avec l'axe 1 (en position positive) décroissent progressivement de l'amont vers l'aval.

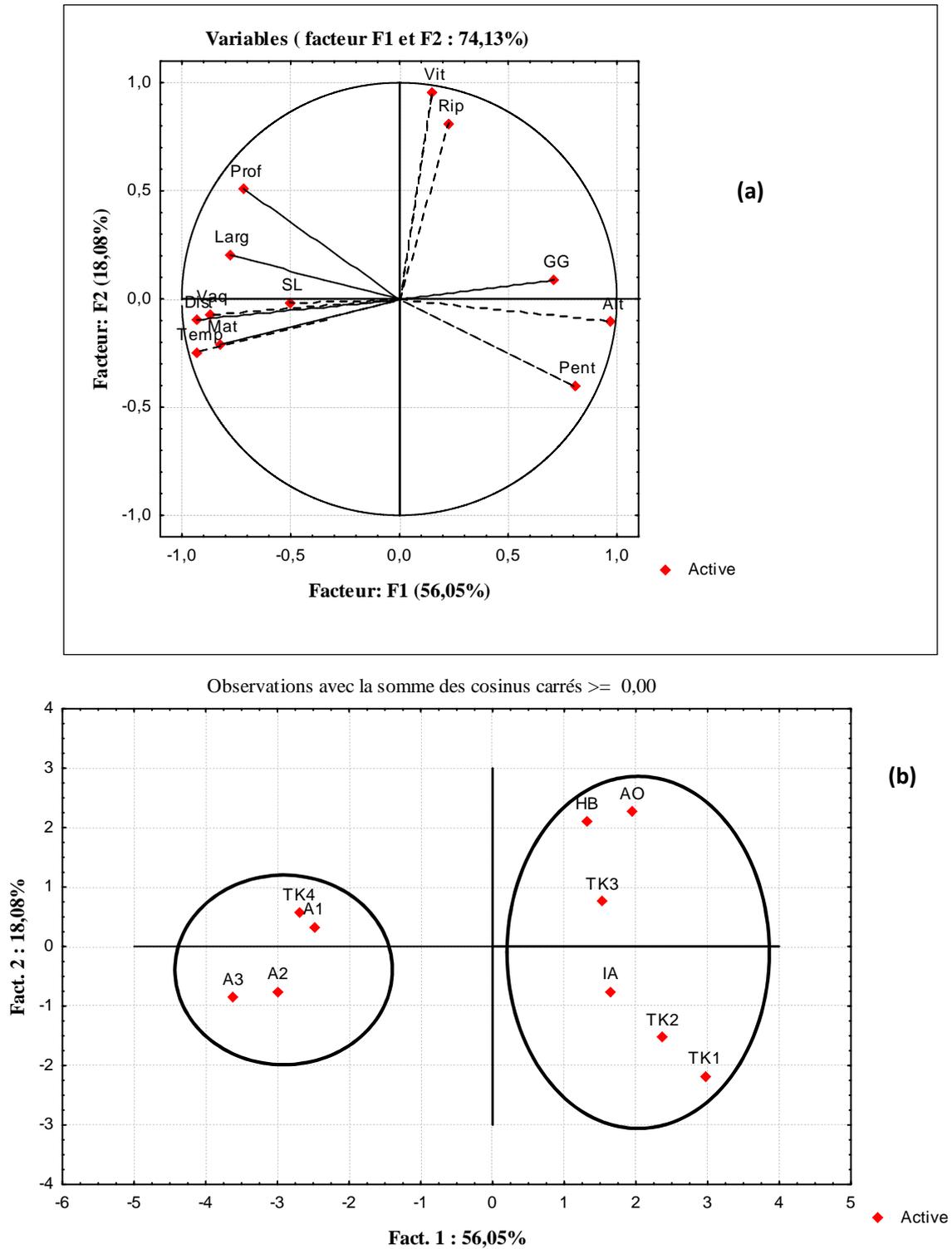
Les variables à la source (Dist), température ponctuelle de l'eau (Temp), largeur du lit mineur (Larg), profondeur de la lame d'eau (Prof), substrat fin (SL), végétation aquatique (Vaq) et matière organique (Mat), corrélées entre elles et avec l'axe 1 (en position négative) croissent de l'amont vers l'aval.

Quant aux variables vitesse du courant (Vit) et végétation bordante (Rip) corrélées avec l'axe 2 (en position positive) sont indépendantes des autres paramètres.

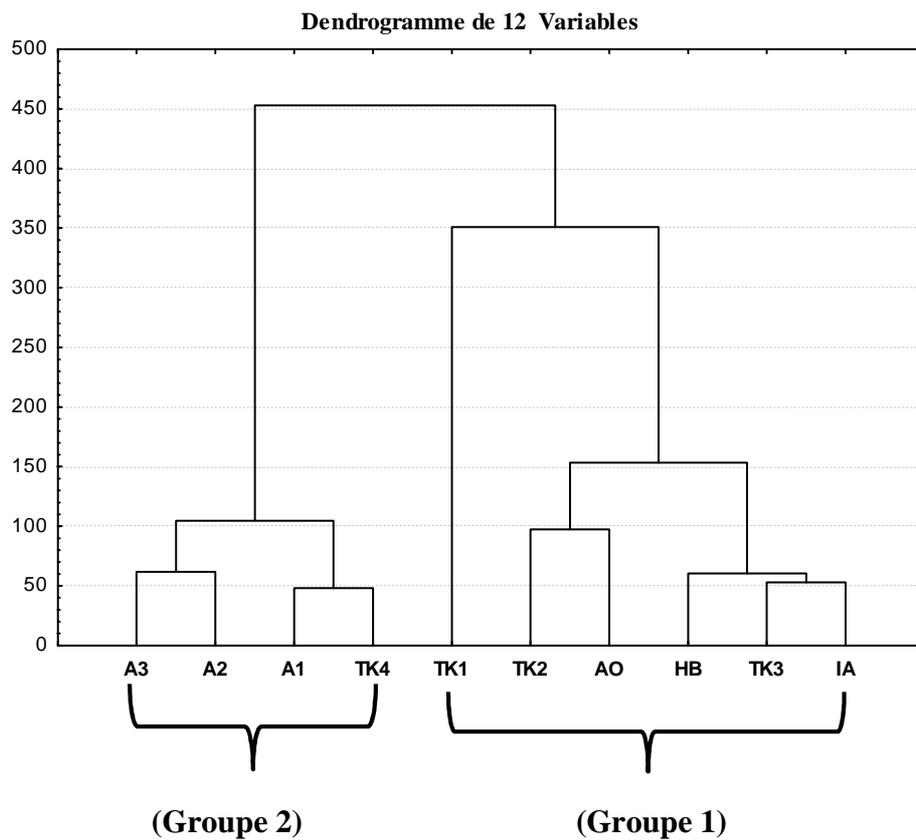
La représentation des stations dans l'espace des mêmes facteurs (F1 avec 56,05% et F2 avec 18,08% de la variance total) (Figure 28 b) montre l'opposition entre les stations les plus en amont en position positive sur l'axe 1 avec stations et de piémont de basses altitudes, en position négative.

La classification ascendante hiérarchique de l'ensemble des stations (Figure 29) réalisée sur la base de l'ACP montre globalement deux grands groupes de stations :

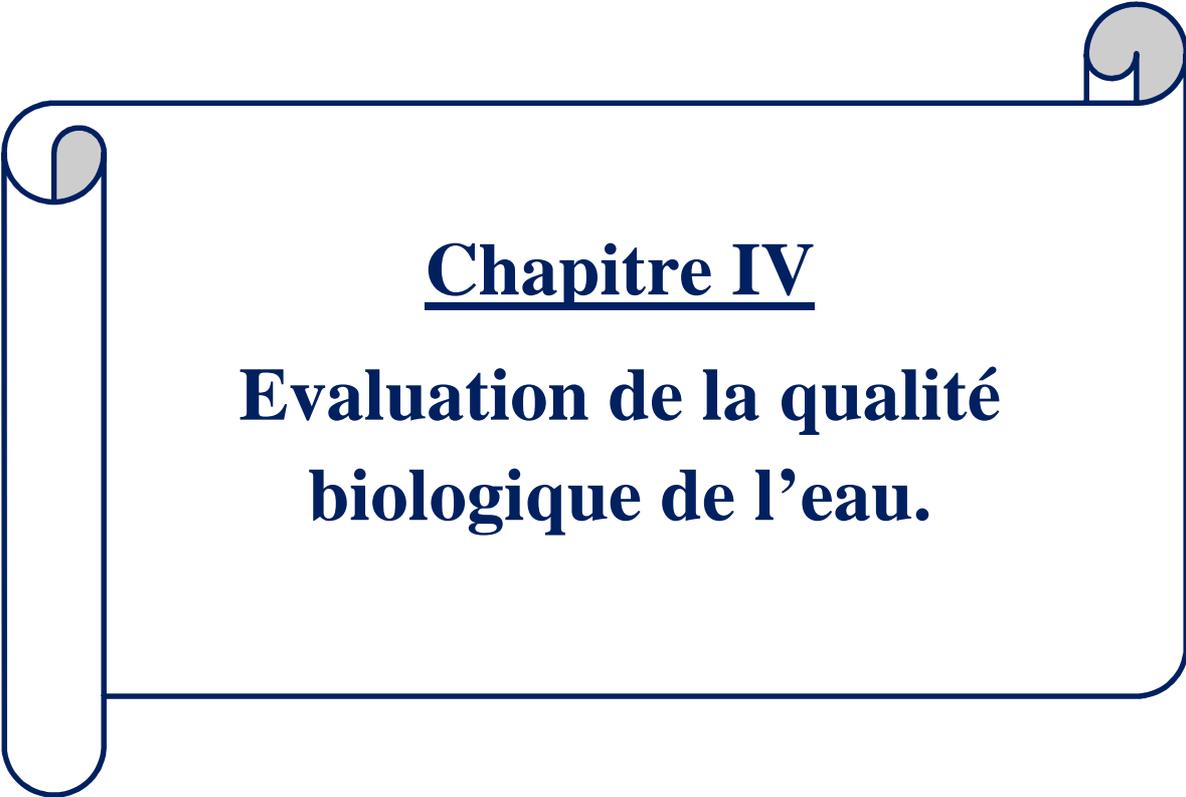
- **Groupe 1** : Stations d'altitude (TK1, TK2, TK3, AO, HB, IA) liée principalement aux paramètres altitude (Alt), pente (Pent), substrat grossier (GG).
- **Groupe 2** : Stations de piémont et de basse altitude (A1, A2, A3, TK4) caractérisée par les paramètres largeur du lit mineur (Larg), profondeur de la lame d'eau (Prof), température (Temp), distance à la source (Dist), substrat composé de sable, limon (SL) et matière organique (Mat) et abondance de végétation (Vaq).



**Figure 277:** Analyse en composantes principales des paramètres environnementaux plans factoriel F1-F2 : a-carte des paramètres, b- carte des stations.



**Figure 288:** Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables environnementales.



## **Chapitre IV**

### **Evaluation de la qualité biologique de l'eau.**

La gestion des hydrobiologistes incite à préserver le fonctionnement écologique des milieux aquatiques. Selon RODIER (1996), la qualité d'une eau est définie par ses paramètres biologiques, physiques et chimiques, ainsi qu'en fonction de son usage.

L'approche biocénotique ou biologique caractérise les perturbations par leurs effets sur les communautés en place. Elle permet donc une appréciation globale de la qualité des systèmes aquatiques.

L'utilisation des variables biologiques visent à caractériser les perturbations par leurs effets et non par leurs causes. D'autre part, elles peuvent révéler une pollution ponctuelle ou passée. Les populations aquatiques constituent une véritable mémoire.

Une grande variété d'indices biotiques et de scores basés sur les macroinvertébrés ont été développés et appliqués pour l'évaluation de la qualité de l'eau, tels que l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), et le groupe de travail sur la surveillance biologique (the Biological Monitoring Working Party (BMWP)), sont fondées sur l'étude simplifiée de la faune invertébrée benthiques. Elles sont basées sur un examen global de la macrofaune benthique récoltée suivant un protocole d'échantillonnage standard. Les indices sont donnés par des tableaux faisant intervenir la nature de la faune récoltée (groupes indicateurs de la sensibilité différentes aux perturbations) et sa variété.

Les échelles de pollution reposent toutes sur le fait que certaines espèces, ou mieux, certaines associations, sont susceptibles de caractériser la pureté ou la pollution d'une eau, et pouvant donc servir d'indicateurs biologiques.

#### **4.1 Domaines d'application de l'IBGN et du BMWP'**

L'IBGN est un indice biologique du compartiment des invertébrés benthiques. Il évalue l'aptitude d'un milieu à héberger des êtres vivants en prenant en compte à la fois la richesse et la diversité des macroinvertébrés benthiques mais également la représentativité des habitats présents sur la station (GRANDJEAN, 2003). Il permet d'attribuer une note de qualité biologique du milieu qui intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et l'influence des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. Cette note varie de 0 (très mauvaise qualité) à 20 (excellente qualité).

Le principe de cette méthode repose sur le prélèvement de la macrofaune benthique au niveau d'une station, selon un mode d'échantillonnage standardisé, tenant compte des différents types d'habitats (GENIN *et al.*, 2003).

Le BMWP' a été développé en Angleterre dans les années 1970 (GONÇALVES, 2011). Il fournit des valeurs uniques, au niveau de la famille, représentatives de la tolérance de l'organisme à la pollution. Plus leur tolérance à la pollution est grande, plus le score BMWP est bas. Cet indice ne prend en compte ni le nombre des individus récoltés ni la variabilité taxonomique. MACKIE en (2001) a modifié cet indice pour refléter les conditions en Amérique du Nord. Ces modifications ont inclus l'addition de nouvelles familles (ALBA-TERCEDOR, 2000 in BOUCHELOUCHE *et al.*, 2013).

Les meilleurs résultats du BMWP' suggèrent la nécessité d'utiliser plus fréquemment cet indice dans les études d'évaluation biologique de la qualité des eaux courantes profondes (HAFIANE *et al.*, 2013).

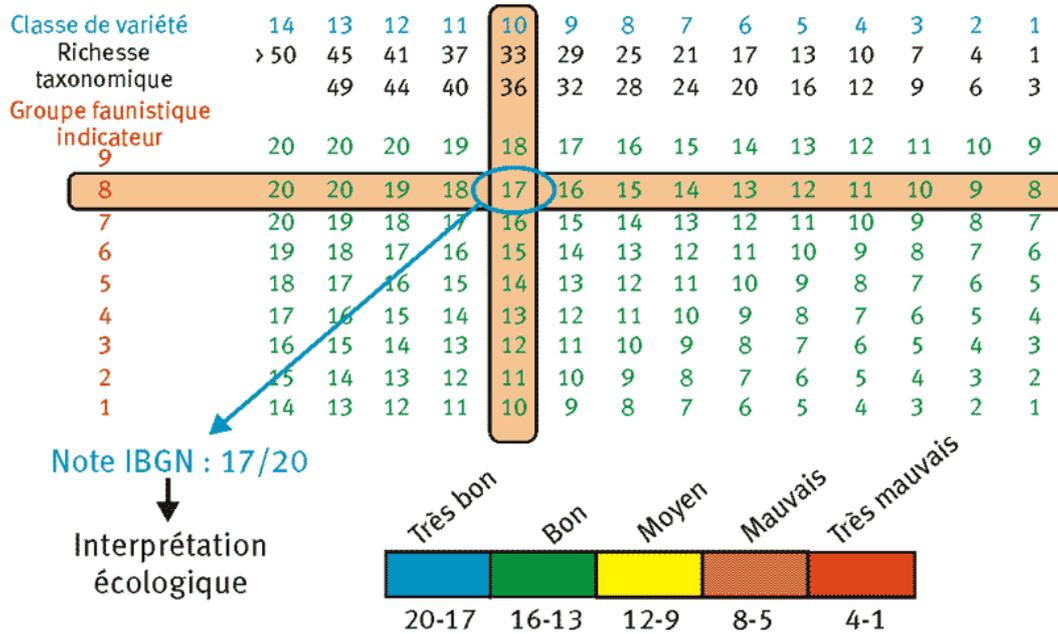
## 4.2 Calcul de l'IBGN et BMWP'

L'évaluation de la qualité du milieu avec les deux méthodes est fondée sur l'analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques (inféodes au substrat). L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistique pour les quels c'est l'embranchement ou la classe.

Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 152 taxons. Parmi ces derniers, 38 d'entre eux constituent 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numéroté de 1 à 9 dans le Tableau 9, par ordre de Polluo-sensibilité décroissante.

L'IBGN est établi à partir d'un tableau d'analyse comportant en ligne les classes de variété taxonomique et en colonne les groupes faunistiques indicateurs, classés par ordre décroissant de sensibilité aux pollution, on détermine donc :

- ✓ La variété taxonomique  $\sum t$  : elle correspond au nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvé sur place.
- ✓ Le groupe indicateur (GI) : on prospectera les colonnes du tableau de haut n bas (de GI=1 à GI=9), en arrêtant l'examen à la première présence significative d'un taxon répertoire en ordonnée du tableau.



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

L'appréciation globale de la qualité hydrobiologique est estimée à partir de l'examen de la faune des macroinvertébrés benthique. Dans la norme AFNOR (GENIN et *al.*, 2003), elle est définie selon 5 niveau de couleur (Tableau 8).

**Tableau 9:** Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90-350, 1990).

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

La définition des classes de qualité est la suivante :

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

**Tableau 10:** Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (norme NFT 90-350 mars 2004).

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	$\sum t$	>50	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	GI		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 Ephemeraeidae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Heptageniidae Potamitarciidae 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* Hydropsychidae* Ephemerellidae* Aphelocheiridae*	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae* Caenidae* Elmidae* Gammaridae* Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae* Asellidae* Achètes Oligochètes*	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

- \* Taxons représentés par au moins 10 individus - Les autres par au moins 3 individus.

-  $\sum t$  : La somme des taxons / F : Famille / O : Ordre / GI : Groupe indicateur

Pour l'indice BMWP', les familles des macroinvertébrés sont classées en 10 groupes suivant un gradient de tolérance vis-à-vis de la contamination de l'eau (ARMITAGE et *al.*, 1983), ainsi on attribue à chaque famille un nombre de points qui est  $\leq 10$  suivant son degré de polluo-sensibilité. Cette ponctualité va nous permettre de comparer le degré de pollution dans les différentes stations d'échantillonnage (Tableau 10).

**Tableau 11:** Scores des familles des macro-invertébrés « indice BMWP' »

Familles	Score
<b>E</b> :Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae <b>P</b> : Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Chloroperlidae, Perlodidae <b>T</b> : Phryganeidae, Molannidae, Baraeidae, Odontoceridae, Georidae <b>T</b> : Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericotomatidae <b>D</b> : Athericidae, Belephariceridae <b>H</b> : Aphelocheiridae	10
<b>O</b> : Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae <b>O</b> : Corduliidae, Libellulidae <b>T</b> : Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae <b>C</b> :Astacidae	8
<b>E</b> : Ephemerellidae, Prosopistomatidae <b>P</b> : Nemouridae <b>T</b> :Rhyacophilidae, Coenargiidae	7
<b>M</b> : Noteridae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridaem, Unionidae <b>T</b> : Hydroptilidae <b>C</b> : Gammaridae, Atyidae, Corophiidae <b>O</b> :Platynemididae, Coenagriidae	6
<b>E</b> : Oligoneuriidae, Polymitarcyidae <b>C</b> : Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrichidae, Hydraenidae, Clambidae <b>T</b> : Hydropsychidae <b>D</b> : Tipulidae, Simulidae <b>TR</b> : Plaanaridae, Dugesiidae, Dendrocoelidae	5
<b>E</b> : Bactidae, Caenidae <b>C</b> : Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae <b>D</b> : Tabanidae, Stratiomyidae, Empediadea, Dolichopodidae, Dixidae <b>D</b> : Caratpogonidae, Anthomyidae, Limpnidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae <b>N</b> : Sialidae <b>HR</b> : Pscicolidae <b>A</b> : Hydracaina	4
<b>H</b> : Moeveliidae, Veliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Neucoridae, Pleidae <b>H</b> : Notonectidae, Corixidae <b>C</b> : Helodidae, Hydrphilidae, Hygobiidae, Dyticidae, Gyrinidae <b>M</b> : Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae <b>M</b> : Bithyniidae, Bythinellidae, Sphariidae <b>HR</b> : Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdelide <b>C</b> : Assellidae, Ostracodae	3
<b>D</b> : Chironomidae, Culcidae, Thaumaleidae, Ephydridae	2
<b>O</b> : Oligochaeta (Toutes Les Familles) <b>D</b> : Syrphidae	1

Après identification des macroinvertébrés benthiques jusqu'au niveau famille, on dresse la liste des groupes zoologique existant dans la station. En cherchant la ponctuation attribuée aux différents familles nous allons pouvoir trouver la valeur de BMWP' et ceci en faisant la somme des points correspondant à chacune d'entre elles. Cette valeur va correspondre à une classe e qualité que l'on cherche dans le Tableau 11, (qualité de l'eau en fonction de BMWP').

**Tableau 22** : Qualité de l'eau en fonction du BMWP'.

Classe	Qualité de l'eau	Score	Signification	Couleur
I	Bonne	>150 101- 120	Eau très propre (primitif) Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.	Bleu
II	Passable	61-100	Evidence des effets doux de pollution	Vert
III	Douteux	36-60	Eau polluée (système altéré)	Jaune
IV	Critique	16-35	Eau très polluée (système très altéré)	Orange
V	Très critique	<15	Eau fortement polluée (système fortement altéré)	Rouge

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe I (couleur bleu) : qualité excellente (absence de pollution) ;
- Classe II (couleur vert) : qualité bonne (pollution modéré) ;
- Classe III (couleur jaune) : qualité moyenne (pollution nette) ;
- Classe IV (couleur orange) : qualité médiocre (pollution importante) ;
- Classe V (couleur rouge) : qualité mauvaise (pollution excessive).

### 4.3 Résultats obtenus à partir de l'IBGN et BMWP'

Le Tableau 12 et la Figure 30 résument les résultats d'analyses hydrobiologiques : Altitudes, diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur de l'IBGN et classe de qualité de l'eau. Les résultats des analyses sont obtenus en intégrant deux facteurs déterminants :

- La diversité faunistique traduisant la capacité d'accueil du milieu et les potentialités de la faune à occuper les habitats présents ;
- La nature du groupe indicateur le plus élevé, reflétant plus la qualité de l'eau.

Ainsi, l'appréciation de la qualité hydrobiologique est estimée à partir de l'examen des macroinvertébrés benthiques.

Selon la diversité taxonomique de la station et la présence ou l'absence de taxons indicateurs, on attribue pour chaque station une note de qualité hydrobiologique variante de 1 à 20.

**Tableau 13:** Qualité hydrobiologique des stations étudiées.

Stations	IA	AO	HB	TK1	TK2	TK3	TK4	A1	A2	A3
Alt (m)	800	940	750	1300	950	770	300	300	200	140
Nombre de taxon	37	31	33	23	32	33	24	27	24	16
Groupe indicateur	9	9	9	6	9	9	5	5	4	3
IBGN	19	17	18	12	17	18	11	12	10	6
Classe de qualité	1A	1A	1A	2	1A	1A	2	2	2	3
Qualité de l'eau	Excellente	Excellente	Excellente	Moyenn e	Excellente	Excellente	Moyenn e	Moyenn e	Moyenn e	Médiocre
Couleur	Bleu	Bleu	Bleu	Jaune	Bleu	Bleu	Jaune	Jaune	Jaune	Orange
Qualité hydrobiologique	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Moyenn e	Très bonne	Très bonne	Moyenn e	Moyenn e	Moyenn e	Mauvaise
Pollution	Absente	Absente	Absente	Nette	Absente	Absente	Nette	Nette	Nette	Important e
Classe de qualité	I	I	I	II	I	I	I	I	I	III
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Passable	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Douteux
Score	182	151	125	83	109	129	104	112	108	51
Couleur	Bleu	Bleu	Bleu	Vert	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Jaune

**Tableau 14:** Comparaison entre les résultats des deux indices étudiés.

Stations	IBGN	BMWP'
<b>IA</b>	Diversité taxonomique : 37. Groupe indicateur : 9. Valeur d'IBGN : 19. Classe de qualité : 1A. Qualité hydrobiologique : Excellente. Couleur : Bleu.	Diversité taxonomique : 37. Score : 182. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.
<b>AO</b>	Diversité taxonomique : 31. Groupe indicateur : 9. Valeur d'IBGN : 17. Classe de qualité : 1A. Qualité hydrobiologique : Excellente. Couleur : Bleu.	Diversité taxonomique : 31. Score : 151. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.

<b>HB</b>	Diversité taxonomique : 33. Groupe indicateur : 9. Valeur d'IBGN :18. Classe de qualité : 1A. Qualité hydrobiologique : Excellente. Couleur : Bleu.	Diversité taxonomique : 33. Score : 125. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.
<b>TK1</b>	Diversité taxonomique : 23. Groupe indicateur : 6. Valeur d'IBGN :12. Classe de qualité : 2. Qualité hydrobiologique : Moyenne. Couleur : Jaune.	Diversité taxonomique : 23. Score : 83. Classe de qualité : II. Qualité de l'eau : Passable. Couleur : Vert. Signification : Evidence des effets doux de pollution.
<b>TK2</b>	Diversité taxonomique : 32. Groupe indicateur : 9. Valeur d'IBGN :17. Classe de qualité : 1A. Qualité hydrobiologique : Excellente. Couleur : Bleu.	Diversité taxonomique : 32. Score : 109. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.
<b>TK3</b>	Diversité taxonomique : 33. Groupe indicateur : 9. Valeur d'IBGN :18. Classe de qualité : 1A. Qualité hydrobiologique : Excellente. Couleur : Bleu.	Diversité taxonomique : 33. Score : 129. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.
<b>TK4</b>	Diversité taxonomique : 24. Groupe indicateur : 5. Valeur d'IBGN :11. Classe de qualité : 2. Qualité hydrobiologique : Moyenne. Couleur : Jaune.	Diversité taxonomique : 24. Score : 104. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.
<b>A1</b>	Diversité taxonomique : 27. Groupe indicateur : 5. Valeur d'IBGN :12. Classe de qualité : 2. Qualité hydrobiologique : Moyenne. Couleur : Jaune.	Diversité taxonomique : 27. Score : 112. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.

<b>A2</b>	Diversité taxonomique : 24. Groupe indicateur : 4. Valeur d'IBGN :10. Classe de qualité : 2. Qualité hydrobiologique : Moyenne. Couleur : Jaune.	Diversité taxonomique : 24. Score : 108. Classe de qualité : I. Qualité de l'eau : Bonne. Couleur : Bleu. Signification : Eau très propre (primitif). Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.
<b>A3</b>	Diversité taxonomique : 16. Groupe indicateur : 3. Valeur d'IBGN :6. Classe de qualité : 3. Qualité hydrobiologique : Médiocre. Couleur : Orange.	Diversité taxonomique : 16. Score : 51. Classe de qualité : III. Qualité de l'eau : Douteux. Couleur : Jaune. Signification : Eau pollué (système altéré).

Les stations IA, AO, HB, TK2 et TK3 présentent une excellente qualité hydrobiologique (IBGN  $\geq$  17, Classe (1A), alliant une importante variété faunistique (entre 31 et 37 taxons) et un groupe indicateur élevé (GI=9) indiquant que la qualité de l'eau et du milieu est excellente : absence de pollution.

Les peuplements sont très diversifiés, avec des familles de différents ordres caractérisant l'ensemble des milieux et occupant de façon optimale les microhabitats. Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés (GI= 7,8 ou 9) considérés comme sensibles à la qualité du milieu ont été dénombrées, confirmant ainsi une excellente qualité hydrobiologique pour ces stations.

Pour la station TK1, on obtient une qualité hydrobiologique moyenne avec un IBGN = 12, une classe de qualité 2 avec une variété faunistique moyenne (diversité taxonomique 23).

Ce secteur est un ruisseau d'altitude (1300 m). Caractérisé par un substrat homogène, une profondeur de la lame d'eau ne dépassant pas 10 cm et absence de végétation rivulaire, il constitue un milieu particulier où la diversité faunistique est limitée naturellement et entraîne une limitation des indices.

Les stations TK4, A1 et A2 présentent une qualité hydrobiologique moyenne avec une valeur de l'IBGN entre 10 et 12, une classe de qualité 2, une diversité taxonomique variant de 23 à 27 et un groupe d'indicateur entre 4 et 5 indiquant une légère altération de la qualité de l'eau et du milieu.

Les familles présentes sont peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et du milieu, elles appartiennent à des groupes plus au moins polluo-résistants.

Les groupes faunistiques les plus représentés sont les vers (Naididae), les Epheméroptères et les Diptères (Chironomidae et Simuliidae). On est donc en présence d'un peuplement déséquilibré composé principalement de taxons détritvovres indiquant un milieu plus au moins altéré.

A3, cette station située en amont d'oued Aissi, recevant les eaux des rejets urbains de plusieurs d'agglomérations, présente une qualité hydrobiologique médiocre (classe de qualité 3, IBGN=6, GI= 3), montrant par rapport aux stations précédentes une altération de la qualité de l'eau et de l'habitat.

En effet, on constate ici une baisse très nette de la diversité taxonomique ( $\sum t = 16$ ) liée à la dégradation de l'habitat limitant ainsi les microhabitats colonisables par le macrofaune benthique. De plus, la disparition conjointe des taxons polluo-sensibles indique une probable dégradation de la qualité de l'eau.

On remarque aussi une augmentation des taxons détritvovres comme les Vers et les Diptères Chironomidae et Simuliidae qui représentent l'essentiel du peuplement.

Les stations IA, AO, HB, TK2, TK3, TK4, A1 et A2: présentent une bonne qualité hydrobiologique (BMWP' oscille entre 104 - 182), classe de qualité I qui signifie une eau propre (primitif) c'est-à-dire un système non pollué et ou pas raisonnablement altéré. La bonne qualité de ces stations est attribuée au fait qu'elles sont situées dans les cours d'eau supérieurs du réseau hydrographique de la région d'étude dont les eaux exemptes pollution, ce qui permet l'installation d'une faune diversifiée, avec la prédominance des espèces polluosensibles (Plécoptères), caractéristiques des milieux à eau pure bien oxygénée (BERTHELELEMY,1966).

La station TK1 est d'une qualité hydrobiologique passable avec BMWP' = 83, une classe de qualité II avec une variété faunistique moyenne (diversité taxonomique 23). Cette station présente une évidence des effets doux de la pollution.

La station A3 située en amont d'oued Aissi reçoivent les eaux des rejets urbains de plusieurs agglomérations, présente une qualité hydrobiologique douteuse de classe III avec un

BMWP' =51, montrant par rapport aux stations précédente, une altération de la qualité de l'eau et de l'habitat.

#### 4.4 Discussion

Sur les Figures 30, 31 et 32 sont présentés les résultats des analyses hydrobiologiques : altitude, diversité taxonomiques, group indicateur, valeurs d'IBGN et valeurs de BMWP'.

Ces données confirment nos résultats : Une excellente qualité hydrobiologique pour les stations IA, AO, HB, TK2 et TK3 dont leurs altitudes varient entre 750m à 950m avec une faible fluctuation de valeurs moyennes des températures entre les stations de 6°C à 9°C, elles affichent des valeurs de  $H' > 1$  qui traduisent une diversité élevée des peuplements où tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983), liées à une diversification du milieu : un nombre important de microhabitats pour la faune. On note une classe de qualité qui est de 1A. Les groupes indicateurs repérés sont élevés (GI= 9) et leurs scores varient entre 109 et 182. En effet, ces stations présentent une faune benthiques exigeante et indicatrice de qualité biologique excellente et exempte de toute pollution.

Ces stations semblent préserver un état naturel, ce qui est favorable au maintien d'une faune riche et diversifiée essentiellement polluo-sensibles pour la plupart. Les peuplements sont très diversifiés avec des familles de différents ordres, caractérisant les milieux lotiques et occupent de façon optimale l'ensemble des microhabitats. Les insectes Plécoptères, taxons polluo-sensibles, présentent une grande diversité intrinsèque puis 5 familles appartenant à cet ordre ont été dénombrées.

Une moyenne qualité hydrobiologique pour la station TK1, dont la classe de qualité est de 2 et un indice de Shannon élevé, accompagner d'une réduction de l'effectif due au milieu particulier : ruisseau calcaire à substrat homogène (limons), entraînant ainsi une limitation des indices. Le groupe indicateur (GI) repéré est de 6 et d'un score de 83.

Pour les stations TK4, A1 et A2 dont leurs altitudes varient entre 200m à 300m, présentent une qualité hydrobiologique bonne avec une classe de qualité I par l'indice de BMWP' ; par contre, l'indice d'IBGN révèle une moyenne qualité hydrobiologique qui est la plus fiable car ce dernier repose sur la richesse et la diversité des macroinvertébrés benthiques ; en revanche, l'indice de BMWP' ne prend en compte ni le nombre d'individus, ni la variabilité taxonomique. La richesse taxonomique reste toujours assez élevée (de 24 à 27 taxons) mais les groupes indicateurs sont bas (GI entre 4 et 5) et les scores entre 104 et 112. Ces stations reflètent

un indice de Shannon et d'Equitabilité bas, due à l'influence de rejet organique ponctuelle issus des villages avoisinants. Ces dernières, leurs températures sont élevées (15°C) due à la largeur du lit mineur, la distance à la source et l'absence de la végétation bordante.

Enfin, une dégradation de la qualité de l'eau à médiocre pour la station A3 située en aval des agglomérations où nous avons constaté une disparition de la macrofaune accompagné d'une réduction du nombre de taxons (16 taxons) et un groupe indicateur bas qui est de 3 (GI=3) et d'un score de 51, montrant par rapport au station précédente, une altération de la qualité de l'eau et de l'habitat. En effet, on constate une baisse très nette de la diversité taxonomique liée à l'uniformisation du milieu limitant les microhabitats accompagné d'une faible valeur d'indice de Shannon.

Les résultats des analyses biologiques montrent une nette dégradation du secteur de ces stations. La valeur de l'IBGN chute de 13 points par rapport aux stations situées dans les zones amont des cours d'eau, passage d'une classe de qualité 1A à une classe de qualité 3. Ceci est d'une part dû au nombre de microhabitats plus réduit en aval, se traduisant par une baisse importante de nombre de taxons, et d'autre part, à l'altération de la qualité de l'eau induisent la disparition des taxons les plus polluo-sensibles : passage d'un GI=9 à un GI= 3.

### **Comparaison des résultats des indices utilisés**

Nous signalons une divergence entre les résultats des deux indices biologiques appliqués IBGN, BMWP' utilisés dans notre travail. Ceux-ci n'étant identique que dans les stations IA, AO, HB, TK2 et TK3 une qualité de l'eau bonne.

L'IBGN, quant à lui a donné une moyenne qualité dans les stations TK4, A1, A2. Cependant le BMWP' a mentionné une bonne qualité de l'eau.

## Conclusion

Nous pouvons dire que la différence entre les résultats peut être liée aux méthodes de chaque indice: A titre indicatif et démonstratif, le BMWP' se base uniquement sur la somme des scores des différents taxons trouvés sur un site donné donc un score total permettant de classer ce site d'échantillonnage dans l'une des cinq classes de qualité de l'eau (BENETTI et *al.*, 2012), alors que l'IBGN inclus la liste des familles et la richesse taxonomique pour chaque famille.

Si nous devons préciser l'indice le plus probant pour notre étude, nous dirions que c'est l'IBGN qui a donné des résultats plus ou moins significatifs. Inversement, le BMWP' a occulté tout résultat malgré sa facilité d'utilisation et de son faible coût, l'indice BMWP' a été utilisé dans de nombreux pays d'Afrique, d'Asie, d'Océanie et d'Amérique latine (CHANG et *al.*, 2014).

Aussi, la qualité biologique des cours d'eau de la Kabylie, sur la base de la méthode IBGN convient plus ou moins à la résistance et/ ou sensibilité de la communauté recensée à la pollution organique durant la période d'étude.

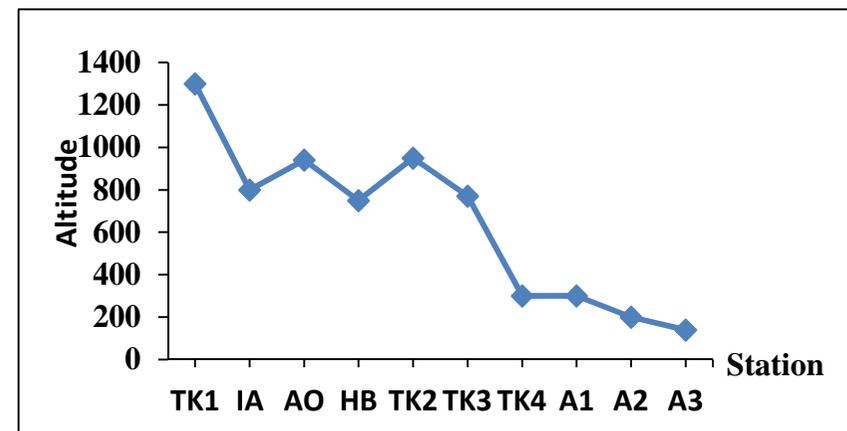
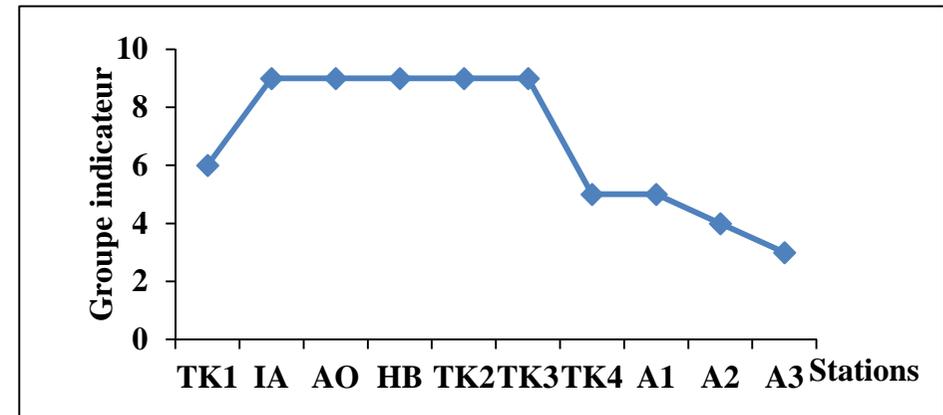
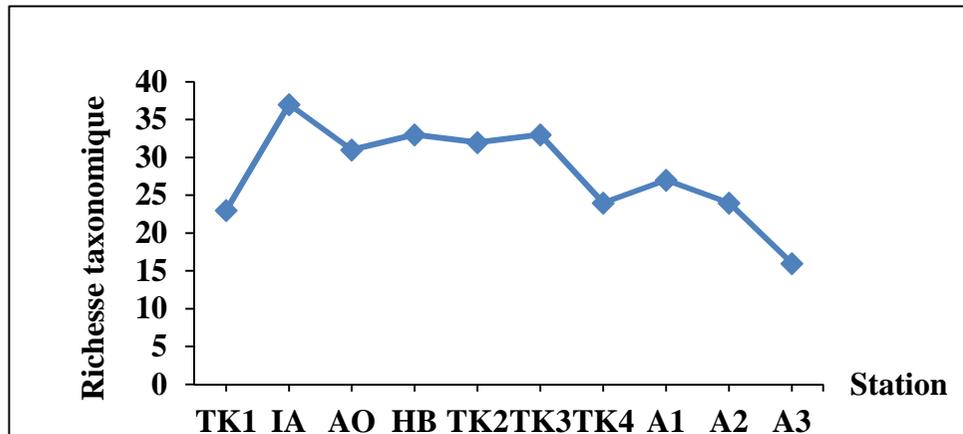
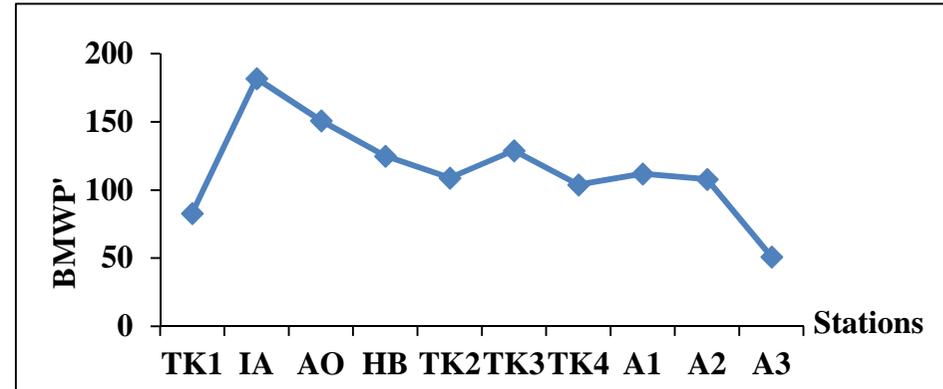
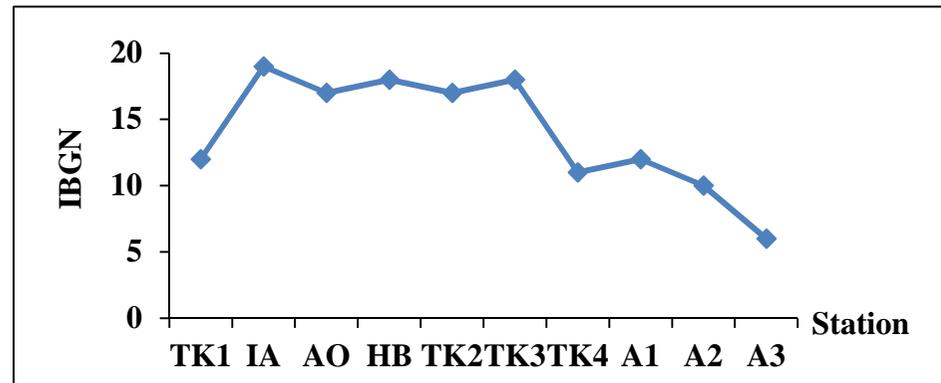


Figure 29: Analyse hydrobiologique des stations étudiées.

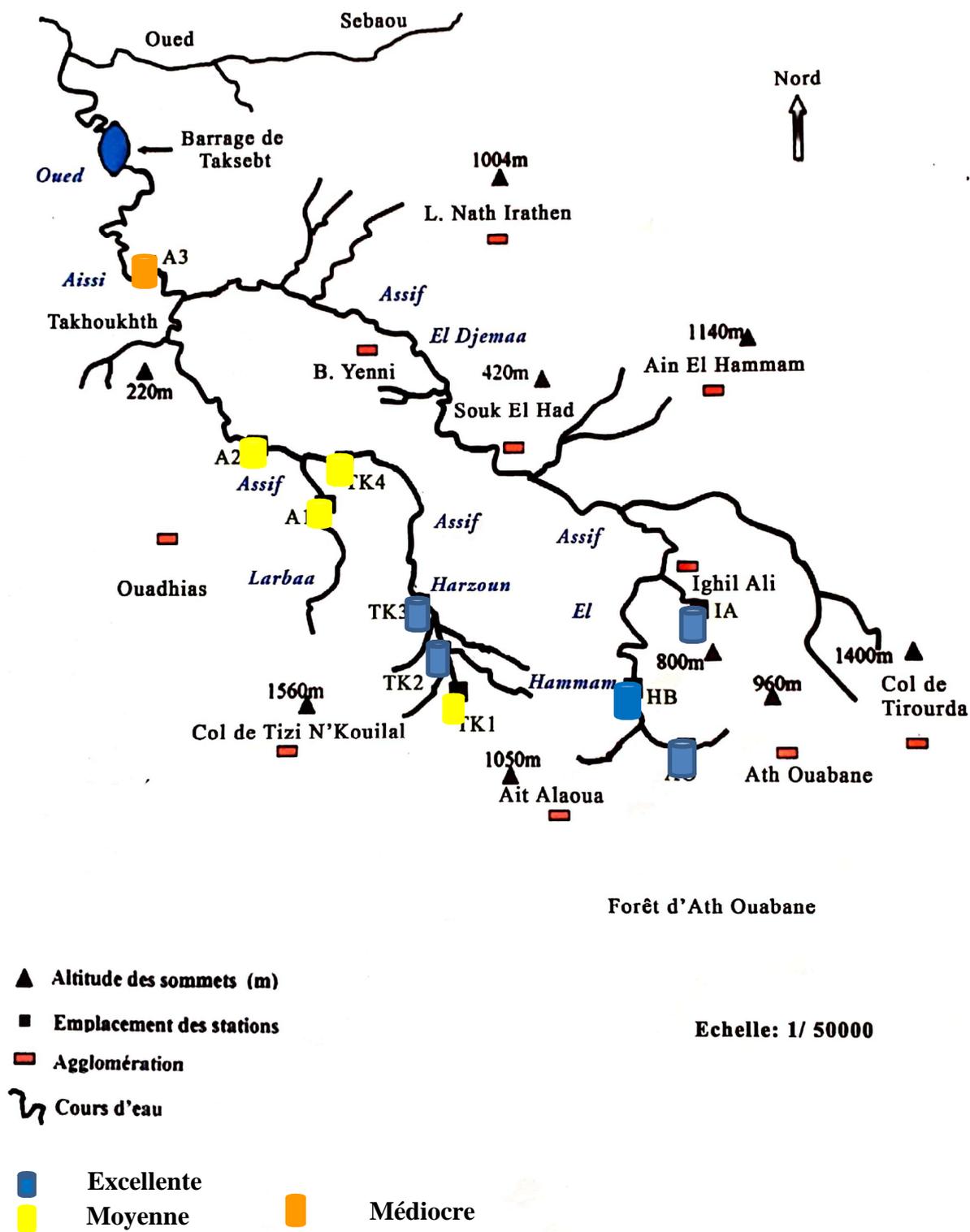


Figure 290: La qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (méthode I.B.G.N).

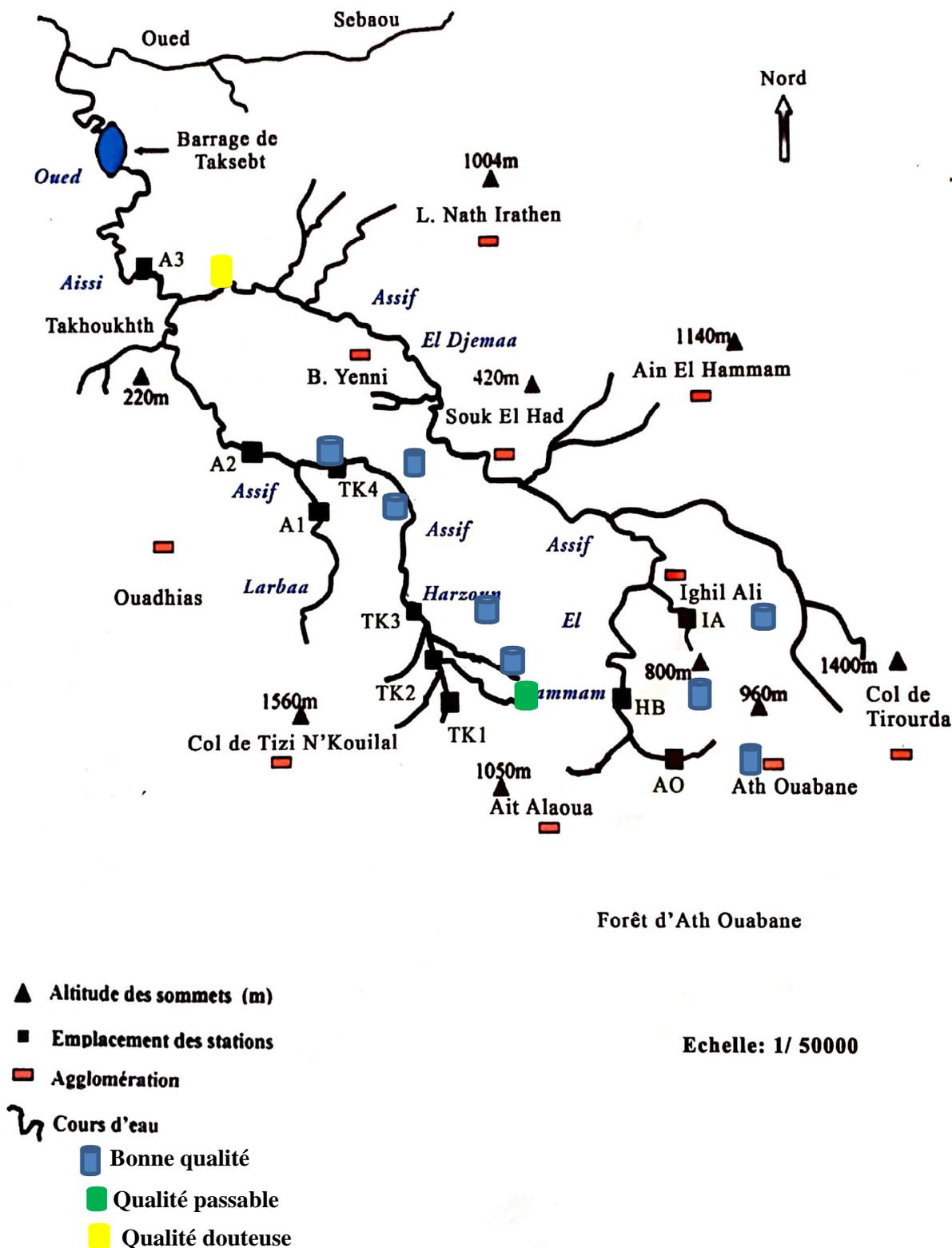
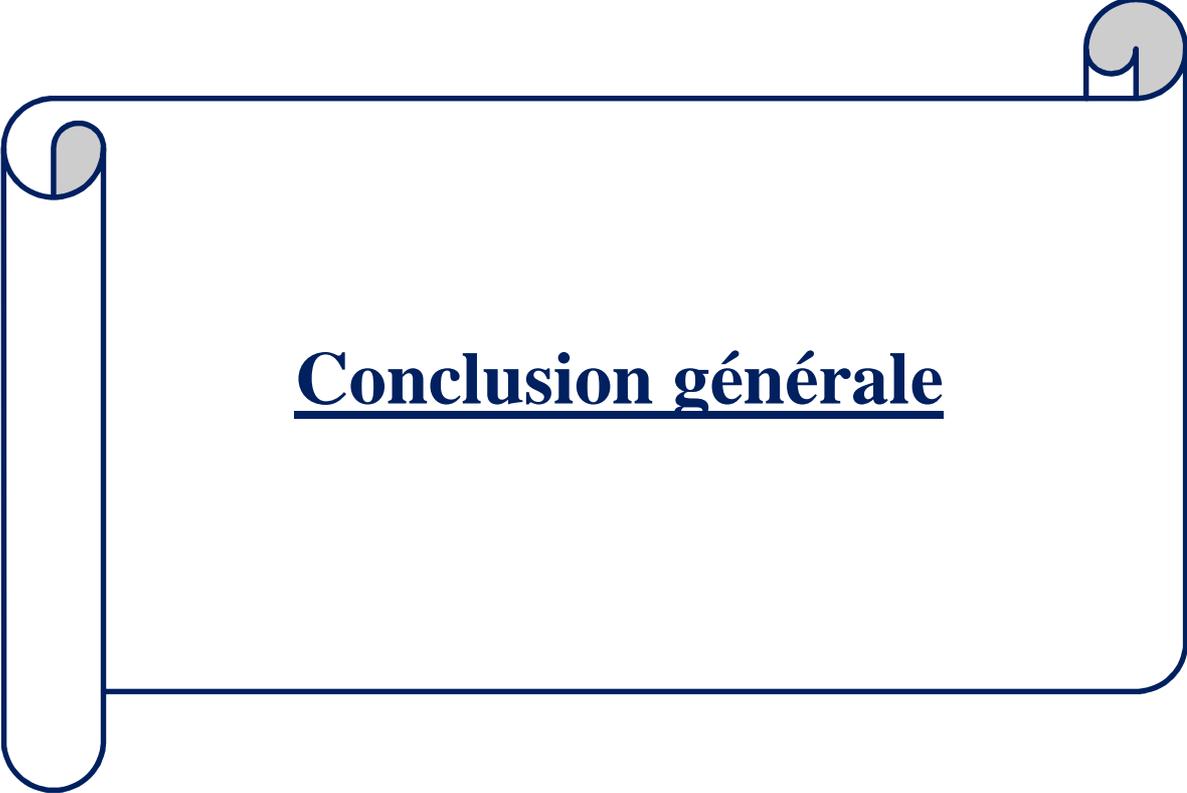


Figure 301: La qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (méthode B.M.W.P')



**Conclusion générale**

## Conclusion

La faune benthique récoltée dans ce travail se compose de 39894 individus répartis entre 13 groupes zoologiques (66 familles et 79 genres). Ils sont récoltés dans 10 stations le long des cours d'eau du sous bassin de l'oued Aissi, échelonnées entre 140 m et 1300 m d'altitude.

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères (16 familles), suivi de celui des Trichoptères (10 familles). Viennent ensuite les Mollusques (8 familles), les Coléoptères et les Plécoptères (5 familles), les Éphéméroptères, les Vers (4 familles), les Hétéroptères et les Collembolés (3 familles), les Crustacés et les Odonates (2 familles) et enfin les Planaires, les Hydracariens (1 famille).

L'effectif du peuplement benthique a montré que les Éphéméroptères et les Diptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 39,71% (15845 individus) et 39,48% (15747 individus) de la faune totale. Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 79,18% de la faune totale récoltée. Les Oligochètes, les Plécoptères, les Mollusques, les Trichoptères et Hydracariens occupent respectivement le 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> placé par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 10,54% (4207 individus), 2,74% (1094 individus), 2,23% (891 individus), 2,04% (815 individus) et 1,54% (617 individus). Les crustacés, les Coléoptères, les Odonates, les Planaires et les Collembolés sont faiblement représentés, ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'analyse de la structure du peuplement des cours d'eau étudiés a permis de montrer que les zones de haute altitude sont les plus diversifiées. La grande diversité des habitats ainsi que leurs conditions écologiques favorables ont permis le développement d'une communauté riche en espèces et assez équilibrée. Ceci montre que le peuplement benthique a pu garder une certaine originalité et n'a pas encore été notablement perturbé. En revanche, dans les piémonts, les atteintes au milieu dues à l'homme sont plus intenses. Les principales sources de pollution sont les rejets urbains cumulés au pompage de l'eau pour l'irrigation, les rejets des activités domestiques de plusieurs agglomérations. Elle est également liée à l'absence de réseau d'égouts dans bon nombre de villages, défavorisant le développement d'un grand nombre d'espèces.

L'indice de SHANNON et WEAVER montre une fluctuation de la diversité dans les stations étudiées, les valeurs varient entre 0,94 à 2,33.

L'indice d'équitabilité révèle que les taxons sont en déséquilibres entre eux dans certaines stations présentant des perturbations diverses en menant à la prolifération des espèces pollu-résistantes (Chironomidae, Simuliidae, Baetidae) et à la diminution, voir la disparition, des taxons polluo-sensibles (Plécoptères, Trichoptères à fourreau).

Une analyse en composante principale (ACP) de l'état physique du milieu allant de l'amont vers l'aval, visant à simuler les capacités d'accueil potentielles pour la faune a ainsi permis de mettre en évidence l'opposition entre les stations les plus en altitude et les stations de moyennes et basses altitudes. Elle a fait apparaître aussi les corrélations existantes entre les variables environnementales et les stations d'étude.

## Conclusion

L'analyse statistique (ACP) a mis en évidence l'existence de deux groupes de stations :

- ✓ Groupe01 : correspond aux stations IA, AO, HB, TK2, TK3 caractérisant les milieux les plus purs, assez bien oxygénés, localisés dans les secteurs supérieurs de l'Oued Sébaou où la qualité de l'eau est la meilleure.
- ✓ Groupe02 : correspond aux stations TK4, A1, A2, A3 caractérisant les milieux situés en piémont où l'eau peut être considérée passable à mauvaise qualité.

L'utilisation des deux méthodes indicielles (IBGN, BMWP') pour évaluer la qualité de l'eau fait ressortir un léger avantage de l'indice biologique globale de normalité dont les résultats obtenus confirment ceux obtenus par l'analyse numérique et statistique de la biocénose. En outre, ces différentes méthodes sont complémentaires dont le but est d'affiner le diagnostic.

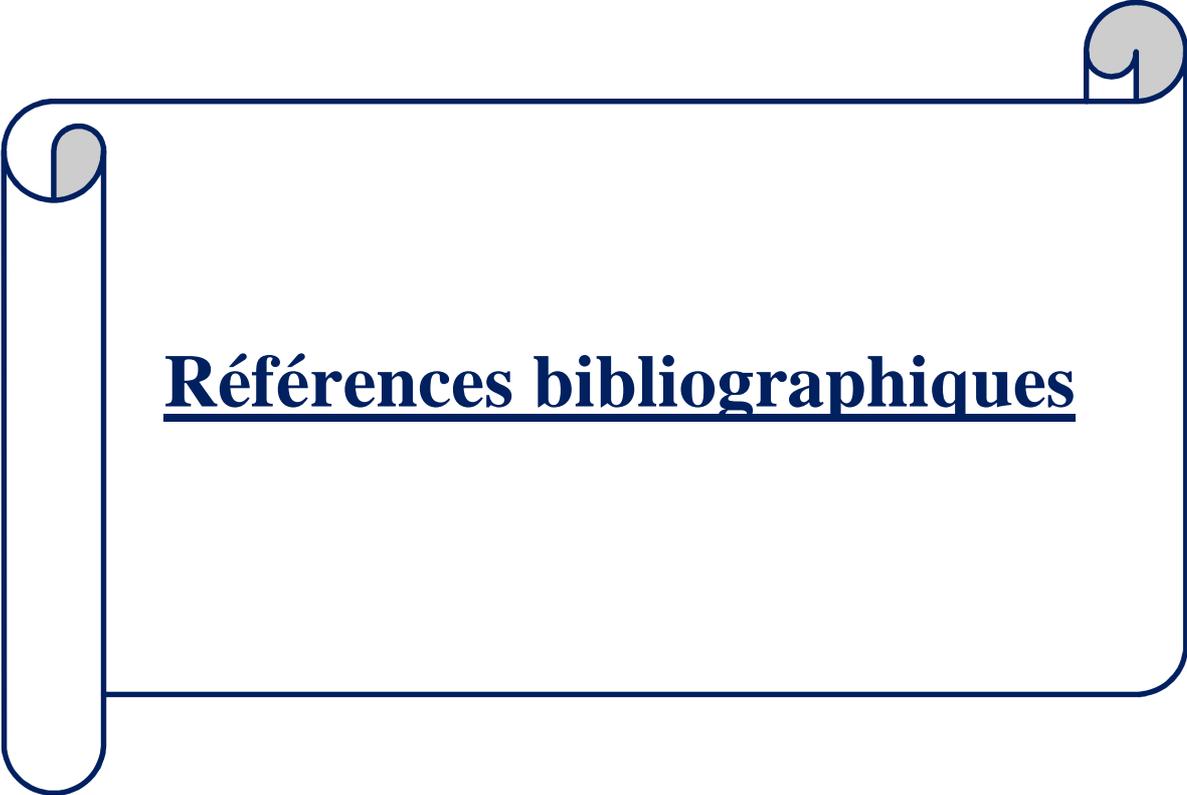
Ce travail met en relief l'importance des méthodes biocénologiques, de plus en plus utilisées dans l'évaluation de la qualité de l'eau.

De par leur simplicité, leur efficacité, la réduction de leur coût, l'IBGN et le BMWP' nous semblent être des outils plus appropriés, et qui peuvent faire l'objet d'un usage généralisé à des régions vastes dans la perspective d'une évaluation des risques sanitaires liés à la qualité de l'eau notamment dans les zones rurales.

La détection, lors de cette étude, d'une pollution plus au moins marquée le long du moyen et basse altitude, La valeur d'IBGN chute de 13 points : passage de la classe de qualité « 1A » (excellente qualité) à une classe « 3 » (qualité médiocre) ; et la valeur de BMWP' passe de classe I (bonne qualité) à une classe III (qualité douteuse).

Pour sauver les milieux aquatiques, il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie les différents réseaux hydrographiques et engager des suivis annuels ; avec un plus grand nombre de stations et de renforcer des études afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune.

Certaines mesures de protections devraient être prises afin de préserver ces milieux. L'obligation légale de raccordement à l'égout et l'installation des stations d'épurations des eaux résiduaires, dotés les structures concernées e moyen, dans le but de respecter la réglementation en vigueur concernant les prélèvements de sable et le rejet de déchets toxique de différentes unités de production sont des exemple d'actions à mener dans l'immédiat. Enfin mettre l'accent sur l'éducation et la sensibilisation de la population afin qu'elle puisse prendre conscience de l'importance de l'eau, de sa qualité et les écosystèmes qui la renferment.



**Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

### A

**ABDESSELAM M., 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen: exemple de Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de doctorat, en science de la terre, université de Franche Comté : 233p.

**ABRID, D., 2015.** Caractérisation physico-chimique, minéralogique et géochimique des sédiments de la retenue du barrage Sidi chahed et des sols du bassin versant de l'oued Mikkés. Thèse Doctorat, Univ. Moulaya Ismail, Maroc. 233p.

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

**AGUESSE, P., 1968.** Les Odonates. Masson. Paris, 255 p.

**AIT MOULOUD S. 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Institut des Sciences de la Nature, d'Alger, Algérie, 118 pp.

**AIT MOULOUD S., 2006.** Etude de la Biodiversité des Collemboles sur l'Écotone eau-sol forestier dans les zones humides de la Kabylie et d'une tourbière des Pyrénées : Systématique, Ecologie, Biogéographie (Tizi Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou.

**ALBA-TERCEDOR J, PICAZO-MUNOZ J ET ZAMORA-MUNOZ C, 1995.** Relationships between the distribution of mayfly nymphs and water quality in the Guadalquivir river basin (southern Spain). In Corkum LD; Ciborowski JJH, *Current Directions in Research on Ephemeroptera*. Canadian Scholars' Press. Inc. Toronto : 41-54.

**ALBA-TERCEDOR. J., 2000.** The BMWP'; Ecological status of surface waters: monitoring and management strategies in rivers. Vol 29, n°1. p285-290.

**ANGELIER E., ANGELIER M.L ET LAUGA J., 1985.** Recherches sur l'écologie des Hydracariens (Hydrachnella, Acari) dans les eaux courantes. Annales de Limnologie., 21(1) : 25-64 pp.

**ANGELIER E., 2000.** Ecologie des eaux courantes. Paris, Techniques et Documentation, 199p.

**ANGELIER E., (2003).** Ecologie des eaux courantes. Ecologie. Tec et Doc. Paris.

**ANGUS, R.B., 1973.** Pleistocene *Helophorus* (Coleoptera, Hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the western Ukraine, with a reinterpretation of Lomnick's species, description of a new Siberian species, and comparison with British Weichselian faunas. Phil. Trans. Roy. Soc., London, Biol. Sc., 265:299-326.

**ANNONYME.** Données hydro-biologiques de l'Agence nationale des ressources hydrauliques. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation. A.N.R.H.

**ANNONYME.** Données climatiques de l'Office Nationale de la Météorologie. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation. O. N. M.

## Références bibliographiques

**ARABE A., ZEBDI A., (1983).** Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau des oueds de la Mitidja. Mém.DES. univ des sciences et de la technologie. Houari Boumediene.

**ARAB A., 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse Magister, U.S.T.H.B. 145p.

**ARAB A., 2004** – Recherches faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chelif et du bassin du Mazafran. Mém. Doc. Univ. Sci. Techn. H. boumediene. Alger. 174 p.

**ARMITAGE P.D., MOSS D., WRIGHT J.F., FURSE M.T., 1983.** The performance of a new biological water quality score system based on macro-invertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Water Research*, 17: 333-347.

### B

**BAGNOULS F & GAUSSEN H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Document pour les cartes de production végétale. Série généralité cartographie de l'unité écologique.Edit. Edward. Privat, Toulouse: 47p.

**BARBAULT, R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements (Structure, dynamique et évolution). Ed. Masson, Paris, 200 p.

**BARBAULT R., 1995.** Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2ème édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19.

**BARBOUR M. T., J. GERRITSEN., B. D. SNYDER., J. B. STRIBLING., (1999).**RapidBioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, 2e édition, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes.

**BEAUDRY T., MONIQUE T.H., (1984).**Chimie des eaux, édition. Les griffons d'argiles, 1ère, édition, INC Canada.

**BEBBA, N., EL ALAMI, M., ARIGUE, S.F., ARAB, A., 2015.** Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algerie). J. Mater. Environ. Sci. 1164-1177.

**BEISEL, J. N., USSEGLIO-POLATERA, P., THOMAS, S., & MORETEAU, J. C. (1998).**Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia*, 389(1-3), 73-88.

**BELIFIORE C. 1983.** Efemeroteri (Ephemeroptera) in 'Guide per il ricinoscimento delle specie animali delle acque interne italiane'. C.N.R.AQ/1/201, 24 : 1-113.

**BELHAOUARI, B., ACHOUR, T., MEBARKI, D., BRANINE, A., 2017.** L'utilisation des macroinvertébrés benthiques et des macrophytes pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau de l'oued Chlef, Benzina et Si Bachir. Revue des BioRessources, 91- 98.

## Références bibliographiques

**BENETTI, C., PÉREZ-BILBAO, A., GARRIDO, J., 2012.** Macroinvertebrates as Indicators of Water Quality in Running Waters : 10 Years of Research in Rivers with Different Degrees of Anthropogenic Impacts. Ecological Water Quality - Water Treatment and Reuse, Dr. Voudouris (Ed.), 978- 953-51-0508- 4.

**BEN MOUSSA A., CHAHLAOUI A., ROUR E. et CHAHBOUNE M., 2014.** Diversité taxonomique de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued Khoumane. Moulay Idriss Zerhoun, Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1) (2014) 183-198.

**BENZINA, I., 2018.** Diversity of benthic macroinvertebrates and streams quality in the national park of Belezma (Northern-East, Algeria). *International Journal of Health and Life-Sciences* 2454-5872.

**BERTHELEMY C., 1966** – Recherches écologiques et biogéographique sur les Plécoptères et les Coléoptères d'eau courante (Hydraena et Elminthidae) des Pyrénées. *Annls. Limnol.*, 2 (2) : 227-458.

**BERTHELEMY C., KADDOURI A. & RICHOUX P. 1991.** Revision of the genus

*Hydraena* Kugelan, 1794 from North Africa (Coleoptera: Hydraenidae). *Elytron*, 5 : 181-213.

**BIGOT L. & MARAZANOF F., 1966** – Notes sur l'écologie des Coléoptères aquatiques des Marismas du Guadaquivir et prélier inventaire des Coléoptères et Lépidoptères du Coto Donana (Andalucia). *Annls. Limnol.*, 2 (3) : 491-502.

**BLONDEL, J., 1979.** Bibliographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.

**BOLBAOCA D. S. & JANTSHIT L., 2006.** Pearson vers spearman. Kendell's Tau correlation Analysis on structure. Activity relationships of Biologic active compounds.

**BOUCHELOUCHE D., DERRADJI N., ARAB A., 2013.** L'utilisation des méthodes biologiques pour l'estimation de la qualité de l'eau du réseau hydrographique d'oued El Harrach (wilayates de Blida et d'Alger). USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems".

**BOUCHELOUCHE, D., KHERBOUCHE-ABROUS, O., MEBARKI, M., ARAB, A., SAMRAOUI, B., 2015.** The Odonata of wadi Isser (Kabylia, Algeria): status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 70 (3), 2015 : 248-260.

**BOUHALA, Z., CHAKRI, K., MÁRQUEZ-RODRÍGUEZ, J., FERRERAS-ROMERO, M., SAMRAOUI, F. & SAMRAOUI, B. (2019)** Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: Implications for conservation. *International Journal of Odonatology*, 22 (3–4), 181–197.

**BOUHALA, Z., MARQUEZ-RODRIGUEZ, J., CHAKRI, K., SAMRAOUI, F., EL-SEREHY, H.A., FERRERAS-ROMERO, M. & SAMRAOUI, B. (2020)** The life history of

## Références bibliographiques

the Ibero-Maghrebian endemic *Oligoneuriopsis skhounate* Dakki and Guidicelli (Ephemeroptera: Oligoneuriidae). *Limnologica*, 81, 125761.

**BOULUNIER T., NICHOLAS J.D., 1998.** Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *The ecological society of America*: 1018. *Ecology* 73 (3).

**BOUROCHE, I.M., SAPORTA, G., 1980.** L'analyse des données. Presses universitaires de France, Paris Coll. «Que sais-je » n°1854,127p.

### C

**CARREL G., BERTHELEMY D., AUDA Y. & CHESSEL D., 1986.** Approche graphique de l'analyse en composantes principales normées: utilisation en hydrobiologie. *Acta Oecologica* 7 : 189 – 2003.

**CHANG, F., LAWRENCE, J.E., RÍOS-TOUMA, B., RESH, V.H., 2014.** Tolerance values of benthic macroinvertebrates for stream biomonitoring: assessment of assumptions underlying scoring systems worldwide. *Environmental Monitoring and Assessment.*; 2135–2149.

**CHAUMONT M. & PAQUIN C., 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500 000 avec notice explicative. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* : 24p.

**CHERAIRIA, M., ADLER, P., SAMRAOUI, B., 2014.** Biodiversity and bionomics of the blackflies (Diptera: Simuliidae) of Northeastern Algeria. *Zootaxa* 3796(1), 166-174.

**CHOK, S.N., 2008.** Pearson's versus spearman's and kendall's correlation coefficients for continuous data. *University of Pittsburgh*. p14.

**CLARK, T.E., SAMWAYS, M.J., 1996.** Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Kruger National Park, South Africa. *J. Appl. Ecol.*, 5: 1001-1012

**CONSIGLIO C., 1963.** Plecoptteridelle isole del mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, 70- 71 :147-158.

### D

**DAJOZ R., 1985.** Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5ème édition. Gauthier Villard. Paris : 505p.

**DAJOZ R., 2000** – Précis d'écologie 7<sup>e</sup> Edition. Dunod ; Paris, 615 p.

**DAJOZ R., (2006).** Précis d'écologie. Dunod, Paris. Page 631.

**DELGADO J.A & JÄCH M.A. 2007.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach XXIII. The *O. (Asiobates) maculatus* species complex (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, 77, 101-121.

## Références bibliographiques

**DELGADO J.A & JÄCH M.A. 2009.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach XXVII. Revisional notes on the *O.* (s. str.) *foveolatus* subgroup (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, 79, 39-57.

**DERRIDJ A., 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Docteurs-sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse: 288p.

**DETHIER M., 1985-1986.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Insectes. Héteroptères aquatiques et ripicoles (genres et principales espèces). Association française de limnologie : 40p.

**DETHIER M., 1985-1986.** Insectes 6 : Héteroptères aquatiques et ripicoles (genre et principales espèces). Extrait du bulletin de la Société Linnéenne de Lyon 54e année, n°1 et n°6.

**DYNESIUS M. & NILSON C., 1994.** Fragmentation and flow regulation of river systems in the northeast third of the world. *Science*, 266: 753-762 pp.

### E

**ECHAUBARD M., & NEVEU A., 1975** – Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites : la Couze Pavin (Puy de Dome), dues aux pollutions agricoles et urbaines. *Lab. Zool, Bio. Animale – Ethologie*. INA – INRA, France: 24P.

**ECKERLEIN, H., WAGNER, E., 1969.** Die Heteropterenfauna Lybiens. *Act. ent. Mus nat. Prague*, 38 : 155-194.

**EMBERGER L., 1971.** Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson et Cie. Paris: 250p.

### F

**FAESSEL B., 1985.** <<LES TRICHOPTERES>> Données biologiques, éthologiques et écologiques Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (1985) 299 : 1-41 pp.

**FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J. & HEMPTINNE J.L., 2003.** Ecologie approche scientifique et pratique 5<sup>e</sup> Edition TEC et DOC, 407 p.

**FAURIE C., FERRA C et MEDORI P., 2011.** Ecologie : approche scientifique et pratique. Édition. Tec & Doc- Lavoisier- 6<sup>e</sup> édition. 1 vol. (XXII-488 p.- [16] p. de pl.).

**FERGANI, H., ARAB, A., 2013.** Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El-Harrach, USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial and aquatic Ecosystems (Bechar) – ALGERIA, 19-21 November, 2013.

**FERRITO V. 1994.** Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques uns de ses affluents. *Annl. Limnol.*, 30 (1) : 33-56.

## Références bibliographiques

**FERRO G. 1985.** Hydraenidae (Coleoptera : Hydrophiloidae) del Norte de Africa XV. Contributo alla conoscenzadegli Hydraenidae. *Bulletin et Annales de la Société Royale Belge d'Entomologie*, **121** : 233-241.

**FLANDRIN J., 1952.** -La chaîne du Djurdjura: monographies régionales. XIX congrès géologiques internationales, Algérie 1ère série. 19 : p 49.

### G

**GAGNEUR J & ALIANE N., 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Gainesville FL, USA.

**GAGNEUR J. & CLERGUE-GAZEAU M., 1988.** Les Simulies d'Algérie (Diptera, Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. *Annls Limnol.*, 24 (3) : 275-284.

**GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B., 1988.** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I.- Répartition et écologie (1ère partie) ( Insecta, Ephemeroptera). *Bull.Soc. Hist.nat.* Toulouse, **124** : 275-284.

**GAGNEUR J., GIANI N., & MARTINEZ-ANSEMIL E., (1986).** Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse, 122 : 119-124.

**GELARD J. P. 1979.** Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie : un segment de zones internes de l'orogène littoral maghrébin. Thèse Doctorat ès Sciences, Université de Dijon : 335 pp.

**GENIN, B., CHAUVIN C. & MENARD F., 2003** – Cours d'eau et indices biologiques – Pollutions – Méthodes –IBGN. *Educagri* 2<sup>e</sup> Edition, 221 p.

**GIUDICELLI J., LEGIER P., MUSSO J.J., & PREVOT G., 1986** – Impact d'une perturbation polluante d'origine organique sur les populations et les communautés d'invertébrés benthiques et en dérive d'une rivière méditerranéenne, le Tavigno (Corse). *Ecologia Mediterranea*, Tome XII (Fasc. 1-2) : 60p.

**GONÇALVES, F.B., MENEZES, M.S., 2011.** A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. *Biota Neotrop*, vol. 11, no. 4.

**GRALL J. & HILY C., 2003** .Traitement de données stationnelles (Faune). Robert. FT 10(1). Doc.

**GRANDJEAN, F., MOMON, J., BRAMARD, M., 2003.** Biological water quality assessment of the White clawed Crayfish Habitat Based On Macroinvertebrate Communities: Usefulness For Its Conservation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 370-371 : 115-125.

**GUYOT G., 1999.** Climatologie de l'environnement. 2e Edition Dunod, Paris, 525p.

### H

**HAFIANE M., HAMZAOUI D., BOUCHELOUCHE D., MEBARKI M. et ARAB A., 2013.** Application de l'I.B.G. N et du B.M.W.P' sur un oued temporaire d'Algérie. USTHB-FBS-4<sup>th</sup>. International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems".

**HAMZAOUI D., 2009-** Impact des changements climatiques sur la répartition de la faune Benthique de l'oued Saoura (wilaya de Bechar). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B., 80p.

**HAOUCHINES . 2011.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie , Mémoire de Magister , Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques , Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou , Algérie.

**HAWKES, H.A., 1979.** Invertebrates as indicators of river water quality. In James A. & Evison L. (Eds.), Biological Indicators of Water Quality 2. Chichester, Great Britain: Wiley, 1–45.

**HELLAWELL J. M., (1986).** Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Londres, Elsevier.

**HYNES, H.B.N., 1970.** The ecology of running waters. University of Toronto Press, Toronto, Ont. 555 p.

### I

**ILLIES J., & BOTOSANEU L., 1963** – Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.* **12** : 1-57.

### J

**JÄCH M.A. & DELGADO J.A. 2008.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach XXV. The superspecies *O. (s. str.) viridis* PEYRON and its allies (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, 78, 199-231.

**JÄCH, A. M., BALKE, M., 2008.** Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. Freshwater animal diversity assessment. *Hydrobiologia* 595: 419 – 442.

**JÄCH M.A., KODAD J. & CIAMPOR F. 2006.** Family Elmidae Curtis, 1830, pp: 432-440. In: Löbl I. & Smetana A. (eds.): Catalogue of Palearctic Coleoptera, 3. Scarabaeoidea – Scirtoidea – Dascilloidea – Buprestoidea - Byrrhoidea. Apollo Books, Stenstrup, 690 pp.

**JÄCH M.A. 2004.** Family Hydraenidae Mulsant, 1844, pp: 102-122. In: Löbl I & Smetana (eds.): catalogue of Palearctic Coleoptera, Volume 2. Hydrophiloidea – Histeroidea – Staphylinoidea. Apollo Books, Stenstrup. 942 pp.

## Références bibliographiques

**JÄCH M.A. 1993.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach, 1815 XII. Additional notes on the notabilis species group (Coleoptera: Hydraenidae). *Entomological Problems*, **24** (1): 59-62.

**JÄCH M.A. 1991.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* VII. The foveolatus group (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, **61**: 61-94.

**JÄCH M.A. 1992a.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach. 1815. IX. The andraei and notabilis species group (Coleoptera: Hydraenidae). *Nrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, **41** (1), 7-21

**JÄCH M.A. 1992b.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach. VII. The subgenus *Enicocerus* Stephens (Coleoptera: Hydraenidae). *Elytron*, **5**: 139-158.

**JÄCH M.A. 1992c.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach. VI. The marinus group (Coleoptera: Hydraenidae). *Entomological Basil*, **14**: 101-145.

### K

**KADDOURI H., 1986.** Révision des *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de Tunisie (Coléoptera, Hydraenidae). Thèse Doct. 3ème cycle, Unive. Paul Sabatier : 155.

**KALKMAN, V.J., CLAUSNITZER, V., DIJKSTRA, K.D., ORR, A.G., PAULSON, D.R., TOL, J.V., 2008.** Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**:351–363.

### L

**LAFONT M. 1983.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises (Annelides, Oligochètes). Bull. Mens de la Soc Linnéenne de Lyon **52**. n°4. 104-135.

**LAKHDARA, D., BOUSLAMA, Z, BELABED, A., 2014.** Caractérisation des macro invertébrés et les amphibiens dans différents plans d'eau de l'extrême Nord-est Algérien. *European journal of scientific research*. 1450-216.

**LAVANDIER P., 1979.** Ecologie d'un torrent pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de Doctorates Sciences, Université de Paul Sabatier, Toulouse : 532p.

**LECLERC., (1996).** Microbiologie générale. Doin.

**Legendre, P., Plan, D., Aucla, M.J., 1984.** Succession des communautés de gastropodes dans deux milieux différent par leur degré d'eutrophisation. *Journal of Zoology*, **62**(11), 2317–2327.

**LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1979.** Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2 ème Edition Masson, Paris : 206 p.

## Références bibliographiques

**LOUNACI A., 2005.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'état en biologie. Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou: 208 p.

**LOUNACI A., BROSSE S., AÏT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D., MEBARKI N. & THOMAS A.G.B. 2000.** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **136** : 43-55.

**LOUNACI A., B. BROSSE S. THOMAS A. & LEK S., 2000(a).** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algerian stream: theSebaouwadi. *AnnlsLimnol.*, 36 (2): 123-133 pp.

**LOUNACI A., BROSSE S., AIT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D ET**

**MEBARKI M. 2000(b).** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sebaou River bassin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse.*, 136: 43-55 pp.

**LOUNACI-DAOUDI D., 1996.** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogeography des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, Univ. MouloudMammeri Tizi-Ouzou : 152p.

**LOUNACI A., 1987.** Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse Magister, U.S.T.H.B.,133p.

**LOUNACI A. & VINÇON G., 2005.** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura ( Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord ( Plecoptera), *Ephemera*, **6(2)** : 109-124.

## M

**MACKIE, G.L., 2001.** Applied aquatic ecosystem concepts. Kendall/Hunt Publishing Company. pp. 744.

**MALICHY H. & LOUNACI A., 1987.** Beitrag zur taxonomie undfaunistik der cherfliegen von Tunisien, Algerien und Moroko ( Trichoptera). *Opusc. Zool. Flumin*, **14** : 1-20.

**MATALLAH R., ABDELLAOUI-HASSAINE K., PONEL P. & BOUKLI-HACENE S. 2016.** Diversity of Ground Beetles (Coleoptera :Carabidae) in the Ramsar wetland : Dayet El Ferd, Tlemcen, Algeria. *Biodiversity journal*, 7 (3), 301-310.

**MEBARKI M., 2001.** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister.

**MINSHALL G.W., 1984** – Aquatic insect substratum relationships. In 'the ecology of aquatic insects'. Resh V.H. & Rosenberg D.M., Prager, New York, 358-400 p.

## Références bibliographiques

**MOISAN J., GAGNON E., PELLETIER L. et PIEDBOEUF N., 2006.** Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction de suivi de l'état de l'environnement, ministère de développement durable, de l'environnement et des parcs, ISBN, 82p.

**MOUBAYED J., LOUNACI A. & LOUNACI-DAOUDI D., 2007.** Non-biting midges from Algeria, North Africa (Diptera, Chironomidae). *Ephemera*, **8 (2)**:93-99. Occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapires atlasiques. Thèse Magister. U.S.T.H.B / IST.

**MOUBAYED J., AIT-MOULOUD S. & LOUNACI A., 1992.** Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). *NachrBl. Bayer. Ent.*, 41 (1) : 21-29.

**MOUBAYED Z., 1986.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorat Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 496 p.

**MOUISSI, S., ALAYAT, H., 2016.** Utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour la Caractérisation Physico-Chimique des Eaux d'un Ecosystème Aquatique: Cas du Lac Oubéira (Extrême NE Algérien). *J. Mater. Environ. Sci.* 2028-2508.

**N**

**O**

**OZENDA P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère, Ed. Doin, Paris, 427p.

**P**

**PARINET B., ALHOTE B., LEGUEB M., GBOUNGUE., 2000.** Etude analytique et statistique d'un système lacustre soumis à divers processus d'eutrophisation – revue des sciences de l'eau Vol 13/3. 237-267 P.

**PHILIPPO P., POMMERY J., THOMAS P., (1981).** Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportements des espèces métalliques au contact des matières humiques. *Journal français d'hydrologie*.

**PIELOU E. C., 1969.** An introduction to mathematical ecology. Wiley – Interscience, New-York: 286 p.

**POISSON R., 1957.** Hémiptères aquatiques. In P. Le chevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S.(Paris), 61 :264p.

**POISSON, R., 1926.** Hémiptères aquatiques nouveaux ou peu connus de l'Afrique du Nord.

*Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 17 :237-247.

## Références bibliographiques

**POISSON, R., 1928.** Description d'un *Micronectan* nouveau (*Micronecta algerica* n. sp.) de l'Afrique du Nord (Hemiptera Micronectidae). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 19:241-243.

**POISSON, R., 1929A.** Micronectes de l'Afrique du Nord (Hemiptera Micronectidae) *Micronecta minusculan* n. sp. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 20 :45-46.

**POISSON, R., 1933A.** Note sur les *Mesoveliidae* de la faune française (Hémiptère Mesoveliidae). Bull. Soc. Entomol. Fr., 38 :181-187.

**POISSON R., 1938.** Hémiptères aquatiques Sandaliorrhyncha Born. De la faune française. II. Micronectinae. Etude systématique et biologique ; principales espèces paléarctiques. Ann. Soc. Ent. Fr., 107 : 81-120.

**POISSON, R., 1939.** Quelques observations sur les *Sigarada* sous-genre *Parasigara* Poisson 1935 (Hemiptera, Corixidae) et description d'une nouvelle espèce africaine du genre *Hydrometra* Latr. (Hemiptera, Hydrometridae). Bull. Soc. Entomol. France, 44 :103 -108.

**POISSON, R., 1940.** Contribution à l'étude des Gerris de France et de l'Afrique du Nord (Hemiptera, Gerridae). Bull. Soc. Sci. Bretagne, 17 :140-173.

**POLHEMUS, J.T., POLHEMUS, A.D., 2008.** Global diversity of true bugs (Heteroptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:379–391.

### Q

**QUEZEL P., 1957.** Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. *Encycl. Biogeogr. Ecol.*, Ed le chevalier, Paris : 463p.

### R

**RAMADE F, 1984.** Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. Edit *Mac GRAW HILL*. Paris. 197 p.

**Ramade F . 2003.** Éléments d'écologie .écologie fondamentale . 3<sup>ème</sup> Ed : Dunod, Paris. P.190.

**RICHOUX PH., 1982.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Coléoptères aquatiques. Genres : adultes et larves. Association française de limnologie ; extrait du bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon 51<sup>e</sup> année, n° 4,8 et 9. 56p.

**RIVOSECCHI L., 1984.** Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. DITTERI (Diptera) .Consiglio nazionale delle ricerche. 176p.

**RODIER J., 1996** – L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> Edition. Dunod. 1383 p.

## Références bibliographiques

**RUIZ-PICOS, R.A., SEDEÑO-DIAZ, J.E., LOPEZ-LOPEZ, E., 2017.** Calibrating and Validating the Biomonitoring Working Party (BMWP) Index for the Bioassessment of Water Quality in Neotropical Streams. *Water Quality*. Edited by Hlanganani Tutu.

### S

**SAMRAOUI B., & MENAI R., 1999** – A contribution to the study of Algerian Odonata. *Int. J. Odonatology*, 2 (2): 145-165.

**SAMRAOUI, B.&ALFARHAN, A.H.(2015)**Odonata in streams on Mount Edough, Algeria and in Kroumiria, Tunisia. *African Entomology*,23 (1),172-179.

**SEKHI S., 2010.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés ces cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB, 117p.

**SEKHI S; HAOUCHINE S; LOUNACI-DAOUDI D; EL ALAMI ELMOUTAOUAKIL&LOUNACI A., 2016.** Contribution à la connaissance des Trichoptères de la Grande-Kabylie (Algerie)[Trichoptera]. *Ephemera*, Vol.17(1) :51-69

**SELLAM N., VIÑOLAS A., FATAH Z. & MOULAI R. 2016.** L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualité des eaux de quelques Oueds en Algérie. *Butlleti de la Institució Catalana d'Història Natural*, 80, 47-56.

**SELLAOUIA ., CHERRARED M . 2015 .** Etude de l'influence du mode de représentation de la pluviométrie sur les débits d'écoulement d'un cours d'eau. Cas du bassin versant de Bougous. *Revue LJEE*.

**SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. *Trav. Inst. Meteor. Phys. Du Globe, Univ. Alger*. Fascicule hors série : 219p.

**SHANNON C. E. & WEAVER W., 1963.** The mathematical theory of communication. Urbane: University of Illinois Press: 117 p.

**SOLIMINI A.G., GULIA P., MONFRINOTTI M. et CARCHINI G., 2000-** Effet de différentes méthodes d'échantillonnage sur les valeurs d'indices biotiques de la qualité de l'eau du cours inférieur d'un fleuve méditerranéen : le Tibre. *Annls Limnol.*36 (2). P141.

**SOUTHWOOD (T.R.E) 1977.** Habitat, the temple for ecological strategies. *Journal of Animal ecology*, 46 : 337-365.

### T

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

## Références bibliographiques

**TACHET H., RICHOUX PH., BOURNAUD M et USSEGLIO-POLATERA PH., 2000.** Invertébrés d'eau douce (systématique, biologie, écologie). Edition CNRS. France. 585 - 588 p.

**Tachet H., Bournaud M., Richoux P., Usseglio-Polatera Ph., (2010).** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Biologie, Ecologie.

**TACHET H., BOURNAUD M., et RICHOUX PH., 1980** – Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. 4<sup>ème</sup> Ed Association française de limnologie. Paris .: 158 p.

**TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1984.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. 2ème edit. Assoc. fr. Limnologie édit., Paris, 155 pp.

**THIEBAULT J., 1952.** Socle métamorphique en grande Kabylie : monographie régionale. XIX ème congrès géologique international, Algérie, 1 ère série (4) : 43p.

**THOMAS, A., 1969.** L'importance des Diptères dans l'environnement de quelques cours d'eau des Pyrénées. *Annal Limnol* 5(1).61-76.

**THOMAS A.G.B., 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 330p.

**THOMAS A., & GAGNEUR J., 1994** – Compléments et corrections à la faune des Ephéméroptères d'Afrique du Nord. 6. *Alainitessadati* n. sp. d'Algérie (Ephemeroptera, Baetidae) *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, **130** : 43-45.

**THOMAS A., 1998** – A previsional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, **134** : 13-20.

**TOUBAL-BOUMAZA, O., 1986.** « Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Édough (Algérie nord-orientale) ». Cartographie à 1 / 25 000. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Grenoble, Université des sciences et technologie méditerranéenne

**TOURENQ I.N., 1975** – Recherches écologiques sur les Chironomidae (Diptera) de Camargue. Thèse Doct. Es Sciences, Toulouse : 424P.

**TOWNSEND C.R. & HILDREW A.G., 1994.** Longitudinal pattern in detritivores of acid streams: a consideration of alternative hypotheses. *Very. Int. Ver. Theory. Angew. Limnol.*, **22**, 1953-1958.

**TUFFERY G., & VERNEAUX J., 1967** – Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. *Trav. Sect. Tech. P et Pisc., C.E.R.A.F.E.R., Paris* : 23 p.

### U

### V

**VERNEAUX J., 1973** – Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse d'Etat, Besançon., 260p.

**VERNEAUX J., & COLL B., 1982** – Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de qualité générale (IBG). *Ann. Sci. Univ. Franche-Comté, Besaçon*, **4 (3)** : 11-22.

**VERNEAUX J., FAESSEL B., & Malesieu M., – 1976.** Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. *Trav. Lab. Hydrobiol.*, Univ. Besançon et CTGREF, ronéo : 14p.

**VINÇON G., 1987.** Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau, en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse Docteur Ingénieur, Univ. Paul Sabatier Toulouse : 381p.

### W

**WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (WFD), (2003).** Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential, Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT).

### X

### Y

**YAKOUB B., 1996.** Le problème de l'eau en grand Kabylie. Le bassin versant de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Edition Université Mouloud Mammeri, TiziOuzou: 210 p.

**YASRI N., 2009.** Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, USTHB, 96p.

### Z

**ZERGUINE K., SAMRAOUI B. & ROSSARO B., 2009.** A survey of chironomids from seasonal ponds of Numidie, Northeastern Algeria. *bioll. Zool. Agr. Bachic.* Ser. II, 41 (3): 167 – 174.

**ZOUGGAGHE, F., MOUNI, L., TAFER, M., 2014.** Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie). *Larhyss Journal*, pp.21-33

**ZWICK P., 1980** – Plecoptera. *Handbuch der Zoologie*, Berlin, **4 (2) 2/7** : 1-111.

## WEBOGRAPHIE

Bio films : une microbiologie de surface à déchiffrer

<http://academic.research.microsoft.com/>

<http://citeseerx.ist.psu.edu/>

<https://hal.archives-ouvertes.fr/>

<http://iopscience.iop.org/1367-2630>

<http://iopscience.iop.org/1468-6996/>

<http://nico8386.free.fr/cours/BA/Classifprotos.pdf>

<https://scholar.google.com/>

<http://www2.cnrs.fr/presse/communique/661.htm>

<http://www.bioline.org.br/>

<http://www.bioone.org/>

<http://www.dcwguelma.gov.dz/fr/index.php/wilaya-guelma>

<http://www.doaj.org/>

<http://www.elwatan.com/Alimentation-en-eau-potable-a,154445>

<http://www.univ-guelma.dz/presentation/guelma-ville.asp>

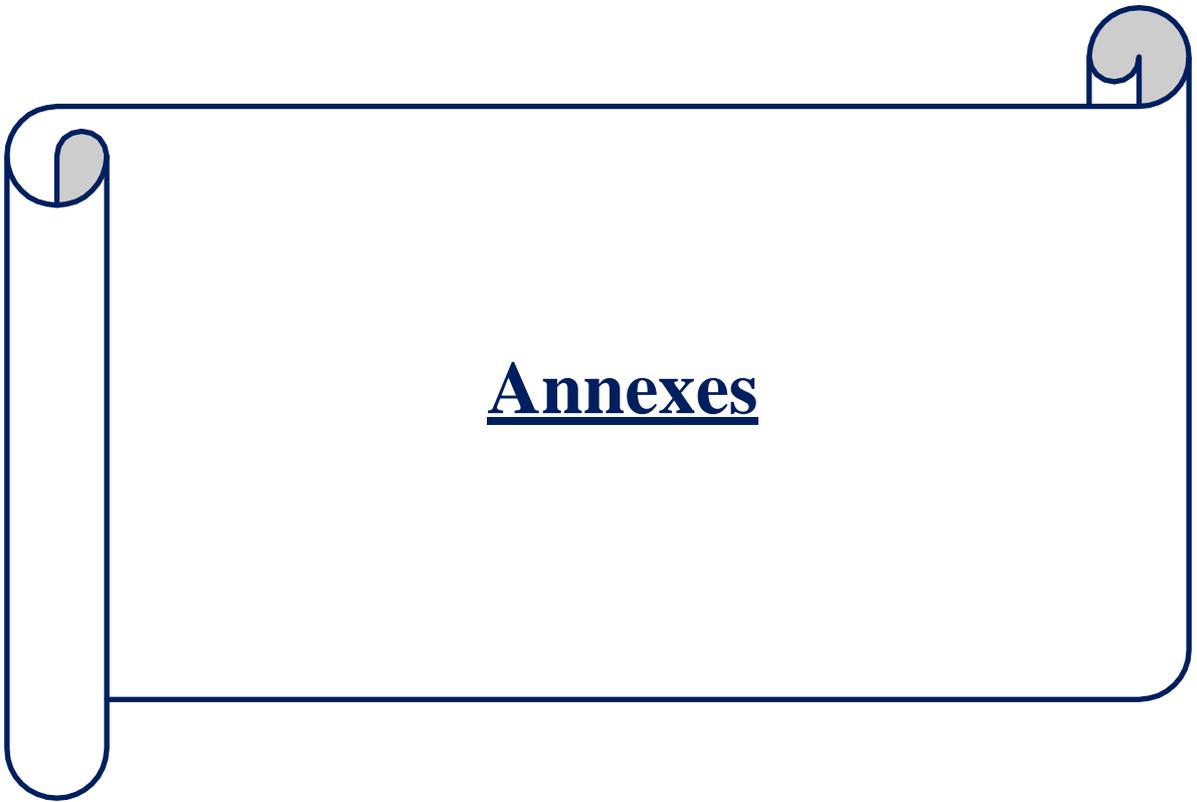
[http://www.guelma.org/francais/index2.php?rub=sejour&srub=promenades&goto=barrage\\_bouhamdane](http://www.guelma.org/francais/index2.php?rub=sejour&srub=promenades&goto=barrage_bouhamdane)

<http://www.inforef.be/projets/eureau/brochure/partie2/document/>

<http://www.plosone.org/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://www.techniques-ingenieur.fr><https://www.nature.com/>



**Annexes**

**Annexe 1 :** Précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (Tizi-Ouzou, Ath Yenni, Ath Ouabane : période : 2012 – 2016, source A.N.R.H ; O.N.M de Tizi-Ouzou).

Stations	Alt	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
<b>Tizi-Ouzou</b>	960	21,12	52,02	93,26	113,2	130,44	168,62	123,84	55,68	56,12	14,14	0,92	4,78	<b>834,14</b>
<b>Ath Ouabane</b>	760	23,38	47,68	102,44	120,04	177,42	137,06	145,8	45,24	57,64	26,4	1,84	7,64	<b>892,58</b>
<b>Ath Yenni</b>	220	45,6	50,23	155,58	176,22	280,98	227,48	223,84	72,92	58,08	28	4,22	14,58	<b>1337,73</b>

**Annexe 2 :** Température moyennes de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (période :2012-2019 ; Source : O.N.M de Tizi-Ouzou).

Année Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>T° moy/ mens en C°</b>	16,03	15,86	19,22	22,71	26,9	31,81	35,93	34,93	31,6	27,81	19,45	17,07
<b>T°moy/mini</b>	6,72	6,58	8,92	11,32	13,87	17,66	21,26	22,21	19,3	15,91	12,32	8,08
<b>T°moy / max</b>	10,62	10,55	13,38	16,27	19,42	24,42	28,17	28,33	24,65	20,90	15,08	11,81

**Annexe 3:** Température de l'eau relevées dans les différentes stations d'Assif Harzoun.

Stations	TK1	TK2	TK3	TK4
<b>Altitude</b>	1300	950	770	300
<b>Température (°C)</b>	9	9	9	15

**Annexe 4:** Température de l'eau relevées dans les différentes stations d'Assif El Djemâa (Assif El Hammam).

Stations	AO	HB	IA
<b>Altitude</b>	940	750	800
<b>Température (°C)</b>	6	7	6

**Annexe 5:** Température de l'eau relevées dans les différentes stations d'Assif Larbâa.

Stations	A1	A2
<b>Altitude</b>	300	200
<b>Température (°C)</b>	18	18

**Annexe 6:** Température de l'eau relevées dans les différentes stations d'Oued Aissi.

Stations	A3
<b>Altitude</b>	140
<b>Température (°C)</b>	18

**Annexe 7 : Moyennes mensuelles des températures de l'air (en °C) et des précipitations (mm) à Tizi-Ouzou (période 2012-2019).**

<b>Mois</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil</b>	<b>Août</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>P(mm)</b>	140,02	129,26	110,77	59,18	43,82	14,31	2,06	4,23	29,05	65,05	123,41	96,25
<b>T (°C)</b>	16,03	15,86	19,22	22,71	26,9	31,81	35,93	34,93	31,6	27,81	19,45	17,07

**Annexe 8: Répertoire faunistique liste des 152 taxons utilisés actuellement.  
( les 38 taxons indicateurs sont soulignés)**

<p><b>INSECTES</b></p> <p>PLÉCOPTÈRES <u>Capniidae</u> <u>Chloroperlidae</u> <u>Leuctridae</u> <u>Nemouridae</u> <u>Perlidae</u> <u>Perlodidae</u> <u>Taeniopterygidae</u></p> <p>TRICHOPTÈRES <u>Beraeidae</u> <u>Brachycentridae</u> Calamoceratidae Ecnomidae <u>Glossosomatidae</u> <u>Goeridae</u> Helicopsychidae <u>Hydropsychidae</u> <u>Hydroptilidae</u> <u>Lepidostomatidae</u> <u>Leptoceridae</u> <u>Limnophilidae</u> Molannidae <u>Odontoceridae</u> <u>Philopotamidae</u> Phryganeidae <u>Polycentropodidae</u> <u>Psychomyidae</u> <u>Rhyacophilidae</u> <u>Sericostomatidae</u> Uenoidae</p> <p>ÉPHÉMÉROPTÈRES Ameletidae <u>Baetidae</u> <u>Caenidae</u> <u>Ephemerellidae</u> <u>Ephemeridae</u> <u>Heptageniidae</u> Isonychiidae <u>Leptophlebiidae</u> Neophemeridae Oligoneuriidae <u>Polymitarcidae</u> <u>Potamanthidae</u> Prosopistomatidae Siphonuridae</p>	<p>HÉTÉROPTÈRES <u>Aphelocheiridae</u> Corixidae Gerridae Hebridae Hydrometridae Naucoridae Nepidae Notonectidae Mesoveliidae Pleidae Veliidae</p> <p>COLÉOPTÈRES Curculionidae Chrysomelidae Dryopidae Dytiscidae <u>Elmidae</u> Gyrinidae Haliplidae Helodidae Helophoridae Hydraenidae Hydrochidae Hydrophilidae Hydrosaphidae Hygrobidae Noteridae Psephenidae Spercheidae</p> <p>DIPTÈRES Anthomyidae Athericidae Blephariceridae Ceratopogonidae Chaoboridae <u>Chironomidae</u> Culicidae Cylindrotomidae Dixidae Dolichopodidae Empididae Ephydriidae Limoniidae Psychodidae Ptychopteridae Rhagionidae</p>	<p>Scatophagidae Sciomyzidae Simuliidae Stratiomyidae Syrphidae Tabanidae Thaumaleidae Tipulidae</p> <p>ODONATES Aeschnidae Calopterygidae Coenagrionidae Cordulegasteridae Corduliidae Gomphidae Lestidae Libellulidae Platycnemididae</p> <p>MÉGALOPTÈRES Sialidae PLANIPENNES Neurorthidae Osmylidae Sysyridae HYMÉNOPTÈRES Agriotypidae LÉPIDOPTÈRES Crambidae</p> <p><b>CRUSTACÉS</b></p> <p>BRANCHIOPODES AMPHIPODES Corophiidae Crangonyctidae <u>Gammaridae</u> Niphargidae Talitridae ISOPODES <u>Asellidae</u> DÉCAPODES Astacidae Atyidae Cambaridae Grapsidae Potamonidae</p>	<p><b><u>MOLLUSQUES</u></b></p> <p>BIVALVES Corbiculidae Dreissenidae Margaritiferidae Sphaeriidae Unionidae GASTÉROPODES Ancylidae Acroloxidae Bithynidae Ferrissiidae Hydrobiidae Lymnaeidae Neritidae Physidae Planorbidae Valvatidae Viviparidae</p> <p><b>VERS</b></p> <p>PLATHELMINTHES TRICLADES Dendrocoelidae Dugesidae Planariidae</p> <p>ANNÉLIDES <u>ACHÈTES</u> Branchiobdellidae Erpobdellidae Glossiphoniidae Hirudidae Piscicolidae <u>OLIGOCHÈTES</u></p> <p>NÉMATHELMINTHES</p> <p><b>HYDRACARIENS</b></p> <p><b>HYDROZOAIRE</b></p> <p><b>SPONGIAIRES</b></p> <p><b>BRYOZOAIRE</b></p> <p><b>NÉMERTIENS</b></p>
--	---	---	--

## RÉSUMÉ

Les résultats d'une étude du peuplement des macros invertébrées benthiques dans les cours d'eau des sous-bassin de l'Oued Aissi sont exposés. Le travail a été mené au niveau de 10 stations échantillonnées entre 140m 1300m d'altitude. Notre inventaire faunistique a permis de recenser un total de 39894 individus appartenant à 13 groupes zoologiques (64 familles, 79 genres).

Cette richesse est maximale dans les stations de montagne qui constituent les zones les plus hétérogènes, tandis que dans les stations de basse altitude, le nombre de taxons diminue considérablement. Cet appauvrissement est attribué aux impacts directs ou indirects des différentes activités humaines.

Les groupes les mieux représentés sont les éphéméroptères avec 39,71% de la faune totale et les Diptères, avec 39,48%. Les autres groupes zoologiques ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

Notre objectif principal, axé sur les données faunistiques d'une part et d'autre part d'évaluer l'état de santé écologique des cours d'eau étudiés, une interprétation des résultats des I.B.G.N et B.M.W.P' permettent d'apprécier la qualité biologique des différents rus.

L'évaluation de l'état de santé écologique des cours d'eau étudiés, basée sur l'analyse des peuplements d'invertébrés benthiques a montré une dégradation des zones aval ; passage de la classe de qualité « excellente » à une classe de qualité « médiocre ».

**Mots clés :** Kabylie, sous-bassin, Oued Aissi, macro invertébrés, benthiques, faunistiques, structure des communautés, bioindication.