

**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***



**En vue de l'obtention du diplôme  
Master en Sciences de la Nature et de la Vie**

**Spécialité : Ecologie Animale**

## ***Thème***

**Etude de la faune benthique de l'assif El-Khemis et  
de l'oued Boubhir (s.s.) et évaluation biologique  
de la qualité de l'eau**

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup> YOUSFI Litycia & M<sup>elle</sup> ZEBICHE Sarah**

**Soutenu devant le jury composé de :**

|                                    |                |              |                     |
|------------------------------------|----------------|--------------|---------------------|
| <b>M<sup>me</sup> HAOUCHINE S.</b> | <b>M. A. A</b> | <b>UMMTO</b> | <b>Présidente</b>   |
| <b>M<sup>me</sup> SEKHI S.</b>     | <b>M. A. A</b> | <b>UMMTO</b> | <b>Promotrice</b>   |
| <b>M<sup>me</sup> LANDRI GH.</b>   | <b>M. A. A</b> | <b>UMMTO</b> | <b>Examinatrice</b> |

**2020-2021**

## **Remerciements**

*Nous remercions dans un premier temps Dieu le tout puissant de nous avoir donné la foi et le courage pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous désirons remercier **M<sup>r</sup> LOUNACI A., Professeur à l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou** pour nous avoir accueillis au laboratoire des écosystèmes aquatiques continentaux.*

*Nous tenons à exprimer toute notre profonde reconnaissance à notre promotrice, **M<sup>me</sup> SEKHI S., Maitre assistante A à l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou** pour nous avoir encadrée, ainsi que pour sa patience, sa disponibilité et surtout ces judicieux conseils et le partage de ces connaissances et expériences dans ce domaine, qui ont contribué à alimenter notre réflexion et améliorer pour le mieux ce mémoire de fin d'étude.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs et personnes, intervenant durant la réalisation de ce travail.*

*A **M<sup>me</sup> HAOUCHINE S., Maitre assistante A à l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou** pour son aide, sa guidance durant notre travail au laboratoire aussi durant notre cursus de master, ainsi que d'avoir accepter d'être présidente de ce jury de soutenance.*

*A **M<sup>me</sup> LANDRI GH., Maitre assistante A à l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou** pour nous avoir accordé son temps et d'avoir accepter de lire et corriger ce mémoire.*

*A **M<sup>r</sup> LAMINE SMAIL., Doctorant à l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou** pour sa présence sur le terrain et pour son aide lors de la pratique au sein du laboratoire.*

## **Dédicaces**

*Avec l'expression de ma reconnaissance, gratitude, et amour...que je dédie ce travail de fin d'étude à ceux qui ont illuminé ma vie, à ceux qui ont guidé mes pas durant toutes ces années d'études, à ceux qui ont lutté et sacrifié pour faire de mes rêves réalité, à ceux pour qui je dois ce travail ;*

### **À mes chers parents :**

*Maman, quoi que je dise je ne saurais jamais te remercier comme il se doit ; pour ton soutien morale, ton affection, ta bienveillance, ta patience, ta compréhension ainsi que tes conseils qui ont toujours ravivé en moi la force et le courage ;*

*Papa, tu m'a toujours soulagé ; je te remercie infiniment pour le soutien surtout financier que tu m'as apporté et ta générosité qui me comble à chaque moment de détresse, je suis reconnaissante pour l'éducation digne que tu m'as offerte et le sens de responsabilité que tu m'as appris. Que ce travail traduit ma gratitude, mon amour et mon respect pour toi et maman.*

*Je dédie, ce travail :*

### **À mes deux sœurs : Melissa et Liliane :**

*Je souhaite que ce travail soit le témoignage de mon amour, mon attachement et ma reconnaissance en vers vous, je vous remercie d'être toujours à mon écoute, pour votre aide et votre présence à mes côtés durant les moments difficiles.*

### **À ma famille :**

*Je remercie mes oncles aussi mes tantes, maternelles et paternelles pour leurs encouragements et amour qu'ils affectionnent pour moi, j'offre ce travail à mes deux grands -mères qui ont toujours priées pour ma réussite.*

### **À ma binôme Sarah :**

*Je te remercie pour les moments de joie qu'on a passé ensemble, pour tes mots encourageants et ton amour.*

**Litycia**

## ***Dédicaces***

***A ceux qui m'ont tout donné sans rien de retour***

***A mes chers parents, pour leur amour et leurs encouragements***

***A ma famille***

***A ceux qui m'ont encouragée et soutenue dans mes moments les plus  
difficiles***

***Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde  
reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi***

***A ma binôme Litycia pour son soutien et pour tous les bons moments  
passés ensemble et à toutes sa famille***

***Sarah***

The benthic macroinvertebrates collected in the assif El- Khemis and the oued Boubhir are divided into 12 zoological groups, 34 families and 40 genera. They are collected in 6 stations staggered between 1290 and 190 m altitude.

On the qualitative level, the most abundant groups in the stations studied are the Diptera with 10 families followed by the Coleoptera with 6 families, followed by the Plécoptàra with 5 families. The other orders are less diversified.

Numerically, the size of the benthic population shows the dominance of Diptera and Ephemeroptera. They respectively represent 19,495 individuals and 18,905 individuals of the total fauna. These two zoological groups cover 80% of the listed fauna.

The study of the structure of the stand by the various indices: taxonomic richness, index of diversity and equity to reveal a fluctuation in taxonomic diversity as well as an imbalance in the distribution of taxa in the alticultural station II.

The mesological structure is analyzed by principal component analysis (PCA) based on the ascending hierarchical classification (CAH), which revealed a gradual distribution from upstream to downstream.

The standardized global biological index (IBGN) carried out in the stations studied, to show a heterogeneous distribution from upstream to downstream of the hydrobiological quality. She goes from good to poor.

❖ **Key words:** benthos, stand structure, mesological structure and Normalized Global Biological Index (IBGN).

Les macro-invertébrés benthiques récoltés dans l'assif El-Khemis et l'oued Boubhir (s.s.) sont répartis en 12 groupes zoologiques, 34 familles et 40 genres. Ils sont récoltés dans 6 stations échelonnées entre 1290 et 190 m d'altitude.

Sur le plan qualitatif, les groupes les plus abondants dans les stations étudiées sont les Diptères avec 10 familles, suivis par les Coléoptères avec 6 familles, viennent ensuite les Plécoptères avec 5 familles. Les autres ordres sont moins diversifiés.

Sur le plan numérique, l'effectif du peuplement benthique à montrer la dominance des Diptères et des Ephéméroptères. Ils représentent respectivement 19495 soit 40.06 % individus et 18905 individus, soit 38.7% de la faune totale. Ces deux groupes zoologiques couvrent 80% de la faune récoltée.

L'étude de la structure du peuplement par les différents indices : la richesse taxonomique, indice de diversité et d'équitabilité à dévoiler une fluctuation dans la diversité taxonomique ainsi qu'un déséquilibre dans l'équirépartition des taxons dans la station la plus alticole II.

La structure mésologique est analysée par l'analyse en composante principale (ACP) basée sur la classification ascendante hiérarchique (CAH), qui ont révélées une distribution graduelle de l'amont vers l'aval.

L'indice biologique global normalisé (IBGN) réalisé dans les stations étudiées, à montrer une distribution hétérogène de l'amont vers l'aval de la qualité hydrobiologique. Elle passe de bonne à médiocre.

❖ **Mots clés :** benthos, structure du peuplement, structure mésologique et indice biologique global normalisé (IBGN).

# Sommaire

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction .....</b>                                               | <b>1</b>  |
| <br><b>Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude</b> |           |
| <b>1. La situation géographique .....</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>2. La géologie .....</b>                                             | <b>5</b>  |
| <b>3. La climatologie.....</b>                                          | <b>5</b>  |
| 3.1. Les Précipitations .....                                           | 6         |
| 3.2. La Température de l'air.....                                       | 7         |
| <b>4. Le couvert végétal.....</b>                                       | <b>8</b>  |
| <b>5. Les perturbations anthropiques.....</b>                           | <b>9</b>  |
| <br><b>Chapitre II : Sites et méthodes d'étude</b>                      |           |
| <b>1. La description des cours d'eaux et des stations d'étude .....</b> | <b>11</b> |
| 1.1. Assif El Khemis .....                                              | 13        |
| 1.2. Oued Boubhir .....                                                 | 15        |
| <b>2. Les caractéristiques physiques des stations .....</b>             | <b>17</b> |
| 2.1. La pente .....                                                     | 17        |
| 2.2. Le débit.....                                                      | 17        |
| 2.3. Le substrat .....                                                  | 18        |
| 2.3. La vitesse du courant.....                                         | 19        |
| 2.4. La température de l'eau .....                                      | 20        |
| <b>3. Matériels et méthodes d'étude de la faune benthique.....</b>      | <b>21</b> |
| 3.1 Technique d'échantillonnage .....                                   | 21        |
| 3.2 Conservation des échantillons .....                                 | 22        |
| 3.3 Tri et détermination .....                                          | 22        |
| <b>4. Méthode d'analyse de la structure du peuplement .....</b>         | <b>22</b> |
| <b>5. Logiciels de calcul.....</b>                                      | <b>26</b> |
| <br><b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>                       |           |
| <b>1. Analyse globale de la faune .....</b>                             | <b>27</b> |
| 1.1 L'abondance de la faune benthique.....                              | 30        |
| 1.2 La richesse taxonomique .....                                       | 31        |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.3 L'occurrence et abondance des taxons.....                            | 33        |
| <b>2. Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique.....</b> | <b>35</b> |
| • Les Diptères .....                                                     | 35        |
| • Les Coléoptères .....                                                  | 36        |
| • Les Plécoptères .....                                                  | 38        |
| • Les Trichoptères .....                                                 | 40        |
| • Les Ephéméroptères.....                                                | 41        |
| • Les Oligochètes .....                                                  | 43        |
| • Les Hydracarien.....                                                   | 44        |
| • Les autres groupes faunistique.....                                    | 44        |
| <b>3. Etude de la diversité.....</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>4. Structure mésologique .....</b>                                    | <b>47</b> |
| <b>5- Appréciation globale de la qualité de l'eau.....</b>               | <b>52</b> |
| <b>5.1 Approche générale.....</b>                                        | <b>52</b> |
| 5.1.1 Objectifs .....                                                    | 53        |
| 5.1.2 Les avantages et les limites de la méthode.....                    | 53        |
| 5.1.3 Répertoire des organismes retenus .....                            | 54        |
| <b>5.2 Calcule de l'IBGN .....</b>                                       | <b>54</b> |
| 5.2.1 Appréciation de la qualité de l'eau.....                           | 56        |
| 5.2.2 Analyse des résultats .....                                        | 57        |
| 5.2.3 Discussion .....                                                   | 58        |
| <b>Conclusion.....</b>                                                   | <b>61</b> |
| <b>Références bibliographiques</b>                                       |           |
| <b>Annexes</b>                                                           |           |

## Liste des figures

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1 :</b> Situation géographique de la région d'étude .....                                                                                                                  | 4  |
| <b>Figure 2 :</b> Précipitation moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (période 1994-2014) .....                                                     | 7  |
| <b>Figure 3 :</b> Températures moyennes de l'air en (°C) (mensuelles, minimale, maximale) de la région de Tizi-Ouzou durant la période (2012-2020) (source O.N.M de Tizi-Ouzou)..... | 8  |
| <b>Figure 4 :</b> Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.....                                                                                                      | 12 |
| <b>Figure 5 :</b> Températures moyennes de l'eau .....                                                                                                                               | 21 |
| <b>Figure 6 :</b> Abondance relative des groupes faunistiques récoltés .....                                                                                                         | 28 |
| <b>Figure 7:</b> Abondance de la faune benthique dans les stations étudiées.....                                                                                                     | 31 |
| <b>Figure 8 :</b> Richesse taxonomique des stations d'étude.....                                                                                                                     | 32 |
| <b>Figure 9 :</b> Abondance relative des taxons .....                                                                                                                                | 34 |
| <b>Figure 10 :</b> Occurrence relative des taxons .....                                                                                                                              | 34 |
| <b>Figure 11 :</b> Abondance relative des Diptères récoltés.....                                                                                                                     | 35 |
| <b>Figure 12 :</b> Distribution des Diptères dans les stations d'étude .....                                                                                                         | 36 |
| <b>Figure 13 :</b> Abondance relative des Coléoptère dans les stations d'étude .....                                                                                                 | 37 |
| <b>Figure 14 :</b> Distribution des Coléoptères dans les stations d'étude.....                                                                                                       | 38 |
| <b>Figure 15 :</b> Abondance relative des Plécoptères récoltés.....                                                                                                                  | 39 |
| <b>Figure 16 :</b> Répartition des Plécoptères dans les stations d'étude .....                                                                                                       | 40 |
| <b>Figure 17 :</b> Abondance relative des Trichoptères recensés .....                                                                                                                | 40 |
| <b>Figure 18 :</b> Répartition des Trichoptères dans les stations d'étude.....                                                                                                       | 41 |
| <b>Figure 19 :</b> Abondance relative des Ephéméroptères étudiés .....                                                                                                               | 42 |
| <b>Figure 20 :</b> Répartition des Ephéméroptères dans les stations d'étude .....                                                                                                    | 43 |
| <b>Figure 21 :</b> Abondance relative des Oligochètes.....                                                                                                                           | 43 |
| <b>Figure 22 :</b> Répartition des Oligochètes dans les stations d'étude.....                                                                                                        | 44 |
| <b>Figure 23 :</b> Evolution des indices H' et E dans les stations étudiées .....                                                                                                    | 46 |
| <b>Figure 24 :</b> Dendrogramme de la distribution des paramètres environnementaux .....                                                                                             | 48 |
| <b>Figure 25 :</b> Analyse en composante principale des paramètres environnementaux dans le plan factoriel F1-F2.....                                                                | 49 |
| <b>Figure 26 :</b> Dendrogramme de la distribution des stations .....                                                                                                                | 50 |
| <b>Figure 27 :</b> Distribution spatiale des stations .....                                                                                                                          | 51 |
| <b>Figure 28 :</b> Réseau hydrographique étudié et la qualité hydrobiologique des stations .....                                                                                     | 59 |
| <b>Figure 29 (A, B, C, D) :</b> Analyse hydrobiologique sur les 06 stations d'étude .....                                                                                            | 60 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau I :</b> Altitude (m), et pente (%).....                                                                                              | 17 |
| <b>Tableau II:</b> Nature du substrat dans les stations étudiées .....                                                                          | 18 |
| <b>Tableau III:</b> Vitesse du courant enregistré aux stations d'étude .....                                                                    | 19 |
| <b>Tableau IV :</b> Nombre de Familles et de Genres par groupes taxonomiques .....                                                              | 27 |
| <b>Tableau V :</b> Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude .....                                                            | 29 |
| <b>Tableau VI :</b> Abondance de la faune benthique des stations .....                                                                          | 30 |
| <b>Tableau VII :</b> Richesse taxonomique des stations d'étude .....                                                                            | 31 |
| <b>Tableau VIII :</b> Valeur des indices : « SHANNON et WEAVER » et « d'Equitabilité » de chaque station étudiée .....                          | 45 |
| <b>Tableau IX :</b> Caractéristiques environnementales des 06 stations.....                                                                     | 47 |
| <b>Tableau X :</b> Matrice de corrélation entre variables environnementales.....                                                                | 48 |
| <b>Tableau XI :</b> Valeurs de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (extrait de la Norme AFNORT 90-350.1992) ..... | 55 |
| <b>Tableau XII:</b> Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (NORM AFNOR T- 90-350).....                                            | 56 |
| <b>Tableau XIII :</b> Qualité hydrobiologique des stations étudiées .....                                                                       | 57 |

## Liste des photos

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| <b>Photo 1:</b> Station IL.....                                | 13 |
| <b>Photo 2:</b> Station IL .....                               | 14 |
| <b>Photo 3:</b> Station KH1 .....                              | 14 |
| <b>Photo 4:</b> Station KH2 .....                              | 15 |
| <b>Photo 5:</b> Station B1.....                                | 16 |
| <b>Photo 6:</b> Station B2.....                                | 16 |
| <b>Photo 7:</b> Station IL avant et après l'urbanisation ..... | 32 |

# **Introduction générale**

Les milieux d'eau douce couvrent moins de 1% de la surface terrestre, pourtant ils constituent l'un des fondements de la vie sur terre. Contribuant au développement social et économique des états d'une part, et jouant des rôles essentiels dans le fonctionnement des organismes, dans la conservation de l'information biologique et dans le cycle de matière organique d'une autre part.

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes (DYNISIUS & NILSSON, 1994). Ils abritent une diversité biologique importante tant animale que végétale, comptant plus de 126000 espèces animales et près de 2600 plantes macrophytes (DARWALL et *al.*, 2008).

Malheureusement, ces réservoirs naturels sont reconnus par la communauté scientifique comme étant gravement menacés au niveau global (REVENGA & KURA, 2003), et qu'à travers le monde entier, les hydro-systèmes sont plus au moins modifiés par les activités humaines (EVERARD & POWELL, 2002).

En effet, les ressources hydriques sont devenues une denrée de moins en moins accessibles dans plusieurs régions du monde, et continuent de baisser de puis les 50 dernières années (REMINI, 2005). Les impacts sont beaucoup plus profonds, traduits par des changements dans la composition chimique, physique des eaux avec des extinctions massives de biodiversité benthique.

Les études faunistiques (invertébrés benthiques), et écologiques (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels.

Les macroinvertébrés sont de bons bioindicateurs en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat, et reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements dans leur environnement.

Les travaux réalisés sur la macrofaune benthique en Kabylie sont nombreux, parmi eux : LOUNACI (1987) sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande-Kabylie); LOUNACI- DAOUDI (1996) sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes du réseau hydrographique du Sébaou; LOUNACI et *al.* (2000a, 2000b) sur les macroinvertébrés benthiques du bassin de l'oued Sébaou; MEBARKI (2001) sur les milieux lotiques montagnards du Djurdjura; LOUNACI (2005) sur les macroinvertébrés benthiques de la Kabylie du Djurdjura; MOUBAYED-BREIL et *al.* (2007) sur les Diptères Chironomides de Kabylie; HAOUCHINE (2011) sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de la Kabylie; SAIKI & LAZIZI (2015) sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés benthiques de deux affluents du sous bassin versant de l'Oued Boubhir; ZAIDAT (2015) sur l'étude hydrobiologique de l'Assif El-Khemis et du moyen Sebaou : faunistique écologie et évaluation de la qualité de l'eau; BELKACEM &

CAHBANE CHAOUCHE (2016) sur l'étude de la faune trichoptérologique du sous bassin versant de l'oued Boubhir et du moyen Sébaou; SEKHI et *al.* (2016) sur les Trichoptères de Grande-Kabylie; ALLILAT & ALIOUANE (2017) sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés de l'Assif El-Khemis et du Moyen Sébaou; MERROUKI & OUNNAR (2020) sur la contribution à l'étude faunistique et écologique des Trichoptères des cours d'eau d'assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s.) et LAMINE et *al.* (2021) sur les Ephéméroptères, Plécoptères, Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura.

Le présent travail consiste en une étude hydrobiologique de l'assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s.). Il a pour objectif d'une part, de dresser une liste d'invertébrés benthiques et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune et d'autre part, d'évaluer la qualité hydrobiologique de l'eau et du milieu par la méthode de l'IBGN.

L'ensemble du présent travail se compose de trois chapitres :

- Le premier résume les principales caractéristiques physiques et environnementales de la région d'étude : géographie, géologie, climatologie, végétation et impact anthropiques.
- Le second concerne la description des sites d'étude, les méthodes et les techniques d'échantillonnages ainsi que les indices d'analyses appliquées.
- Le troisième est consacré à l'étude des macroinvertébrés benthiques et à l'évaluation de la qualité de l'eau par la méthode de l'indice biologique global normalisé (IBGN).

**Chapitre I**  
**Caractéristiques générales**  
**de la région d'étude**

## **1-La situation géographique de la région d'étude**

La région concernée par notre étude est la Kabylie du Djurdjura qui est localisée dans le centre Nord de l'Algérie à une centaine de kilomètre à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen.

Le Djurdjura représente la plus grande chaîne montagneuse de la Kabylie avec des sommets dépassant les 2000 m d'altitude et s'étend selon une direction Est-Ouest, ces barrières naturelles commencent depuis les sommets du massif principalement Tala Guilef, Tikjeda, Tizi N Kouilal et le col de Tirourda jusque dans les piémonts et plaines de Tizi-Ouzou (vallée du Sébaou).

Le Sébaou, principal cours d'eau de la Grande-Kabylie, coule entre la chaîne côtière et le massif du Djurdjura. Il est délimité (figure 1) :

-  au Nord, par la ligne de crête de la chaîne littorale ;
-  au Sud, par le flanc Nord de la chaîne calcaire du Djurdjura ;
-  à l'Est, par le massif forestier de l'Akfadou ;
-  et à l'Ouest, par le massif cristallophyllien de Sidi Ali Bounab et les piémonts de la rive gauche de la basse vallée du Sébaou.

Dans l'impossibilité d'étudier tout le chevelu hydrographique du sous bassin versant de l'oued Boubhir, qui draine les écoulements en provenance de la dorsale orientale du Djurdjura (col de Tirourda) et du massif de l'Akfadou (col de l'Akfadou et de Chellata), notre intérêt s'est porté sur l'un de ses principaux affluent à savoir assif El-Khemis et sur l'oued Boubhir (s.s.).

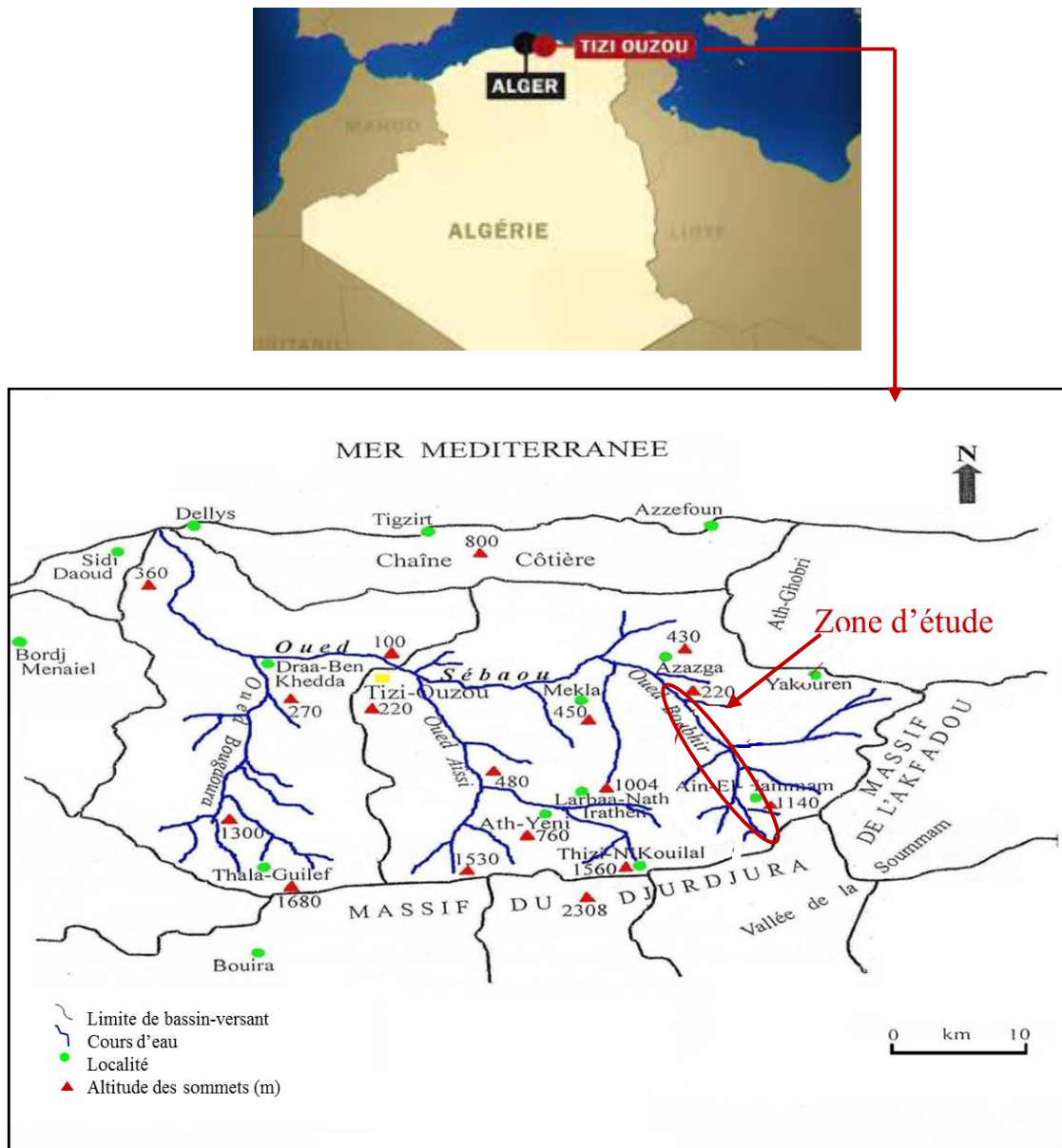


**Figure 1 :** Situation géographique de la région d'étude.

## 2- Le cadre géologique de la région d'étude

Sur le plan géologique, la Kabylie du Djurdjura présente une structure très complexe. Parmi les auteurs qui ont travaillé sur la stratigraphie, la tectonique, l'orogénèse et ont donné des subdivisions variantes de la structure géologique de la région nous citons FLANDRIN (1952), THIBAUT (1952); RAYMOUND (1976); COUTELLE (1979); GELARD (1979); NAAK (1988) et ABDESSELAM (1995).

Les unités morphostructurelles rencontrées en Kabylie se réfèrent :

- ✚ **à la dorsale du Djurdjura** : elle est constituée essentiellement de terrains calcaires, d'âges Liasique et Eocène qui favorisent le phénomène de Karstification et le développement d'importants aquifères.
- ✚ **au socle kabyle** : il est constitué de formations cristallophylliennes d'origine métamorphique et magmatique (Phyllades, Schistes, Gneiss). Il favorise les écoulements superficiels des eaux vers les principaux affluents de l'oued Sébaou.
- ✚ **au Miocène** : il est constitué principalement de marnes et d'argiles, soit au contact du socle Kabyle, soit à celui de la formation du quaternaire (YAKOUB, 1985). Il occupe le cours inférieur des oueds Boghni et Bougdoura.
- ✚ **et au Quaternaire** : il est bien représenté dans la dépression de Mechtras et tout au long des oueds Boghni et Bougdoura. Il se compose d'un matériel hétérogène : grossier en amont (galets, graviers, sables) et fin en aval (sables fins, vase, et limons) et peut former des nappes alluviales suite aux importantes accumulations.

## 3-La climatologie

DOUGET (1997), définit le climat comme étant un ensemble fluctuant de phénomènes météorologiques qui caractérisent principalement l'atmosphère d'un lieu donné et dont l'action complexe influence le comportement des êtres vivants.

Selon SELTZER (1946), l'Algérie est caractérisé par une influence marine au Nord et une tendance continentale sub-désertique provenant du Sud .

De par sa situation géographique, la Kabylie bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par un été chaud et sec, un hiver très frais et humide. Les précipitations sont torrentielles et irrégulières (ABDESSELAM, 1995).

### **3.1 Les précipitations**

Les précipitations conditionnent les climats terrestres, la nature des écosystèmes leur fonctionnement ainsi que le développement des sociétés humaines. D'après GUYOT (1999), le volume pluviométrique, son intensité et sa fréquence varient selon les lieux et le temps.

Plusieurs auteurs dont SELTZER (1946), précisent que les précipitations en Algérie sont conditionnées par les facteurs géologiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. Le volume pluviométrique dépend de la direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides (COTE, 1974 et KADIK, 1987).

Le massif montagneux du Djurdjura reçoit des quantités importantes de précipitations vu les hauteurs de ses sommets, son exposition Est-Ouest et sa proximité relative à la mer. Les précipitations sont élevées dans le Djurdjura dont l'altitude est supérieure à 1000 m et les quantités varient entre 1500 à 2000 mm/an (DERRIDJ, 1990 et ABDESSELAM, 1995).

Les précipitations moyennes mensuelles en (mm) de certaines localités environnantes de la région d'étude (Tizi-Ouzou, Boubhir et Azazga) pour la période 1994-2014 nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Tizi-Ouzou (annexe I et figure 2).

La lecture de la figure 2 montre que, les précipitations les plus importantes s'observent de novembre à avril avec deux pics :

- ✚ le premier pic est observé en décembre et en janvier avec respectivement 162 mm et 158,8 mm ;

- ✚ le second pic est moins important est observé au mois d'avril avec 116,3 mm.

Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre les valeurs de l'ordre de 4,03 mm en juillet et 7,9 mm en août puis reprennent en septembre.

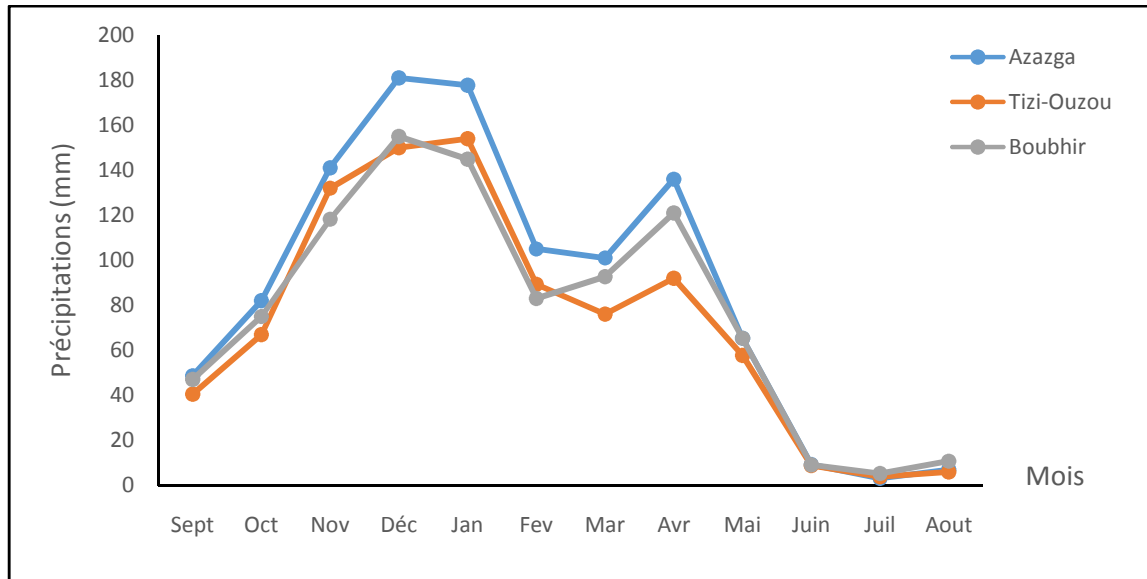


**Figure 2 :** Précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la région d'étude (période 1994-2014).

### 3.2 La température de l'air

La température de l'air possède des normes optimales à la croissance des êtres vivants dans leurs différents compartiments. Néanmoins, elle est considérée comme un facteur limitant à la vie lorsque ses seuils extrêmes sont atteints.

La température atmosphérique influence sur la vie des organismes aquatiques de façon directe (ANGELIER, 2000). Elle contrôle la respiration et la photosynthèse. Ces fluctuations latitudinale, altitudinale et saisonnières conditionnent la répartition des organismes benthiques.

l'annexe II et III illustrées par la figure 3 indiquent les valeurs de températures moyennes mensuelles, minimales, maximales enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période (2012-2020) fournies par l'Office Nationale de la Météorologie (O.N.M de Tizi-Ouzou).

Les moyennes annuelles des températures varient d'une année à une autre. La moyenne interannuelle enregistrée à Tizi-Ouzou est de 19,16°C.

La figure 3 montre que les mois les plus chauds sont juillet et août, leurs températures moyennes enregistrées sont respectivement de 28,24°C et 28,32°C, leurs maxima atteignent 36,08°C et 35,11°C.

Les mois de décembre, janvier et février sont les mois les plus froids avec des températures moyennes citées respectivement 11,85°C, 10,64°C et 10,84°C et des minima de 8,18°C, 6,73°C et 6,73°C.

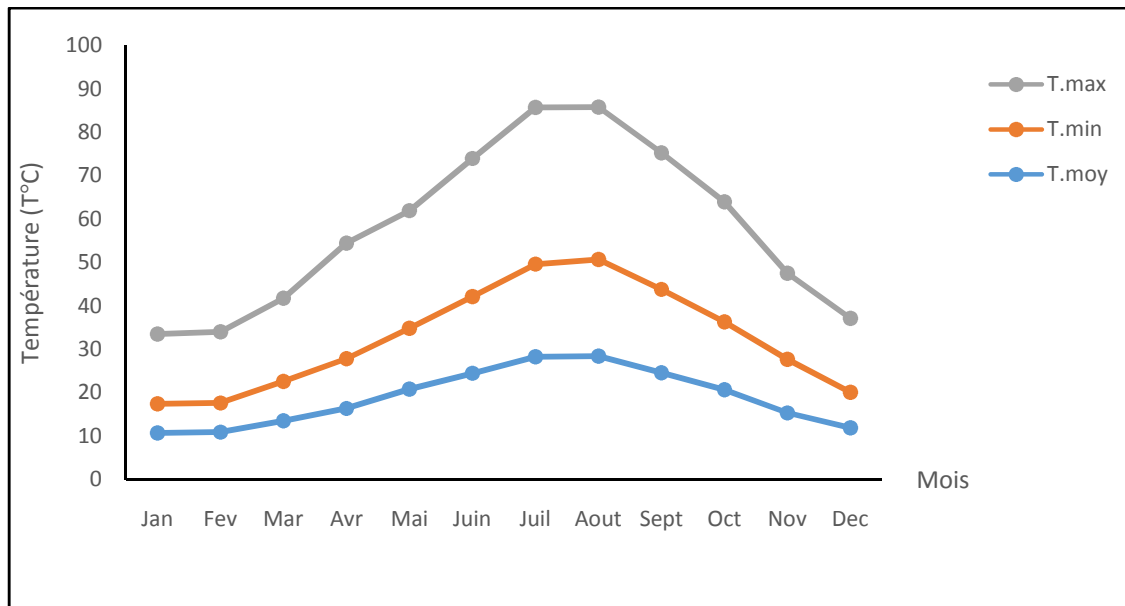


**Figure 3 :** Températures moyennes ( mensuelles, minimales, maximales) de la region de Tizi-Ouzou durant la periode (2012-2020) (source O.N.M de Tizi-Ouzou).

#### 4-Le couvert végétal

La végétation est un facteur environnemental très important. Elle affecte le ruissellement et peut intervenir contre l'érosion hydrique de surface en empêchant l'ablation du substrat et en améliorant la sédimentation en retenant les sédiments érodés plus à l'amont. De plus la végétation constitue une importante ressource en matière organique.

La résistance à l'écoulement augmente à mesure que la végétation est plus dense, et elle joue un rôle important dans la répartition de la faune benthique.

Selon MESSAOUDEN et *al.* (2007), la Kabylie possède une couverture végétale très dense. Cependant, le contraste topographique et l'action humaine, ont laissé leurs empreintes sur le paysage végétal très fragmenté qui se présente sous forme de mosaïques assez complexes.

Le couvert végétal varie en fonction de l'altitude et l'exposition des versants. Dans notre zone d'étude la végétation se présente comme suit :

- **aux hautes altitudes (supérieur à 1100 m) :** la végétation est constituée essentiellement de pelouses écorchées à xérophytes épineux en quelques endroits (*Astragalus armatus*, *Bupleurum spinosum*), issues de la dégradation de la cédraie et quelques pieds de cèdres épars (*Cedrus atlantica*).
- **aux altitudes inférieures à 1100 m (entre 900 et 1500 m) en aval :** la végétation est représentée principalement par le chêne vert (*Quercus rotundifolia*), le cèdre, le frêne (*Fraxinus* sp.) et quelques pieds d'érables (*Acer* sp.).

- **entre 600 et 800 m d'altitude** : on retrouve des oliviers (*Olea europea*) et le figuier (*Ficus carica*).
- **entre 300 et 500 m** : la couche d'arbre (la strate arborée) y prédomine, et elle est principalement composée d'olivier (*Olea europea*).
- **en plaines** : les formations végétales sont principalement des verges (orangers, pommiers, poiriers, figuiers,...), qui contribuent à la dégradation de ces formations végétales naturelles dans la vallée du Sébaou et les cultures maraîchères.

Aux bords des cours d'eau, on trouve (végétation bourdante) :

- **aux altitudes supérieures à 500 m** : la végétation est constituée essentiellement par l'aulne (*Alnus glutinosa*), le merisier (*Cerasus avium*), le figuier (*Ficus carica*), le pistachier (*Pistacia lentiscus*), le mucocolier (*Celtis anstralis*), le dys (*Ampelodesma mauritanica*), et de nombreuses lianes.
- **aux altitudes inférieures à 500 m** : la végétation est composée par le peuplier noir (*Populus nigra*), le peuplier blanc (*Populus alba*), le laurier rose (*Nerium oleander*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le tamaris (*Tamarix* sp.), le roseau (*Arundo donax*), l'eucalyptus et par en droit des épineux (genêts, ronces...).

La végétation aquatique : est caractérisée par les mousses essentiellement dans les parties supérieures des cours d'eau et par les algues filamenteuses, les macrophytes et des plantes en racinées dans les basses altitudes.

## 5- Les perturbations anthropiques

La Kabylie du Djurdjura est considérée depuis longtemps comme une importante réserve d'eau de qualité (ABDESSELAM, 1995). Selon cet auteur ces sources constituent une référence hydrologique vue leur fraîcheur et leur bon état. Aujourd'hui, ces milieux aquatiques continentaux subissent une forte pression. Ils sont sujets à de grands déséquilibres écologiques et modifications défavorables liées à l'explosion démographique et au développement de plusieurs secteurs : industriels, agricoles et urbanisations.

Dans le réseau hydrographique étudié, plusieurs types de pollutions ont été rencontrées, leur intensité et leur origines varient d'un tronçon à un autre tout au long du cours d'eau en fonction des degrés d'expositions de chaque point aux populations humaines.

Dans la partie amont, le pompage d'eau pour l'irrigation et la construction urbaine sur les zones riveraines, sont les principales perturbations qui menacent les ruisseaux, elles induisent à de profondes altérations des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de ceux-ci.

En allant plus vers l'aval, différentes pollutions se sont démarquées :

- **Pollutions urbaines :** dues aux rejets d'eau domestiques contaminée par les substances chimiques, tels les détergents, induisant à l'apparition des mousses sur la surface des eaux, le pâturage en est une autre cause de cette pollution. Il détruit la végétation riveraine et favorise le phénomène de l'érosion et de la pollution organique de l'eau par les fèces et autres débris organiques.

Ajoutant à cela les décharges publiques constituées de dépôts anarchiques et abondants de déchets urbains biodégradables et non biodégradables.

- **Pollution agricoles :** cette altération s'accroît depuis que les agriculteurs utilisent les fertilisants, les engrais chimiques, les herbicides et les pesticides pour améliorer leurs rendements. Le lessivage de ces substances par les précipitations provoque une contamination accompagnée d'une dégradation de la qualité des eaux de surfaces et des eaux souterraines.
- **Pollutions avicoles :** l'aviculture nécessite de grandes quantités d'eau, mais représente également une source de pollution par l'Azote et autres substances chimiques favorisant ainsi le développement d'algues, la pullulation microbienne dans les fonds des cours d'eau (Eutrophisation), réduisant la transparence des eaux et augmentant leurs turbidités.
- **Pollutions physiques :** représentées par l'extraction du sable et de la granulométrie qui constituent le lit du cours d'eau, induisant à une déstabilisation du lit et destruction d'habitat (diminution de niches écologiques), limitant ainsi l'aptitude du milieu à abriter une faune diversifiée.

## **Chapitre II**

### **Sites et méthodes d'étude**

Ce chapitre constitue une description des cours d'eau étudiés, ainsi qu'une présentation globale du contexte environnemental et des méthodes de récoltes et d'analyses employées.

### Démarche générale

Notre objectif est l'établissement de listes faunistiques d'invertébrés benthiques et de chercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune ainsi que l'évaluation biologique de l'hydrosystème étudiée par la méthode de l'IBGN.

## **1-Description des cours d'eau et des stations d'étude**

Dans le cadre de ce travail, notre intérêt s'est porté sur l'un des principaux affluents de l'oued Boubhir, qui draine des écoulements en provenance de la dorsale orientale de Djurdjura à savoir assif El-Khemis et l'oued Boubhir (s.s.).

Parmi les stations prospectées, six ont été retenues le long du réseau hydrographique étudié. Le choix des stations a été effectué en tenant compte plus particulièrement de certains paramètres tels que l'altitude, la pente, la distance à la source, amont et aval des agglomérations, le recouvrement, l'accessibilité et la sécurité de l'endroit.

Une campagne de prélèvement a été réalisée le 23 avril 2021. Les stations retenues sont indiquées par des carrés sur la figure 4. Pour chaque station étudiée, nous indiquons :

- la localité la plus proche ;
- l'altitude ;
- la pente ;
- la largeur du lit ;
- la profondeur de la lame d'eau ;
- la vitesse du courant ;
- la nature du substrat ;
- la température de l'eau ;
- la végétation aquatique ;
- l'action anthropique lorsqu'il en a.

Les stations retenues se répartissent comme suit :

- 4 sur assif El-Khemis : II, IL, KH1 et KH2 ;
- 2 sur assif Boubhir (s.s.) : B1 et B2.

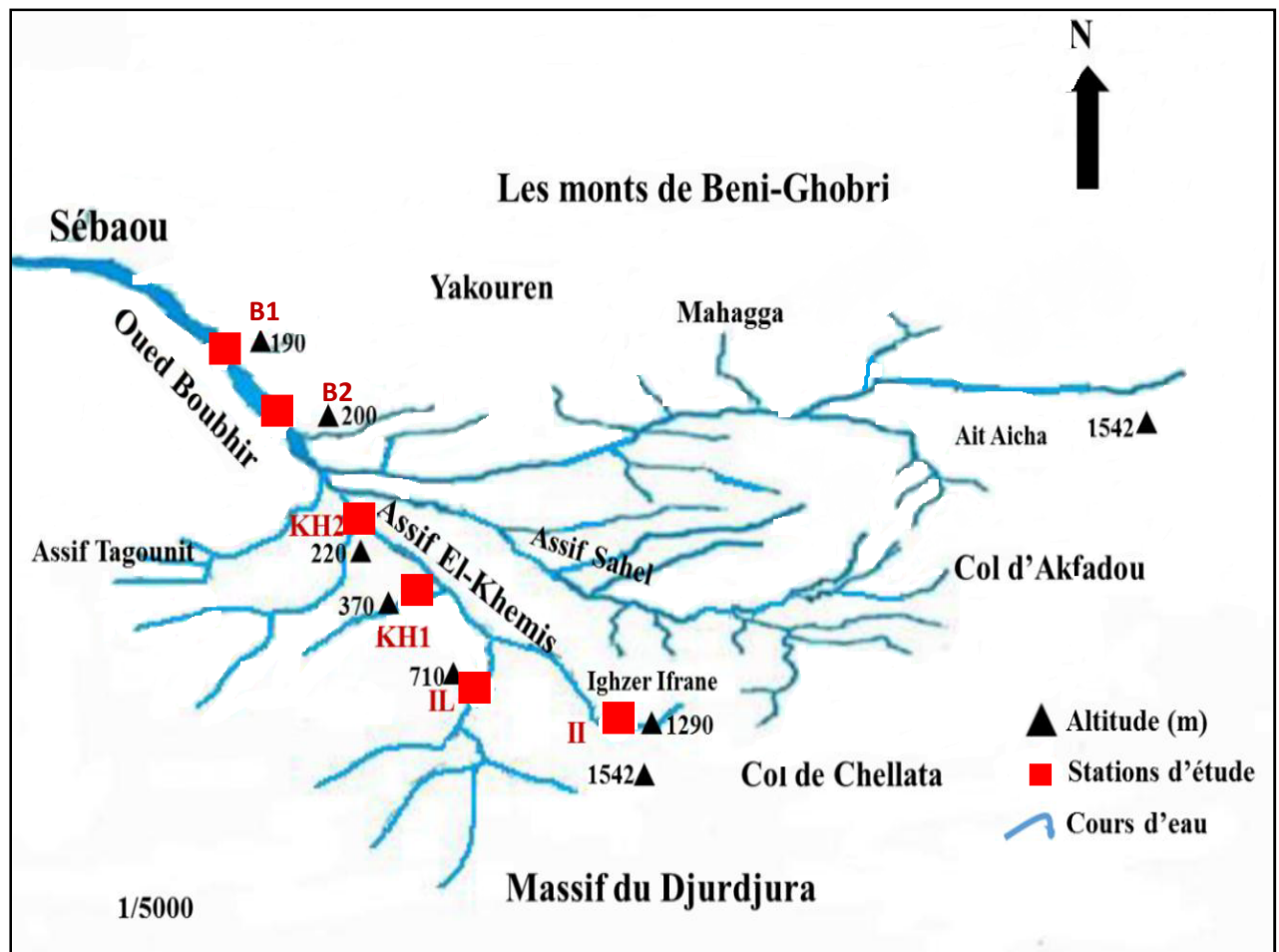


**Figure 4 :** Réseau hydrographique et emplacement des stations d'étude.

**1.1 Assif El-Khemis**

Ce cours d'eau prend naissance à 1756 m d'altitude à partir des sources et des ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte des neiges du col de Chellata. Assif El Khemis suit une direction SSE-NNW. Il coule sur une distance de 12 km environ avant de rejoindre assif Sahel et assif Ousserdoun pour former l'oued de Boubhir.

Quatre stations sont retenues : II, IL, KH1 et KH2.

 **Station II** (photo 1)

Torrent de montagne localisé à Ighzer Ifrane à 500 m en aval de la source au lieu- dit « Tizibert » au col de chellata.

**Altitude :** 1290 m ;

**Pente :** 30 % ;

**Profondeur :** 15 cm ;

**Largeur du lit mineur :** 1 m ;

**Vitesse du courant :** lente ;

**Température de l'eau :** 7°C ;

**Substrat :** dalles, gros galets et blocs ;

**Végétation bordante :** dominance de la strate herbacée ;

**Végétation aquatique :** mousses et macrophytes.



**Photo 1:** station II

 **Station IL** (photo 2)

Torrent de montagne de dimension réduite, nommé Ighzer Laarbi, situé à 2 km en aval de la source au col de Chellata (environ 1,5 km du village Ath Lahcen). Cette station est complètement altérée suite à la construction observée sur sa rive droite.

**Altitude :** 710 m ;

**Pente :** 14 % ;

**Profondeur :** 20 cm ;

**Largeur du lit mineur :** 1,50 m ;

**Vitesse du courant :** moyenne ;

**Température de l'eau :** 9°C ;

**Substrat :** blocs, gros galets, sable, limon et débris végétaux ;

**Végétation bordante:** strates arborescente, arbustive et herbacée ;

**Végétation aquatique :** mousses et macrophytes ;

**Recouvrement :** 30 % ;

**Action anthropique :** pompage de l'eau, pâturage modeste et l'urbanisation.



**Photo 2 :** station IL

 **Station KH1** (photo 3)

Elle est située à 200 m avant la confluence d'oued Hallil avec assif El-Khemis.

**Altitude :** 370 m ;

**Pente :** 3 % ;

**Profondeur :** 25 cm ;

**Largeur du lit mineur :** 5 m ;

**Vitesse du courant :** rapide ;

**Température de l'eau :** 12°C ;

**Substrat :** gros galets, sable et limon, matière organique et débris végétaux ;

**Végétation bordante :** strates arborescente, arbustive et herbacée ;

**Végétation aquatique :** algues filamenteuses et un peu de macrophytes ;

**Recouvrement :** 60% ;

**Action anthropique:** pompage d'eau important pour l'irrigation, rejets en amont d'un poulailler ainsi que les eaux usées des villages avoisinants.



**Photo 3 :** station KH1

**🚩 Station KH2 (photo 4)**

Elle est localisée à 200 m en amont du pont El-Khemis.

**Altitude :** 220 m ;

**Pente :** 1,5 % ;

**Profondeur :** 30 cm ;

**Largeur du lit mineur :** 7 m ;

**Vitesse du courant :** très rapide ;

**Température de l'eau :** 17°C ;

**Substrat :** gros galets, sable et limon, matière organique ;

**Végétation bordante :** strates herbacée, arbustive et arborescente ;

**Végétation aquatique :** algues filamenteuses et un peu de macrophytes ;

**Recouvrement :** 10% ;

**Action anthropique :** pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage.



**Photo 4:** station KH2

**1-2 Oued Boubhir (s.s.)**

Principal affluent de l'oued Sébaou, nommé également moyen Sébaou. Il s'étend depuis les gorges de Belloua situées à 3 km à l'Est de Tizi-Ouzou jusqu'à la région d'Azazga. Il coule d'Est en Ouest sur une distance d'environ 40 km. Il présente une pente moyenne de 1,4% et la largeur de son lit atteint par endroit 200 m.

Deux sites sont retenus lors de l'échantillonnage (B1 et B2).

 **Station B1** (photo 5)

Elle est située à 50 m en amont du pont de Boubhir.

**Altitude** : 200 m ;

**Pente** : 1 % ;

**Profondeur** : 35 cm ;

**Largeur du lit mineur** : 12 m ;

**Vitesse du courant** : moyenne ;

**Température de l'eau** : 22°C ;

**Substrat** : gros galets, dominance de sable et limon, présence de matière organique ;

**Végétation bordante** : strates arborescente, arbustive et herbacée mais n'affectant pas l'ensoleillement du lit majeur ;

**Végétation aquatique** : algues filamenteuses ;

**Action de l'homme** : pompage de l'eau pour l'irrigation, engrais et pesticides, déchets ménagers sur les rives et pâturage.



**Photo 5** : station B1

 **Station B2** (photo 6)

Elle est localisée à 2 km en aval de la station B1.

**Altitude** : 190 m ;

**Pente** : 0,8 % ;

**Profondeur** : 35 cm ;

**Largeur du lit mineur** : 20 m ;

**Vitesse du courant** : moyenne ;

**Température de l'eau** : 23°C ;

**Substrat** : gros galets, dominance de sable et limon, présence de matière organique ;

**Végétation bordante** : strates arborescente et herbacée n'affectant pas l'ensoleillement du lit;

**Végétation aquatique** : algues filamenteuses, quelques macrophytes ;

**Action de l'homme** : pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage et utilisation d'engrais et pesticides pour l'agriculture et déchets urbains.



**Photo 6** : station B2

## 2-Caractéristiques physiques des stations

La distribution spatiale des invertébrés benthiques ainsi que l'assemblage des communautés sont sous l'influence directe des descripteurs physiques de l'habitat tels que l'altitude, la pente, le débit, le substrat, la vitesse du courant, la température de l'eau...etc. (HYNES, 1970; ANGELIER *et al.*, 1985; WHOLL *et al.*, 1995; THIERNEY *et al.*, 1998 et MATHURIAU, 2002).

### 2.1 La pente

Est un critère physique du milieu, elle dépend principalement de l'altitude. La pente est d'une importance majeure dans une étude écologique des systèmes hydrographiques. Elle commande la vitesse du courant, la profondeur du cours d'eau, en plus elle intervient dans la distribution des éléments du substrat, ainsi que la répartition des espèces benthiques (SAIKI & LAZIZI, 2015).

Le tableau I illustre les altitudes et les pentes aux stations étudiées.

**Tableau I :** Altitude (m) et pente (%) des stations d'étude

| Stations               | II   | IL  | KH1 | KH2 | B1  | B2  |
|------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Altitude (m)           | 1290 | 710 | 370 | 220 | 200 | 190 |
| Pente à la station (%) | 30   | 14  | 3   | 1,5 | 1   | 0,8 |

La lecture du tableau I montre que :

Les milieux les plus pentus sont ceux situés en haute altitude, le cas de II avec une altitude de 1290 m et une pente estimée à 30 % et IL située à 710 m d'altitude qui présente une pente de 14 %.

Les stations de piémont et de basse altitude (KH1, KH2, B1 et B2) présentent une rupture de pente avec des valeurs comprises entre 3 et 0,8 % accompagnée naturellement par un élargissement du lit des cours d'eau.

### 2.2 Le débit

C'est le volume d'eau en mouvement auquel peut être rattaché une quantité de matière transportée : organique ou minérale, vivante ou inerte, endogène ou exogène (LAVANDIER, 1979).

Le débit dépend de multiples facteurs tels que, la nature de la provenance de l'eau des cours d'eau (fonte des neiges, régime des pluies saisonnières), le rapport entre les précipitations et l'évaporation, le cycle thermique, l'altitude et enfin la distance à la source. En Kabylie le régime des eaux courantes est caractérisé par de grandes fluctuations du débit, c'est-à-dire que les volumes annuels connaissent une grande irrégularité interannuelle. Il est

rapporté par ABDESSELEM (1995) que les débits les plus importants de l'année proviennent de la fonte des neiges aux printemps.

Selon LOUNACI (2005), le régime hydrologique de la Kabylie est pluvio-nivale de décembre à mi-avril et pluvial de mi-avril au début juin et souligne que c'est cette intensité pluviométrique qui est à l'origine des crues et des grands débits qui caractérisent les cours d'eau de montagne.

### 2.3 Le substrat

Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie. Il détermine l'abondance de la nourriture et affecte la distribution des espèces, commande leur densité et leur diversité.

Il est sous forme de particules à dimensions différentes, ces dimensions et structures dépendent de la force d'écoulement, de la pente et du débit.

Les stations étudiées se caractérisent dans leur ensemble par une grande diversité structurelle qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitat (tableau II).

**Tableau II :** Nature du substrat dans les stations étudiées

| <b>Stations</b>                 | <b>II</b> | <b>IL</b> | <b>KH1</b> | <b>KH2</b> | <b>B1</b> | <b>B2</b> |
|---------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| <b>Paramètres</b>               |           |           |            |            |           |           |
| <b>Galet –gravier (%)</b>       | 90        | 75        | 50         | 45         | 25        | 25        |
| <b>Sable-limon (%)</b>          | 10        | 20        | 30         | 45         | 50        | 50        |
| <b>Matière organique (%)</b>    | 0         | 5         | 20         | 10         | 25        | 25        |
| <b>Végétation aquatique (%)</b> | 5         | 10        | 20         | 20         | 25        | 30        |

La lecture du tableau II montre que :

- dans les stations de haute altitude II et IL, le substrat est à dominance de gros galets et de graviers. Quant à la végétation aquatique, elle est composée de mousses et de débris végétaux.
- dans les stations de moyenne et de basse altitude (KH1, KH2, B1 et B2), le substrat est à dominance de sables et limons, avec une abondance de matière organique. La végétation aquatique est composée d'algues essentiellement.

## 2.4 La vitesse du courant

L'écoulement connu également par la vitesse du courant est un paramètre spécifique des eaux lotiques. Il dépend essentiellement du débit et de la pente. A une échelle plus réduite, il dépend localement des affluents, de la taille du substrat, de la quantité des précipitations, ainsi que de la profondeur de la lame d'eau (GENIN *et al.*, 2003).

Le courant a une importance primordiale, vu sa contribution dans la répartition des espèces, en provoquant le déroulement du phénomène de la dérive biologique, il influence l'assemblage des communautés de biocénose benthiques ainsi que leurs comportement et leurs métabolisme (CHYNES, 1970 et MINSHALL, 1984).

La mesure de ce paramètre est réalisée sur le terrain en lançant un flotteur sur une surface connue du cours d'eau, le temps prit par le flotteur durant sa dérive est donnée par un chronomètre. Les relevés de la vitesse de l'eau, qui ne présente que des valeurs indicatrices, sont portés sur le tableau III et puis classés selon l'échelle de Berg :

- 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 III** : Vitesses du courant enregistrées aux stations d'étude

| <b>Stations</b>                    | II   | IL   | KH1  | KH2 | B1   | B2   |
|------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|
| <b>Caractéristiques</b>            |      |      |      |     |      |      |
| <b>Altitudes (m)</b>               | 1290 | 710  | 370  | 220 | 200  | 190  |
| <b>Largeur du lit mineur (m)</b>   | 1    | 1,5  | 5    | 7   | 12   | 20   |
| <b>La vitesse du courant (m/s)</b> | 0,15 | 0,30 | 0,60 | 1,5 | 0,40 | 0,50 |
| <b>Les classes selon Berg</b>      | L    | M    | R    | TR  | M    | M    |

V.L : vitesse lente ; V.M : vitesse moyenne ; V.R : vitesse rapide ; V.TR : vitesse très rapide.

La lecture du tableau III montre que les stations concernées par notre étude connaissent une variabilité dans la vitesse du courant :

- les stations II (alt.1290 m) et IL (alt.710 m), torrent de montagne présentent des vitesses de courant respectives qualifiées de lente à moyenne. Ce qui est due essentiellement aux conditions climatiques assez particulières. En effet ces deux ruisseaux de montagne sont essentiellement alimentés par la fonte de neige qui malheureusement en période d'échantillonnage a fait défaut
- les stations KH1 (alt.370 m) et KH2 (alt.220 m) présentes des vitesses de courant respectives de rapide et très rapide.
- les stations B1 et B2 situées respectivement à 200 et 190 m d'altitude présentent des vitesses de courant moyenne. Ce qui est dû essentiellement à l'élargissement du lit.

## 2.5 La température de l'eau

La température de l'eau est étroitement liée à la température atmosphérique (BADRI, 1993 et TALAMI, 1998). Elle dépend principalement de l'altitude, de la distance à la source, du régime hydrologique, de l'épaisseur de la ripisylve et de la saison.

Selon DECAMPS (1967) ; LAVANDIER (1979) et THOMAS (1981), c'est une condition primordiale dans les eaux lotiques vu sa contribution dans la répartition des communautés tout au long du cours d'eau.

Les relevés des températures réalisées in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure nous ont permis de déduire les valeurs de températures moyennes de chaque station échantillonnée durant le mois d'avril. Ces valeurs sont inscrites dans l'annexe IV et figure 5.

La lecture de la figure 5 et l'annexe IV met en évidence trois groupes de stations :

- **Groupe I :** renferme les stations de haute altitude (II et IL). Leurs températures sont respectivement de 7°C et 9°C, ces stations sont des sources et des torrents représentant alors la partie crénale, issus de la fonte de neiges et de l'émergence des sources hydrologiques souterraines.
- **Groupe II :** représente les stations de moyenne altitude (KH1 et KH2). Leurs températures sont moyennes, comprises entre 12°C et 17°C.
- **Groupe III :** indique les stations de basse altitude (B1 et B2). Leurs températures sont respectivement de 22°C et 23°C. ces stations forment la partie inférieure du cours d'eau. En effet, la forte insolation, l'absence de recouvrement le long de ces stations et l'élargissement du lit sont à l'origine de ces fortes températures.

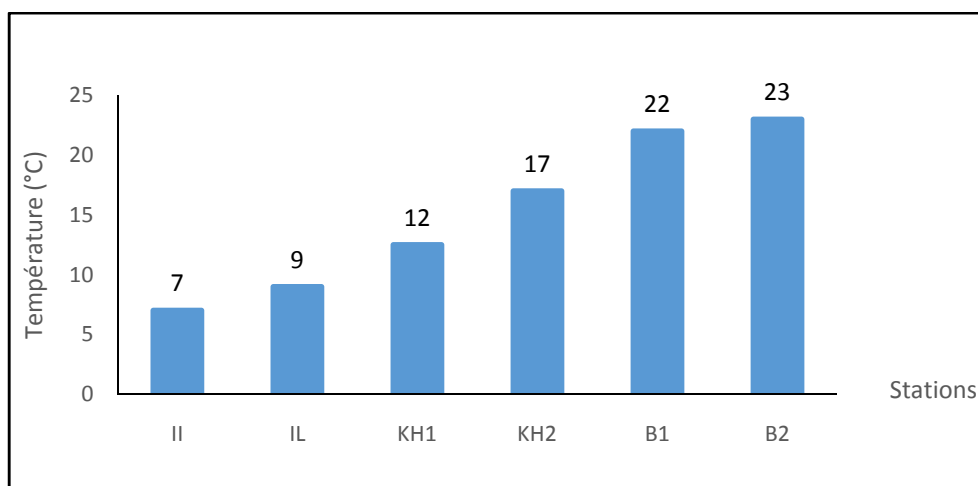


**Figure 5 :** Températures ponctuelles de l'eau.

### 3-Matériels et méthodes d'étude de la faune benthique

L'étude hydrobiologique est fondée sur deux approches primordiales, la première consiste à une étude sur le terrain (*in situ*), la seconde est une approche *ex situ* réalisée au laboratoire.

#### 3.1 Techniques d'échantillonnage

L'unité de base de l'échantillonnage est la station. Elle correspond indicativement à un tronçon de cours d'eau dont la largeur est sensiblement égale à dix fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement (GENIN et *al.*, 2003). Le dispositif utilisé pour la récolte du matériel biologique est l'échantillonneur Surber pour les faciès lotiques et d'un filet Troubleau pour les faciès lentiques.

L'échantillonnage est une opération fondamentale, il suit un protocole standardisé énoncé par la norme AFNOR T-90 350. Cette dernière ne précise pas la période d'échantillonnage, mais elle exige l'omniprésence d'un débit stabilisé depuis au moins 10 jours. Cette caractéristique est primordiale vu l'influence du débit sur les indices analytiques de la qualité des eaux tel l'IBGN.

A fin d'obtenir une vision globale de la faune benthique présente sur une station, on effectue huit prélèvements par station, en recherchant la représentativité maximum par l'échantillonnage de tous les types de micro-habitats présents (principe de l'indice biologique global normalisé : IBGN).

Lorsqu'une station ne présente pas huit micro-habitats 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 des échantillons prélevés sur plusieurs habitats, fournit l'image de la communauté macro-benthique d'une station. Les prélèvements benthiques sont réalisés à

l'aide d'un filet type Surber, vide de mailles de 275  $\mu\text{m}$ , des surfaces de 0,05 m<sup>2</sup>. Ils sont réalisés dans des zones peu profondes inférieures à 40 cm.

Le filet Surber 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 et les adultes dans le filet. Les formes solidairement fixées sont détachées à l'aide d'une pince.

### **3.2 Conservation des échantillons**

La faune récoltée est recueillie dans des sachets en plastiques, fixée par du formol à 8% pour arrêter toutes les activités biologiques sur le même lieu de prélèvement. On note au crayon le nom et les caractéristiques de la station, la date et le type du prélèvement sur une étiquette qu'on met dans le sachet.

### **3.3 Tri et détermination**

Au laboratoire, les échantillons sont lavés et débarrassés du substrat et des débris végétaux à l'aide d'une série de tamis à maille décroissantes allant de (5 à 0,2 mm). Le contenu du dernier tamis (0,2 mm) est versé dans une bassine puis transvasé dans des béciers de 250 CC.

Un pré-tri puis une détermination jusqu'au genre ou la famille sont effectués sous une loupe binoculaire à l'aide d'une pince fine dans des boîtes pétres à fond quadrillé. Pour ce travail, nous nous sommes référés aux clés de déterminations de : TACHET et *al.* (1980, 2000); RICHOUX (1982); RIVOSECCHI (1984) et DETHIER (1985 - 1986).

Le matériel biologique déterminé est conservé dans des piluliers en verres remplis d'alcool à 70 %, en mettant des étiquettes indiquant le nom de la station, la date et le taxon identifié (ordre, famille, genre).

## **4-Méthodes d'analyse de la faune benthique**

### **4.1 Indices écologique de composition et de structure des peuplements**

La détermination de la qualité hydrobiologique est faite à partir de sa diversité faunistique, qui correspond aux nombre d'espèces ainsi qu'à la répartition des individus de chaque espèce.

Parmi les nombreux indices disponibles permettant d'exprimer la structure d'un peuplement, nous avons retenus les indices de diversité. Ces indices sont des expressions mathématiques qui donnent des bonnes informations sur la structure des peuplements. Ils permettent une évaluation rapide de leur diversité.

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). En plus de l'abondance et de la comparaison entre les peuplements, la compréhension de l'évolution des espèces dans l'espace et dans le temps fait partie des intérêts et objectifs de ces indices (DAJOZ, 1985).

### ❖ Diversité brute ou richesse spécifique

C'est la première étape qui évalue la structure générale des peuplements et indique que plus il y a de taxons distincts, plus la diversité est grande, donc c'est une étape de base pour l'étude des communautés. Selon BOULUNIER et *al.* (1998) et RAMADE (2003), la richesse taxonomique c'est le nombre total des taxons présents dans chaque prélèvement à un moment donné.

### ❖ Abondance relative des espèces (la dominance)

L'abondance 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.

Sa formule est la suivante :

$$F\% = 100 * n_i / N$$

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

**$N$** = nombre total d'individus.

On qualifie les espèces selon les valeurs  **$F(\%)$**  :

- $F \geq 50 \%$  taxons constants ;

- $25 < F < 50 \%$  taxons accessoires ;

- $F \leq 25 \%$  taxons accidentelles.

### ❖ Occurrence relative des espèces (la constance)

Selon DAJOZ (1985), l'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 suivante :

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

**$P_i$**  = nombre de prélèvements où l'espèce i est présente ;

**$P$**  = nombre total de prélèvements.

On qualifie les espèces en fonction de la valeur **C(%)** :

- $C > 80 \%$  Espèce constante ;
- $25 \% < C < 50 \%$  Espèce assez fréquente ;
- $C < 25 \%$  Espèce rare.

### ❖ Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H'$ )

De tous les indices, la formule de Shannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements.

D'un côté, il présente l'avantage de ne pas être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 et BARBAULT, 1981). De l'autre côté, il est totalement indépendant de la taille des relevés et il regroupe à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème. Cet indice a pour unité le « Bits ».

Il est exprimé par la formule suivante :

$$H' = -\sum (P_i \times \log_2 P_i)$$

Avec :

$P_i = n_i/N$

$N_i$  = nombre d'individus de l'espèce de rang  $i$  ;

$N$  = nombre total d'individus ;

$\text{Log}_2$  = logarithme à base 2, avec  $\log_2 X = \log X / \log_2 = \log X / 0,30$ .

On dit que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant le peuplement lorsque  $H'$  est plus petit c'est-à-dire  $H'$  proche de 0 (la diversité minimale) ; le nombre d'espèces est maximal lorsque l'abondance des espèces est répartie équitablement et  $H'$  est plus grand c'est-à-dire  $H'$  tend vers  $\infty$  (la diversité maximale).

### ❖ Indice d'équitabilité

L'équitabilité appelé aussi régularité est un principe fondé par PIELOU (1969). Il complète l'indice de SHANNON-WEAVER et vise la détermination de l'abondance de chaque taxon. RAMADE (1984) précise que l'équitabilité est une seconde dimension fondamentale de la diversité.

Son second intérêt est d'étudier le rapport soit éloignement ou rapprochement existants entre les éléments  $H'$  (diversité observée) et le  $H'_{\text{max}}$  (diversité maximale ou

totale). Pour comparer les densités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes (RAMADE, 2003), nous avons recours à la formule brute de l'équitabilité.

$$E = H' / H' \text{ max}$$

Avec :

$H'$  = indice de Schannon-Weaver;

$H' \text{ max} = \log_2 S$

$S$  = Richesse spécifique ;

L'équitabilité varie entre **0** et **1**. Elle tend vers **0** quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce, c'est-à-dire que la dominance dans le milieu est remportée par quelques espèces seulement, et tend vers **1** lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable ou à peu près semblable d'individus.

### ❖ Indices biotiques

La notion de biodiversité à attirer l'attention de plusieurs auteurs, elle a pris une importance majeure dans les études écologiques.

Ces dernières décennies, diverses théories sont apparues afin d'éclaircir les interrogations concernant toute fois, la relation entre la diversité biologique et le fonctionnement des écosystèmes, et celle de la santé environnementale et la santé des organismes vivants.

Dès les années 1920, les caractéristiques biologiques des organismes vivants aquatiques, leur richesse et abondance ont été reliées à la variabilité des milieux et aux perturbations et contraintes environnementales (HAREDJ & CHIHEB, 2012), d'où le fondement de nouvelles méthodes d'analyse dites « méthodes biologiques ».

Ces outils biologiques ont été conçus pour prévoir mieux l'état d'un écosystème aquatique lotique à partir d'une analyse faunistique globale. Deux grands types sont démarqués (VERNEAUX, 1984).

Le premier type correspond aux analyses comparatives de la biocénose appartenant à plusieurs stations étudiées avec une biocénose témoin. Le deuxième type fait appel aux analyses qui aboutissent à la fin à attribuer un indice de qualité pour chaque station étudiée.

Certaines de ces analyses sont connues sous l'appellation de « méthodes indicielles », d'autres sont des méthodes connues par le nom « indices biotiques. »

De nombreuses méthodes ont été utilisées en France depuis l'Indice Biotique (Ib) de VERNEAUX & TUFFRY (1967) adapté du Biotic Index utilisé par la Trent River Authority

en Angleterre WOODWISS (1964), suivi de l'Indice de Qualité Biologique Globale (I.Q.B.G) de VERNEAUX et *al.* (1976), puis de l'Indice Biologique de qualité Générale (I.B.G.) de VERNEAUX et *al.* (1982), proposé comme indice expérimental AFNOR (1985), qui a été normalisé par la suite sous l'appellation «Indice Biologique Global Normalisé» ou I.B.G.N. en 1992 (NFT 90-350).

L'indice biologique global normalisé (**IBGN**), fait partie des méthodes d'indices biotiques. C'est un examen qui se réalise sur la macrofaune benthique récoltée dans les cours d'eau. Son but est de diagnostiquer l'état du milieu et de préciser la qualité de la faune qui le colonise. En effet, ils nous renseignent sur la cause de la présence ou de l'absence d'une espèce dans son environnement. En général, c'est un indice complémentaire aux analyses physico-chimiques du milieu, donc il renseigne sur les impacts issus des perturbations naturelles et humaines.

#### 4.2 Traitement statistique des données

Les analyses descriptives multivariées utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse en composantes principales (l'ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH). Selon CARREL et *al.* (1986), l'ACP a pour objectif d'étudier plusieurs variables quantitatives retrouvées au sein d'un groupe de *n* individus. Elle a pour principe de transformer un espace de plusieurs dimensions vers un espace de 2 ou 3 dimensions, elle est alors, une combinaison linéaire des variables étudiées, néanmoins cette opération conserve au maximum l'information.

#### 5-Logiciels de calcul

Le logiciel 'Statistica 6.4' nous a permis de réaliser les diverses analyses factorielles à savoir CAH et ACP, ainsi que leurs représentations graphiques.

# **Chapitre III**

## **Résultats et discussion**

### 1-Analyse globale de la faune benthique

Le benthos désigne les organismes vivants visibles à l'œil nu. Ce sont des invertébrés qui colonisent le fond de tous les écosystèmes d'eau courante. Ils vivent en contact avec le substrat solide et constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des systèmes aquatiques (OULDJAOUI et *al.*, 2017).

Cette macrofaune est facile à récolter et son prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (MOISAN et *al.*, 2011).

La diversité et l'abondance de ces espèces sont rattachées aux conditions naturelles du milieu en particulier la vitesse du courant et la forme du substrat, ainsi qu'aux conditions et perturbations créées par l'Homme.

La présente étude a permis de recenser dans le benthos un total de 48657 individus appartenant à 12 groupes zoologiques, 34 familles et 40 genres (tableau IV).

Sur les 40 taxa d'invertébrés benthiques, 35 taxa (soit 81,78 %) sont des insectes et 5 taxa (soit 18,21 %) appartiennent aux autres classes ou embranchement : Annélides, Mollusques, Hydracariens et Collembolés (tableaux IV, V).

**Tableau IV** : Nombre de familles et de genres par groupes taxonomiques

| Groupes zoologiques | Nombre de famille | Nombre de genre |
|---------------------|-------------------|-----------------|
| Oligochètes         | 2                 | 2               |
| Mollusques          | 1                 | 1               |
| Hydracariens        | 1                 | 1               |
| Ephéméroptères      | 2                 | 2               |
| Plécoptères         | 5                 | 8               |
| Odonates            | 1                 | 1               |
| Hétéroptères        | 1                 | 1               |
| Coléoptères         | 6                 | 8               |
| Trichoptères        | 3                 | 4               |
| Diptères            | 10                | 10              |
| Planipennes         | 1                 | 1               |
| Collembolés         | 1                 | 1               |
| <b>TOTAL</b>        | <b>34</b>         | <b>40</b>       |

Le tableau IV montre que les groupes les plus abondants dans les sites étudiés sont les Diptères avec 10 familles, suivis par les Coléoptères avec 6 familles, viennent ensuite les Plécoptères avec 5 familles.

Les Trichoptères, les Ephéméroptères et les Oligochètes sont représentés respectivement par 3 familles et 2 familles chacune.

En fin, les Mollusques, Hydracariens, Odonates, Hétéroptères, Planipennes et Collembolles sont monogénériques.

L'analyse quantitative met en évidence la dominance des Diptères et des Ephéméroptères. Ils représentent respectivement 19495 individus, soit 40,06 % de la faune totale et 18905 individus, soit 38,7 %. Ils sont relevés dans les six stations échantillonnées.

Les Oligochètes sont peu abondants dans le milieu, représentés par 7602 individus (soit 15,62 % du total benthique), ils sont répartis dans toutes les stations.

Les Hydracariens et les Plécoptères, avec respectivement 1232 individus (soit 2,5 %) et 1001 individus (soit 2,05 %), sont faiblement représentés.

Quant aux Trichoptères, Coléoptères, Collembolles, Hétéroptères, Odonates, Mollusques et Planipennes sont rares dans nos récoltes. Ils constituent des pourcentages compris entre 0,006 % et 0,48 %.

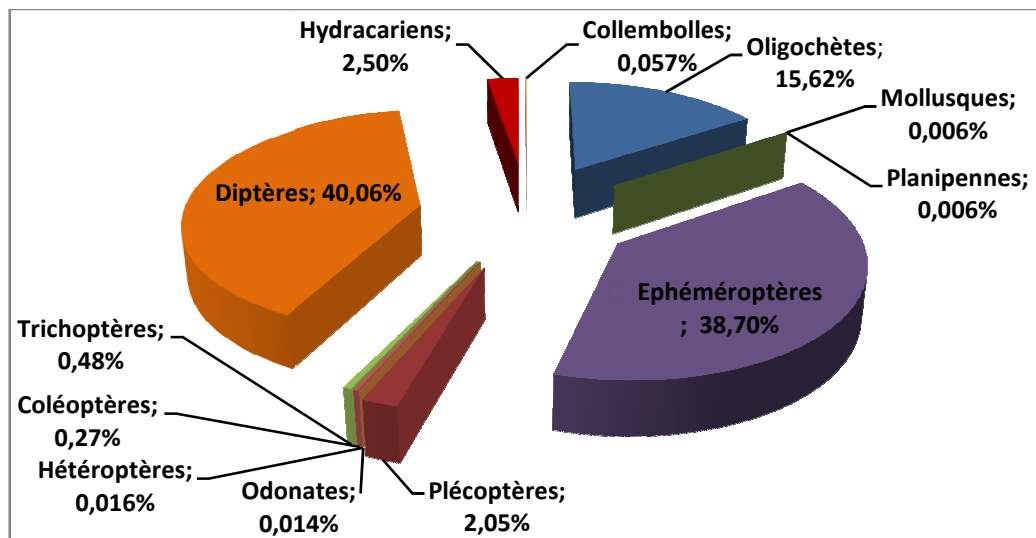


**Figure 6 :** Abondance relative des groupes faunistiques récoltés.

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

| Taxons/Stations       | II         | IL        | KH1         | KH2         | B1          | B2           | Ab           | AbR <sub>1</sub> (%) | AbR <sub>2</sub> (%) | Occ       | OccR(%) |
|-----------------------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------|---------|
| Altitudes (m)         | 1290       | 710       | 370         | 220         | 200         | 190          |              |                      |                      |           |         |
| <b>OLIGOCHETES</b>    |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Naididae              |            |           | 1580        | 1340        | 1916        | 2756         | 7592         | 15,6                 | 99,86                | 4         | 66,66   |
| Tubificidae           | 3          | 7         |             |             |             |              | 10           | 0,0021               | 0,13                 | 2         | 33,33   |
| <b>TOTAL</b>          | <b>3</b>   | <b>7</b>  | <b>1580</b> | <b>1340</b> | <b>1916</b> | <b>2756</b>  | <b>7602</b>  | <b>15,62</b>         |                      | <b>6</b>  |         |
| <b>MOLLUSQUES</b>     |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Ancylidae             |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Ancylus               |            | 3         |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 100                  | 1         | 16,66   |
| <b>HYDRACARIENS</b>   |            | 8         | 52          |             | 828         | 344          | 1232         | 2,5                  | 100                  | 4         | 66,66   |
| <b>EPHEMEROPTERES</b> |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Baetidae              |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Baetis                | 5          | 89        | 880         | 356         | 5540        | 11500        | 18370        | 37,7                 | 97,17                | 6         | 100     |
| Caenidae              |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Caenis                |            |           | 240         | 75          | 100         | 120          | 535          | 1                    | 2,82                 | 4         | 66,66   |
| <b>TOTAL</b>          | <b>5</b>   | <b>89</b> | <b>1120</b> | <b>431</b>  | <b>5640</b> | <b>11620</b> | <b>18905</b> | <b>38,7</b>          |                      | <b>10</b> |         |
| <b>PLECOPTERES</b>    |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Capniidae             |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Capnia                | 923        |           |             |             |             |              | 923          | 1,896                | 92,20                | 1         | 16,66   |
| Capnopsis             | 13         |           |             |             |             |              | 13           | 0,026                | 1,29                 | 1         | 16,66   |
| Leuctridae            |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Leuctra               | 3          |           |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 0,29                 | 1         | 16,66   |
| Nemouridae            |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Amphinemoura          |            | 3         |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 0,29                 | 1         | 16,66   |
| Nemoura               |            |           |             |             | 28          |              | 28           | 0,057                | 2,79                 | 1         | 16,66   |
| Protonemoura          | 3          |           |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 0,29                 | 1         | 16,66   |
| Perlodidae            |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Perlodes              |            | 16        |             |             |             |              | 16           | 0,032                | 1,59                 | 1         | 16,66   |
| Taeniopterygidae      |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Brachyptera           | 12         |           |             |             |             |              | 12           | 0,024                | 1,19                 | 1         | 16,66   |
| <b>TOTAL</b>          | <b>954</b> | <b>19</b> |             |             | <b>28</b>   |              | <b>1001</b>  | <b>2,053</b>         |                      |           |         |
| <b>ODONATES</b>       |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Gomphidae             |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Gomphus               |            |           | 4           | 3           |             |              | 7            | 0,0143               | 100                  | 2         | 33,33   |
| <b>HETEROPTERES</b>   |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Velidae               |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Velia                 |            |           | 4           |             | 4           |              | 8            | 0,016                | 100                  | 2         | 33,33   |
| <b>COLEOPTERES</b>    |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Dytiscidae            |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Dytiscus              |            |           |             |             |             | 24           | 24           | 0,049                | 17,77                | 1         | 16,66   |
| Elmidae               |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Elmis                 |            |           | 12          |             |             |              | 12           | 0,024                | 8,88                 | 1         | 16,66   |
| Oulimnius             | 3          |           |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 2,22                 | 1         | 16,66   |
| Gyrinidae             |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Gyrinus               |            |           |             |             | 36          | 48           | 84           | 0,17                 | 62,22                | 2         | 33,33   |
| Helophoridae          |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Helophorus            | 3          |           |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 2,22                 | 1         | 16,66   |
| Hydraenidae           |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Hydraena              |            |           |             | 3           | 3           |              |              | 0,006                | 2,22                 | 1         | 16,66   |
| Ochthebius            | 3          |           |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 2,22                 | 1         | 16,66   |
| Staphilinidae         |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Staphilinus           |            | 3         |             |             |             |              | 3            | 0,006                | 2,22                 | 1         | 16,66   |
| <b>TOTAL</b>          | <b>9</b>   | <b>3</b>  | <b>12</b>   | <b>3</b>    | <b>36</b>   | <b>72</b>    | <b>135</b>   | <b>0,27</b>          |                      |           |         |
| <b>TRICHOPTERES</b>   |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Hydroptilidae         |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Allotrichia           |            |           |             | 3           | 20          | 8            | 31           | 0,063                | 13,02                | 3         | 50      |
| Stactobia             |            |           |             |             | 4           |              | 4            | 0,0082               | 1,68                 | 1         | 16,66   |
| Hydropsychidae        |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Hydropsyche           |            |           |             |             | 76          | 96           | 172          | 0,35                 | 72,26                | 2         | 33,33   |
| Rhyacophilidae        |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Rhyacophila           |            |           | 20          | 3           |             | 8            | 31           | 0,063                | 13,02                | 3         | 50      |
| <b>TOTAL</b>          |            |           | <b>20</b>   | <b>6</b>    | <b>100</b>  | <b>112</b>   | <b>238</b>   | <b>0,48</b>          |                      |           |         |
| <b>DIPTERES</b>       |            |           |             |             |             |              |              |                      |                      |           |         |
| Anthomyiidae          |            |           | 4           |             | 24          | 8            | 36           | 0,073                | 0,18                 | 3         | 50      |
| Ceratopogonidae       | 3          | 3         | 32          | 53          | 252         | 16           | 359          | 0,73                 | 1,84                 | 6         | 100     |
| Chironomidae          | 38         | 10        | 948         | 85          | 4930        | 1376         | 7387         | 15,1                 | 37,89                | 6         | 100     |
| Simuliidae            |            | 48        | 1728        | 15          | 7584        | 2120         | 11495        | 23,62                | 58,96                | 5         | 83,33   |
| Dixidae               |            |           |             | 3           |             | 8            | 11           | 0,022                | 0,05                 | 2         | 33,33   |
| Ephydriidae           |            |           |             |             |             | 8            | 8            | 0,016                | 0,04                 | 1         | 16,66   |

## Suite de tableau V : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude

| Taxons/Stations     | II          | IL         | KH1         | KH2         | B1           | B2           | Ab           | AbR <sub>1</sub> (%) | AbR <sub>2</sub> (%) | Occ      | OccR(%)      |
|---------------------|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|----------|--------------|
| Altitudes (m)       | 1290        | 710        | 370         | 220         | 200          | 190          |              |                      |                      |          |              |
| Limoniidae          | 4           | 3          | 8           | 3           |              |              | 18           | 0,036                | 0,09                 | 4        | 66,66        |
| Psychodidae         | 3           |            | 44          | 21          | 76           | 8            | 152          | 0,31                 | 0,77                 | 5        | 83,33        |
| Stratiomyidae       | 3           | 3          |             |             |              |              | 6            | 0,012                | 0,03                 | 2        | 33,33        |
| Tipulidae           |             |            |             | 3           | 20           |              | 23           | 0,047                | 0,11                 | 2        | 33,33        |
| <b>TOTAL</b>        | <b>51</b>   | <b>67</b>  | <b>2764</b> | <b>183</b>  | <b>12886</b> | <b>3544</b>  | <b>19495</b> | <b>40,06</b>         |                      |          |              |
| <b>PLANIPENNES</b>  |             |            |             |             |              |              |              |                      |                      |          |              |
| Neurorthidae        |             |            |             |             |              |              |              |                      |                      |          |              |
| Neurorthus          |             | 3          |             |             |              |              | 3            | 0,006                | 100                  | 1        | 16,66        |
| <b>COLLEMBOLLES</b> |             |            | <b>12</b>   |             | <b>16</b>    |              | <b>28</b>    | <b>0,057</b>         | <b>100</b>           | <b>2</b> | <b>33,33</b> |
| <b>TOTAUX</b>       | <b>1022</b> | <b>199</b> | <b>5568</b> | <b>1966</b> | <b>21454</b> | <b>18448</b> | <b>48657</b> |                      |                      |          |              |
| R. Taxonomique      | 15          | 13         | 15          | 14          | 17           | 16           |              |                      |                      |          |              |

- **Ab** : abondance des taxons ;
- **AbR<sub>1</sub> (%)** : abondance relative des taxons par rapport à la faune totale ;
- **AbR<sub>2</sub> (%)** : abondance relative de chaque genre ;
- **Occ** : occurrence des taxons ;
- **OccR** : occurrence relative des taxons par rapport à l'ensemble des stations d'étude ;
- **RT** : richesse taxonomique.

## 1.1 L'abondance de la faune benthique

Un total de 48657 individus appartenant à 34 familles et 40 genres a été récolté.

L'abondance des espèces varie d'une station à une autre, elle est comprise entre la valeur la plus élevée de 21454 notée à la station B1 et la valeur minimale 199 enregistrée dans la station IL (Tableau VI).

**Tableau VI:** Abondance de la faune benthique des stations étudiées

| Stations         | II   | IL  | KH1  | KH2  | B1    | B2    |
|------------------|------|-----|------|------|-------|-------|
| <b>Abondance</b> | 1022 | 199 | 5568 | 1966 | 21454 | 18448 |

Les stations B1 et B2, dénotent les abondances benthiques les plus élevées avec respectivement 21454 individus (60 % des Diptères et 26,28 % des Ephéméroptères) et 18448 individus représentés à 62,98 % par les Ephéméroptères.

Les stations de piémont notamment la station KH1 (370 m) et KH2 (220 m) présentent des abondances respectives de 5568 individus, représentés essentiellement par les Diptères (49,64 %), les Vers (28,37 %) et les Ephéméroptères (20 %), et 1966 individus dont 68,15 % du peuplement stationnel sont des Vers.

La première station (II) est dominée par les Plécoptères avec 954 individus recensés soit 93,3 % du peuplement stationnel. La seconde station (IL) quant à elle, est essentiellement

représentée par les Ephéméroptères et les Diptères avec respectivement 44,72 % et 33,66 % du peuplement stationnel.

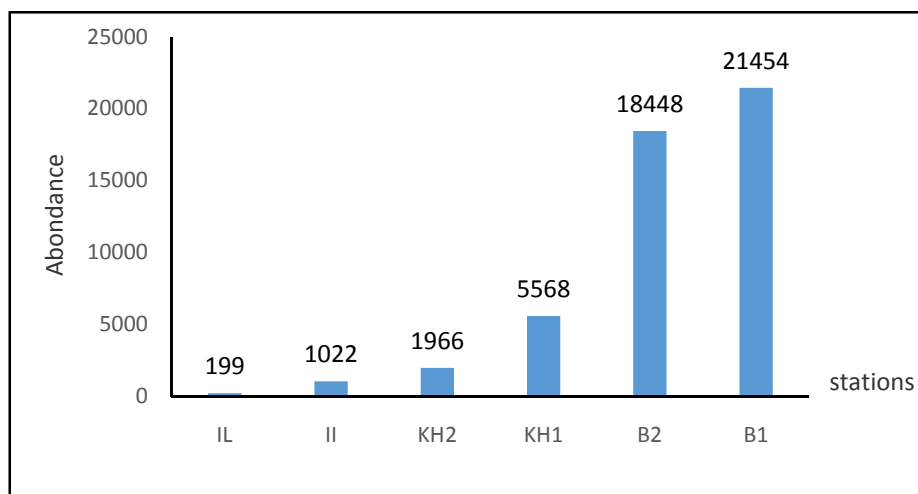


**Figure 7 :** Abondance de la faune benthique dans les stations d'étude.

## 1.2 La richesse taxonomique

Dans la description du concept « richesse taxonomique » nous avons constaté que l'espèce est considérée comme unité de base dans la déduction du taux de diversité d'un milieu.

Alors que BARBOUR et *al.* (1999), soulignent que même les autres niveaux taxonomiques exemple du genre et la famille sont des unités valides pour refléter la diversité des stations étudiées.

La richesse taxonomique calculée pour chaque station est notée dans le tableau VII.

**Tableau VII :** Richesse taxonomique des stations d'étude

| Stations                    | II | IL | KH1 | KH2 | B1 | B2 |
|-----------------------------|----|----|-----|-----|----|----|
| <b>Richesse taxonomique</b> | 15 | 13 | 15  | 14  | 17 | 16 |

La lecture du tableau VII et de la figure 8 révèle une fluctuation de la richesse taxonomique d'une station à l'autre. La richesse taxonomique est comprise entre une valeur maximale de 17 taxons notée dans la station B1, et une valeur minimale de 13 taxons enregistrée dans la station IL.

La richesse la plus importante est notée dans les stations de basses altitudes avec 17 taxons pour B1 et 16 taxons notés en B2. Cette richesse taxonomique est représentée dans sa

globalité par les Diptères (6 taxons : B1 et 7 taxons : B2) ces stations sont les plus riches en matière organique, présentent un substrat à dominance de sable et limon, des températures de l'eau assez élevées, conditions favorables à l'installation d'une faune polluo-résistantes et thermophiles. Les taxons présents tolèrent bien la pollution.

Les stations II, KH1 et KH2 présentent une richesse taxonomique comprise entre 14 et 15 taxons. Dans la première station (torrent de montagne à 1290 m d'altitude), les Plécoptères, les Diptères et les Coléoptères contribuent largement à cette richesse. Dans les deux autres stations, les taxa récoltés sont représentés essentiellement par les Ephéméroptères et les Diptères. L'hétérogénéité du substrat offre un large panel de niches écologiques.

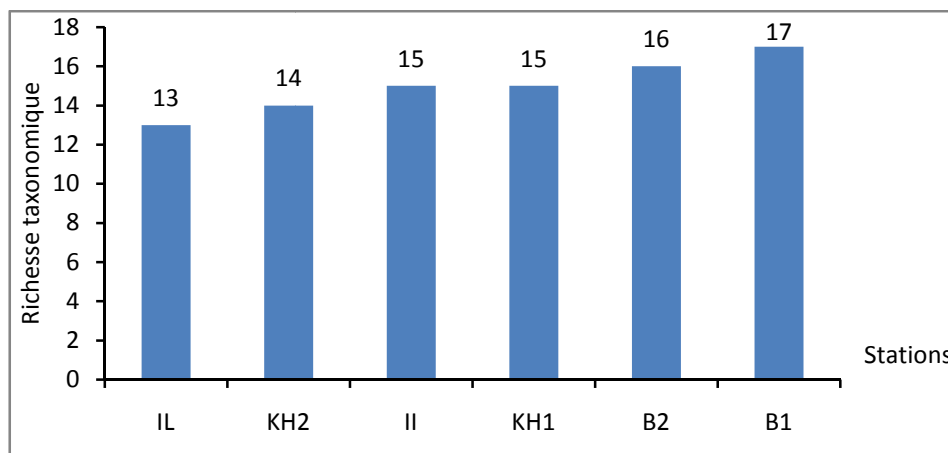


**Figure 8 :** Richesse taxonomique des stations d'étude.

La station IL (torrent de montagne à 710 m d'altitude) dénote la richesse taxonomique la plus réduite avec 13 taxons (*Baetis* et Diptères essentiellement). Cette station a subi une transformation suite à la construction observée sur sa rive droite. Cette anthropisation est une altération directe du milieu aquatique (destruction des biotopes) et la première conséquence est la rareté des taxons les plus polluo-sensibles tels que les Plécoptères (2 taxons) alors qu'en amont II (1290 m) les Plécoptères sont représentés par 5 taxons.



(a)



(b)

**Photo 7 :** Station IL avant (a) et après anthropisation (construction) (b).

### 1.3 Abondance et occurrence relatives des taxons

Les figures 9 et 10 visualisant graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des taxons récoltés dans les 6 stations. Ils peuvent être classés en trois grands groupes :

**Taxons constants :** ils contiennent des groupes à large valence écologique, très fréquents voir même omniprésents dans les milieux : *Beatis*, Ceratopogonidae, Chironomidae, Simuliidae, Psychodidae, Naididae, Hydracariens, *Caenis* et Limoniidae.

**Taxons assez fréquents et assez abondants :** ce sont en générale des populations plus ou moins denses : Tubificidae, *Gomphus*, *Velia*, *Gyrinus*, *Allotrichia*, *Hydropsyche*, *Rhyacophila*, Anthomyiidae, Dixidae, Stratiomyidae, Tipulidae et Collembolés.

**Taxons rares :** ils sont à la fois très peu abondants et très peu fréquents : ce sont des taxons très localisés. Ils sont repérés dans une station. Ce sont des taxons de biotopes très spécialisés : ruisseaux de sources, biotopes rhéophiles de montagnes...etc. Nous citons : *Acylus*, *Capnia*, *Capnopsis*, *Leuctra*, *Nemoura* et *Protonemoura*.

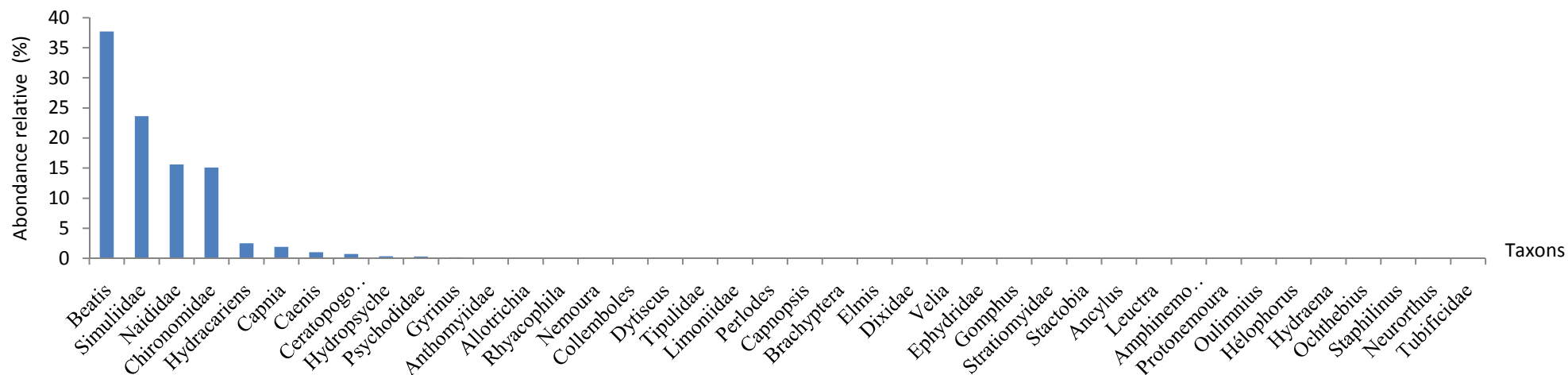


Figure 9 : Abondance relative (%) des taxons.

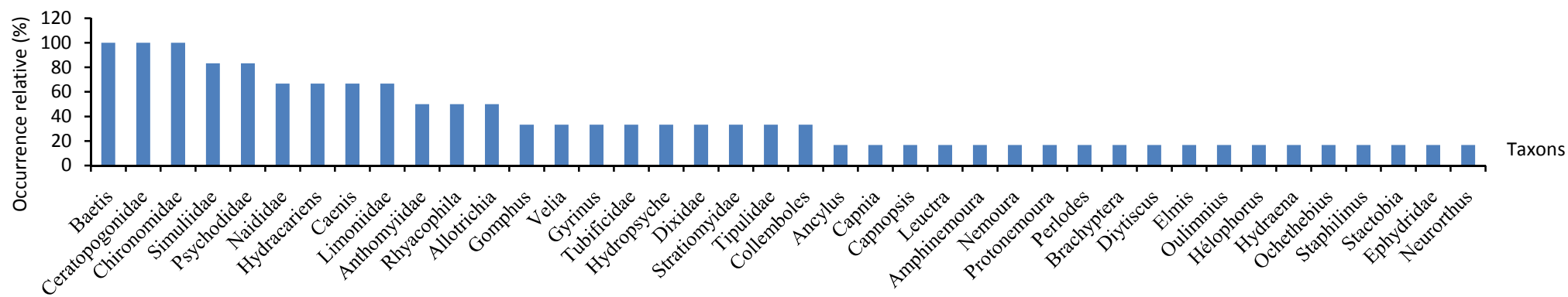


Figure 10 : Occurrence relative (%) des taxons.

## 2-Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique

### • Les Diptères

Ils représentent un ordre d'insectes qui fréquentent les eaux de surfaces. Les larves de cet ordre ne possèdent pas de pattes thoraciques, certains présentent des pseudopodes non articulés (TACHET et *al.*, 1980).

Les éléments des Diptères sont réponsus par un très grand nombre dans les milieux, et connaissent une large répartition géographique dans les eaux continentales et zones humides dans le monde.

Les Diptères constituent le groupe le mieux représenté parmi la faune benthique récoltée : 19495 individus appartenant à 10 familles (figure 11). Ils sont recensés dans l'ensemble des stations étudiées. Ils représentent 40,06 % de la faune totale.

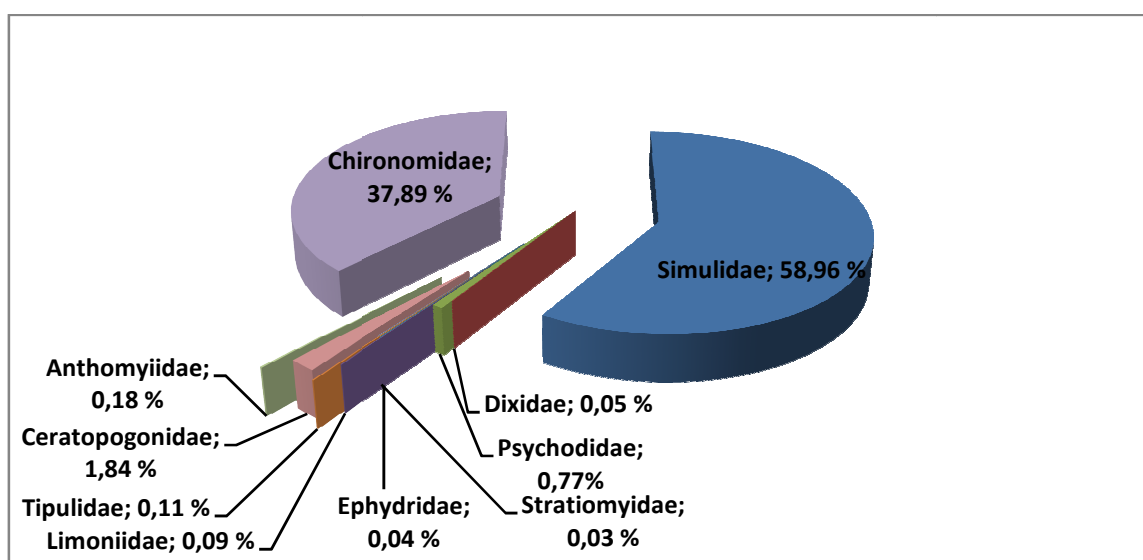


**Figure 11 :** Abondance relative des Diptères récoltés.

Les Diptères Simuliidae, organismes rhéophiles, dominent avec 11495 individus et occupent ainsi la première place sur le plan numérique. Ils sont suivis par les Chironomidae avec 7387 individus et en troisième position viennent les Ceratopogonidae avec 359 individus. Les autres familles de Diptères sont peu abondantes. Elles ne comptent que 254 individus (soit 2,20 % du total de cet ordre) : les Antomyiidae présentent 0,18 %, Ceratopogonidae 1,84 %, Dixidae 0,05 %, Ephrydidae 0,04%, Limoniidae 0,09 %, Psychodidae 0,77 %, Stratiomyidae 0,03 % et Tipulidae 0,11 %.

La distribution longitudinale des Diptères le long des stations étudiées (figure 12) met en évidence l'importance de cet ordre à la station B1 avec 12886 individus dont 58,96 % est

représenté par la famille des Simuliidae. Les stations B2 et KH1 présentent aussi des effectifs assez importants en Simuliidae comparés aux restes des familles recensées. SELLAM *et al.* (2016) signalent que les eaux riches en matière organique favorisent la prolifération des stades immatures.

Avec un maximum d'effectif noté dans les stations de basse altitude (B1 et B2) avec respectivement 4930 individus et 2120 individus. SEKHI (2010) signale que les Chironomidae peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluée et atteindre des proportions considérables dans les milieux riches en matière organique suite à leur résistance à la pollution.

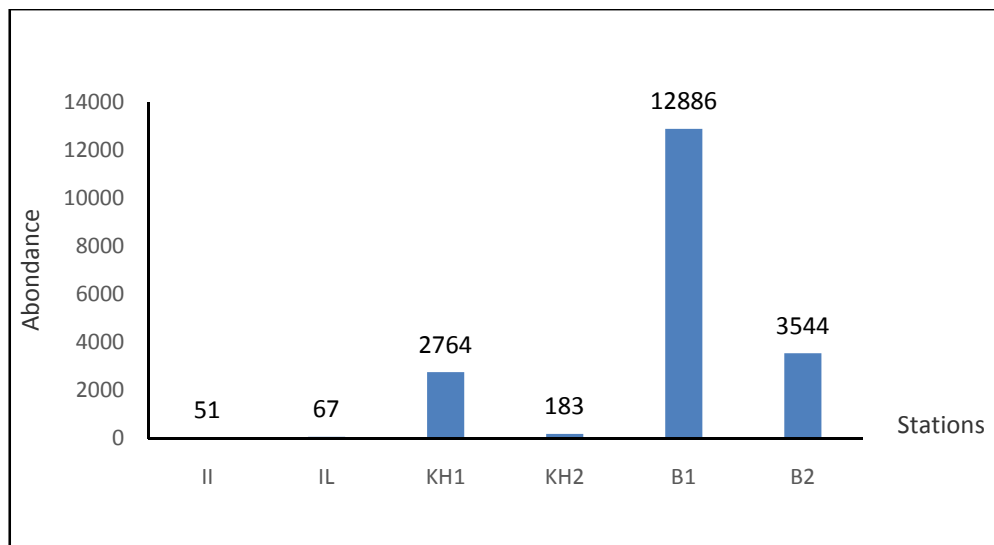


**Figure 12:** Distribution des Diptères dans les stations d'étude.

### • Les Coléoptères

L'ordre des Coléoptères fait partie des macro-invertébrés benthiques les plus riches sur le plan taxonomique et se distingue des autres insectes par leur développement dit métamorphose complète, cette caractéristique concerne la différence remarquable de la morphologie de ces individus entre le stade larvaire et adulte.

Ils colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation (TACHET *et al.*, 1980).

Plusieurs auteurs parmi lesquelles on cite LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), précisent que la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, température de l'eau et potentialité trophique sont les facteurs de répartition les plus influents sur les individus.

Dans les stations d'étude, les Coléoptères sont rares et localisés. Ils totalisent 135 individus appartenant à 6 familles et 8 genres. Ils ne représentent que 0,27 % de la faune totale (figure 13).

Les Gyrinidae (*Gyrinus*) dominent le peuplement coléoptérologique avec 62,22 %, suivis par les Dytiscidae (*Dytiscus*) avec un taux de 17,77 %, viennent ensuite les Elmidae (*Elmis*) avec 8,88 %. Les autres genres ne représentent chacun que 2,22 % du peuplement.

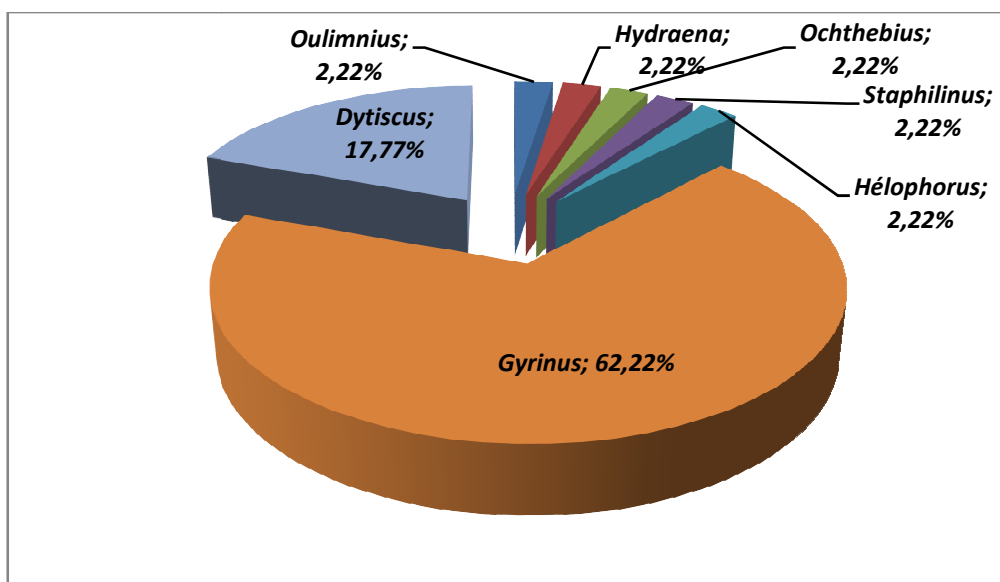


**Figure 13 :** Abondance relative des Coléoptères dans les stations d'étude.

La répartition des Coléoptères dans les différentes stations étudiées (figure 14) met en évidence leur importance dans les stations aval (B1 et B2) et dans une moindre importance la station KH1 de piémont.

En effet, les taxons recensés dans ces stations (B1 : 200 m, B2 : 190 m) sont les Gyrinidae (*Gyrinus*) et les Dytiscidae (*Dytiscus*). Ces éléments semblent affectionner les milieux à eaux peu courantes coulant sur des fonds meubles (sables, limons, matière organique) et riche en végétation aquatique (surtout les algues).

Le genre *Elmis* (Elmidae) totalise 12 individus dans l'unique station KH1 située à 370 m d'altitude, il semble tolérer aussi la pollution organique.

Les genres *Oulimnius* (Elmidae), *Hélophorus* (Hélophoridae), *Ochthebius* (Hydraenidae) et *Staphilinus* (Staphilinidae) sont rares et localisés. Ils semblent abriter les biotopes d'altitude (710 - 1290 m) à température basse (7°C à 9°C).

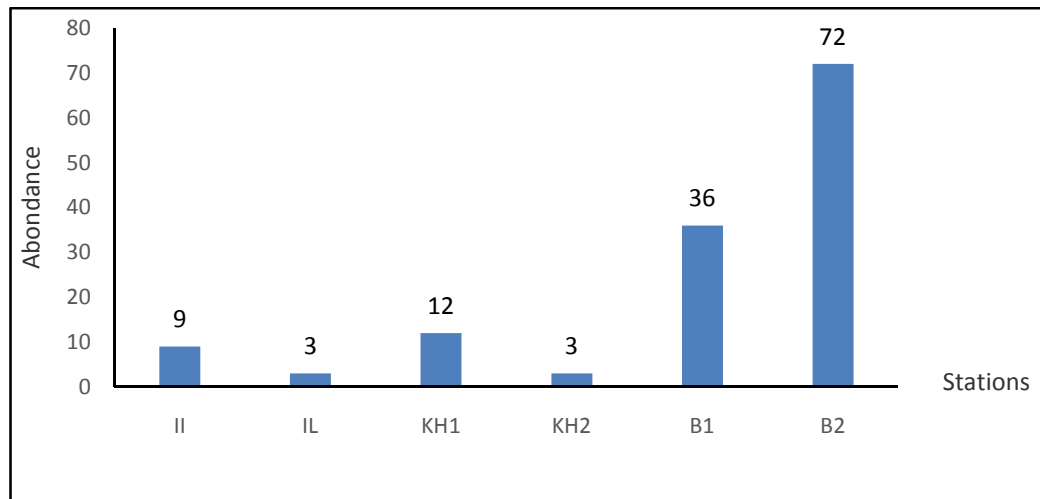


**Figure 14 :** Distributions des Coléoptères dans les stations d'étude.

### • Les Plécoptères

Ils constituent un groupe d'insectes aquatiques. Ils sont présents dans les parties supérieures où les eaux ne sont pas polluées et peu ou pas turbides, ils ont des conditions très précises dans le milieu comme les basses températures, et leur absence dans les basses altitudes, en Algérie est due aux hautes températures et la présence de matière organique alors que, en Europe ils ont une grande diversité et variété de ces populations qui est liée aux températures très basses.

Selon TUFFERY & VERNEAUX (1967) ; THOMAS (1981) ; GIANI (1983) et GUIDICELLI et *al.* (1985), les zones du réseau hydrographique à fortes et à moyennes températures journalières, ou à salinité élevée sont dépourvues des Plécoptères.

LOUNACI et *al.* (2000) ont précisé que dans les réseaux hydrographiques de la Kabylie, l'abondance des Plécoptères est liée à l'importance de la ripisylve, températures relativement basses et les débris végétaux. En général, les Plécoptères sont des espèces polluosensibles et sténothermes d'eau froide et bien oxygénée.

Les Plécoptères récoltés comptent 1001 individus soit 2,05 % de la faune totale. Ils se répartissent en 5 familles et 8 genres : Capniidae (*Capnia*, *Capnopsis*), Leuctridae (*Leuctra*), Nemouridae (*Amphinemoura*, *Protonemoura*, *Nemoura*), Perlodidae (*Perlodes*) et Taeniopterygidae (*Brachyptera*) (figure 15).

La figure 15 met en évidence la dominance sur le plan numérique des Capniidae dont 92,20 % (923 individus) et représenté par le genre *Capnia*. Les autres genres sont faiblement représentés, ils présentent des abondances relatives par rapport aux peuplements plécoptérologiques comprises entre 0,29 % (*Leuctra* : Leuctridae, *Amphinemoura* et *Protonemoura* : Nemouridae) et 2,79 % (*Nemoura* : Nemouridae).

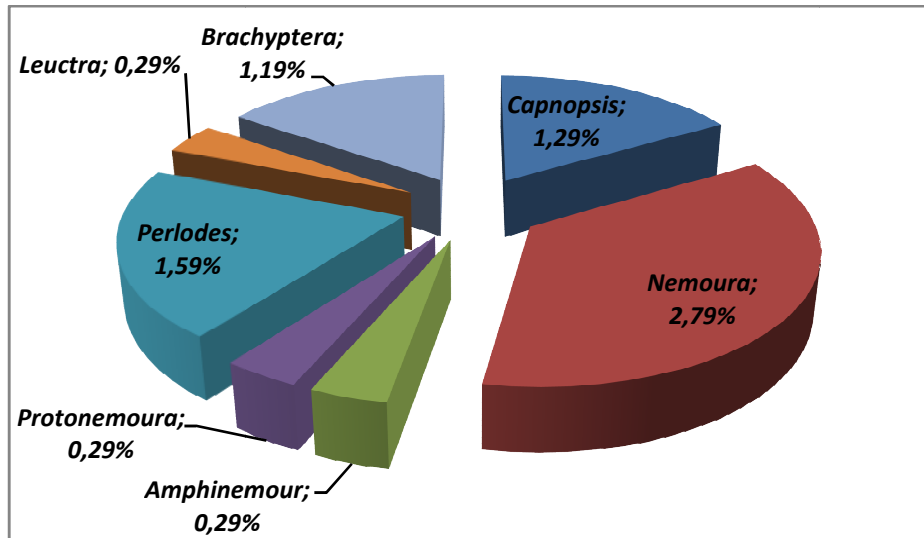


**Figure 15:** Abondance relative des Plécoptères récoltés.

La distribution longitudinale des Plécoptères le long des stations étudiées (figure 16) met en évidence l'importance de cet ordre d'insectes à la station II avec 954 individus (soit 95,30 % du peuplement) répartis en 5 genres. Cette station (torrent de montagne située à 1290 m d'altitude) est caractérisée par un substrat grossier, température de l'eau la plus basse, absence de pollution. Ces conditions permettent l'installation des Plécoptères, organismes connus pour leur polluo-sensibilité surtout à la présence de matière organique et élévation des températures.

Les 5 genres récoltés uniquement au niveau de la station II sont qualifiés de sténotopes et sténothermes d'eau froide, il s'agit de : *Capnia*, *Capnopsis*, *Leuctra*, *Protonemoura* et *Brachyptera*. La station IL (710 m) présente aussi 2 genres *Amphinemoura* et *Perlodes*.

En effet, LOUNACI-DAOUDI (1996); VINCON & PARDO (1998); MEBARKI (2002) et LOUNACI (2005) signalent que *Porotonemoura*, *Amphinemoura*, *Brachyptera* et *Leuctra* fréquentent les milieux lotiques montagnards. De plus, les Plécoptères sont connus pour leur polluo-sensibilité aux milieux affectés quelque perturbation.

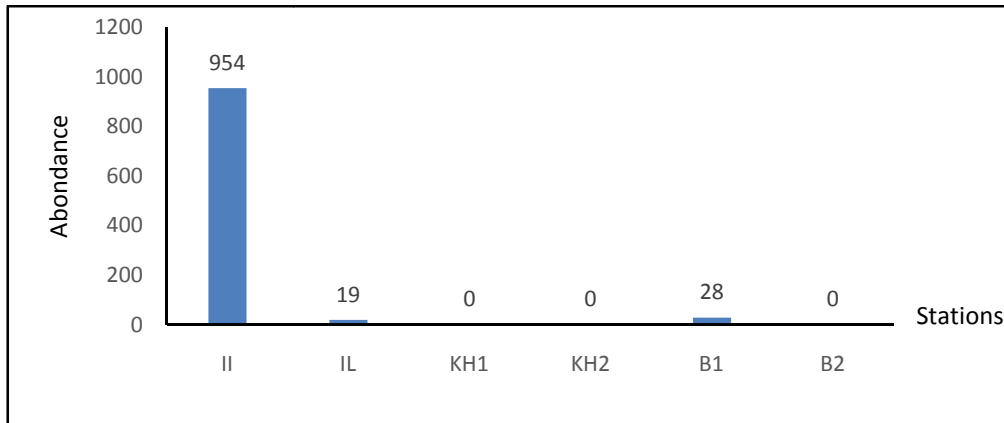


**Figure 16 :** Distribution des Plécoptères dans les stations d'étude.

### • Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques à l'exception du Limnephilidae *Enoicyla pusilla* qui s'est secondairement adapté à la vie terrestre.

Les Trichoptères récoltés totalisent 238 individus (soit 0,48 % de la faune totale) répartis en 3 familles et 4 genres (figure 17).

La famille des Hydropsychidae est la plus abondante. Elle est représentée par l'unique genre *Hydropsyche* qui compte 172 individus soit 72,26 % du peuplement trichoptérologique.

Les genres *Allotrichia* (Hydroptilidae) et *Rhyacophila* (Rhyacophilidae) se placent en seconde position avec une abondance relative de 13,02 % chacun. Le genre *Stactobia* (Hydroptilidae) se place en dernier avec seulement 4 individus récoltés soit 1,68 % du total des Trichoptères recensés.

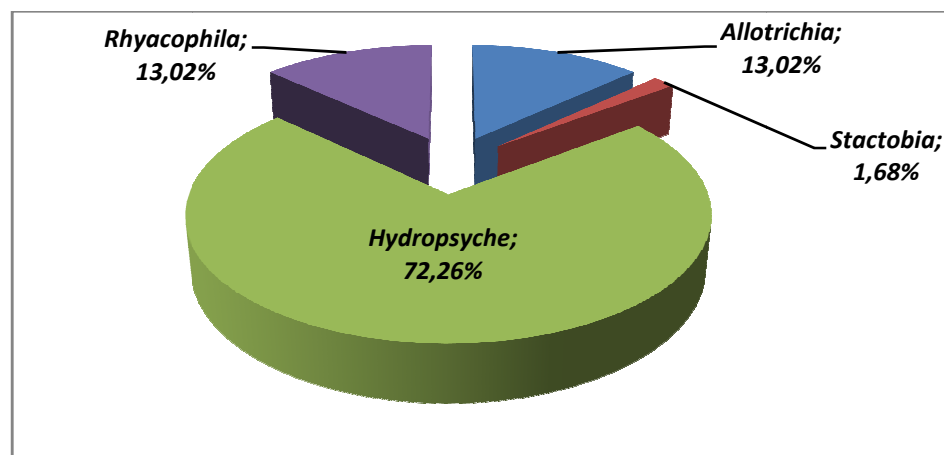


**Figure 17 :** Abondance relative des Trichoptères recensés.

La distribution longitudinale des Trichoptères le long des stations étudiées (figure 18) met en évidence leur abondance au niveau du secteur inférieur (stations B1 et B2). Ces dernières situent respectivement à 200 et 190 m d'altitude dénotent des effectifs élevés en Trichoptères avec 100 individus et 112 individus. Ce qui est dû essentiellement à la prolifération des Hydropsychidae (*Hydrpsyche*) connus pour leur résistance à la pollution (présence de matière organique). MOISAN et *al.* (2006) signalent que parmi les Trichoptères, la famille des Hydropsychidae présente une tolérance à la pollution.

Les stations KH1 et KH2 sont faiblement représentées en Trichoptères avec respectivement 20 individus appartenant à la famille des Rhyacophilidae (*Rhyacophila*) et 6 individus dont 3 représentant des Hydroptilidae (*Allotrichia*) et 3 de Rhyacophilidae (*Rhyacophila*).

Le secteur amont du réseau hydrographique étudié est dépourvu de Trichoptères, ce qui est dû probablement aux émergences précoces des taxons.

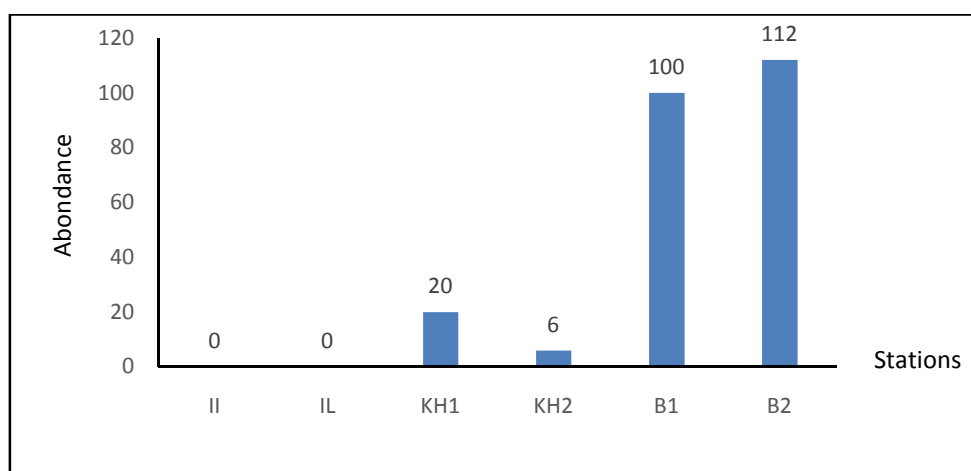


**Figure 18 :** Distribution des Trichoptères dans les stations d'étude.

### • Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères représentent l'ordre d'insectes le plus primitif parmi les insectes ailés. Ils sont des hémimétaboles qui présentent un stade ailé unique dans la classe des insectes (le subimago) qui précède le stade imaginal (WEBER & WEIDNER, 1974). Les Ephémères sont très diversifiées à la fois sur le plan des habitats colonisés par les larves (eaux courantes, eaux stagnantes), des relations qu'elles entretiennent avec le substrat (comportement fouisseur, de reptation ou nageur) ainsi qu'au niveau des comportements alimentaires (broyeur détritivore, racleur de substrat ou filtreur) (ZRELLI et *al.*, 2015).

Les prospections réalisées ont permis de recenser 18905 individus d'Ephéméroptères répartis en 2 familles et 2 genres : Baetidae (*Baetis*) et Caenidae (*Caenis*). Ils représentent 38,7 % de la faune totale (figure 19).

La famille la plus abondante est celle des Baetidae. Elle compte 18370 individus, soit 97,17 % du peuplement éphéméroptérologique. Ils sont présents dans toutes les stations. VERNEAUX (1973), SOWA (1975) et THOMAS (1981) signalent que les Baetidae et particulièrement les éléments du genre *Baetis* ont un caractère d'eurytopie et résistent à la pollution. De plus, ils se comportent comme des espèces pionnières, très aptes à coloniser un substratum en grande partie déserté par les espèces fragiles.

Les Caenidae, représentés par le genre *Caenis*, ne constituent que 2,82 % du peuplement.

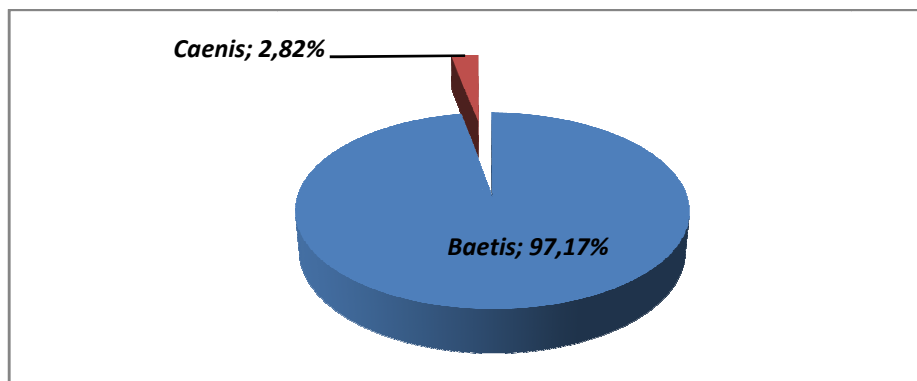


**Figure 19 :** Abondance relative des Ephéméroptères étudiés.

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (figure 20) met en évidence leur importance dans la station B2 (11620 individus, soit 61,46 %). La station B1 avec 5640 individus récoltés se place en deuxième position sur le plan numérique. Elle est suivie par la station KH1 avec 1120 individus puis la KH2 avec 431 individus. Le cours supérieur est faiblement représenté en Ephéméroptères : II avec seulement 5 individus (*Baetis*) et IL avec 89 individus (*Caenis*). Ils sont localisés dans les stations de moyennes et basses altitudes, et cette répartition est semblable à celle précisée par (LOUNACI, 1987; AIT MOULOUD, 1988 et LOUNACI-DAOUDI, 1996), qui signalent que ces espèces sont thermophiles inféodés aux cours de moyennes et basses altitudes.

LOUNACI (2005), révèle que les sites d'altitudes ne constituent pas les refuges privilégiés par les Ephéméroptères vu les caractéristiques contraignant du milieu : températures basses, faible largeur du lit et fond érodé à dominance de roches.

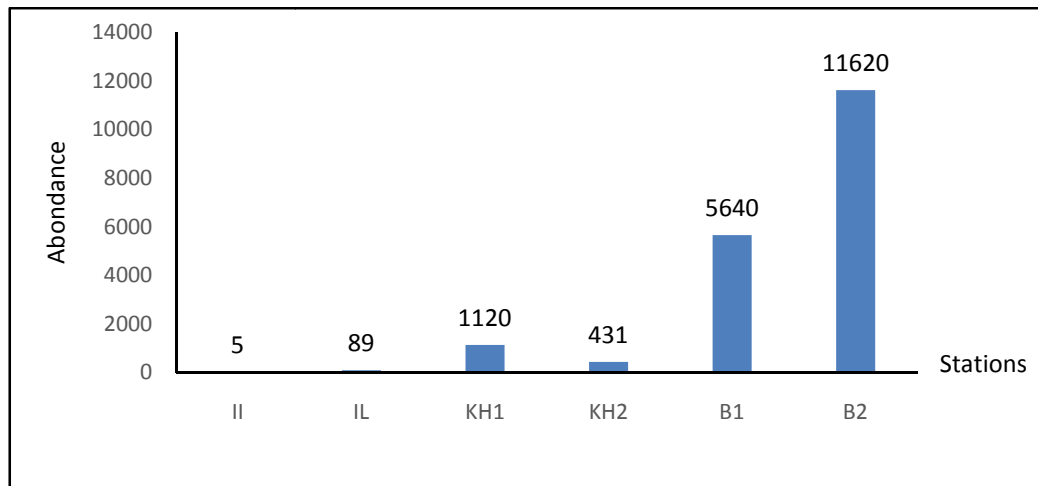


**Figure 20 :** Répartition des Ephéméroptères dans les stations d'étude.

- **Les Oligochètes**

Ce sont des organismes aquatiques fouisseurs nommés agents naturels de la diagenèse de la fertilisation et de la pollution des sédiments vu leurs activités mécaniques.

Ils fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux de sources jusqu'au cours d'eau de plaine. Ils sont surtout représentés dans les sections les plus proches des pollutions. Leur augmentation massive se produit dans les eaux riches en matières organiques. (ECHAUBAR & NEVEUX, 1975 et TOURENQ, 1975).

La figure 21 montre que les Naididae dominent largement le peuplement avec un taux de 99,86 % soit 7592 individus récoltés. Ils sont présents entre 190 m et 370 m d'altitude. Les Naididae colonisent divers types d'habitats. Certains affectionnent les milieux sablonneux ou limoneux – vaseux, d'autres la végétation aquatique (mousses, macrophytes), d'autres encore, les habitats à courant lent riches en détritux végétaux (SEKHI, 2010).

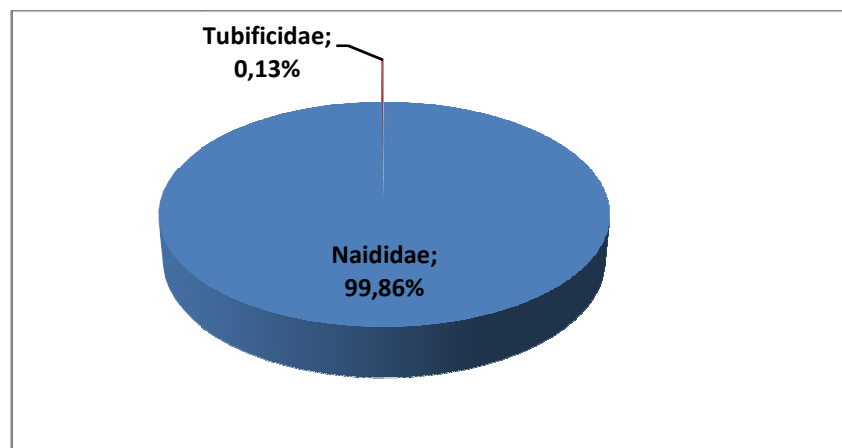


**Figure 21 :** Abondance relative des Oligochètes recensés.

L'évolution stationnelle des Oligochètes (figure 22) montre que sur le plan numérique, les stations de moyenne et basse altitude sont les plus riches en Naididae avec un maximum d'effectif noté dans la station B2 (2756 individus). Le secteur amont, du réseau hydrographique étudié, ne compte que quelques rares individus appartenant à la famille des Tubificidae (figure 22).

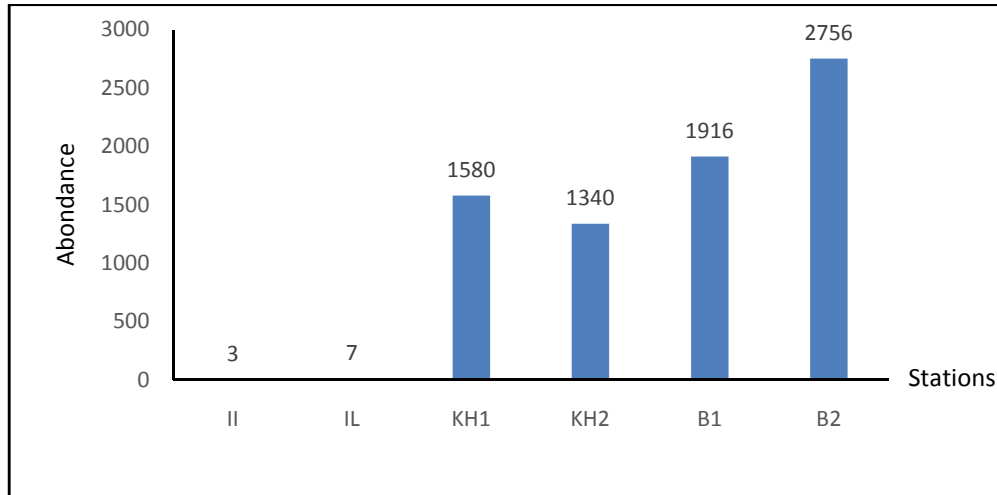


**Figure 22 :** Répartition des Oligochètes dans les stations d'étude.

- **Les Hydracariens**

Ce sont des petits Acariens d'eau douce, leur développement est important dans les cours d'eau à courant rapide à modéré où la température est assez élevée.

Dans le cadre de ce travail, les Hydracariens totalisent 1232 individus, soit 2,5 % de la faune totale. Leur répartition semble être hétérogène. Néanmoins, les effectifs les plus élevés sont notés en basse altitude avec 828 individus au niveau de la station B1 (200 m d'altitude).

- **Les autres groupes faunistiques**

Les autres ordres zoologiques (Odonates, Hétéroptères, Mollusques, Planipennes et Collembolés) sont très peu abondants et très peu fréquents dans nos prélèvements, ils ne sont présents que dans une ou deux stations. Cet ensemble ne constitue que 0,09 % de la faune totale.

- **Les Odonates**

Les Odonates, représentés par une seule famille (Gomphidae) et un seul genre (*Gomphus*), ne totalisent que 7 individus ces derniers sont notés dans la station KH1 (370 m d'alt.) avec 4 individus et 3 individus notés dans la station KH2 (220 m d'alt.).

### ■ Les Hétéroptères

Les Hétéroptères aquatiques se rencontrent pratiquement en toute saison (POISSON, 1957). Ils peuplent divers habitats aquatiques et s'observent aussi sur les rives. Les Hétéroptères récoltés appartiennent à la famille Vélidae et au genre *Véla*. Ils totalisent seulement 8 individus répartis dans deux stations KH1 et B2 (4 individus chacune). SEKHI (2010) signale que les Vélidae montrent une préférence pour les anses calmes des cours d'eau peu profonds et à fonds meuble riches en matière organiques.

### ■ Les Mollusques

D'après la littérature, ils ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental. Dans ce travail, 3 individus appartenant à la famille des Ancyliidae et au genre *Ancylus* sont récoltés dans la station IL à 710 m d'altitude.

### ■ Les Planipennes

Nommés également Névroptère, les Planipennes sont des insectes holométaboles (JOHANNA, 2006). Trois individus (soit 0,006% de la faune totale) sont inventoriés dans la station IL. Ils appartiennent à la famille de Neurorthidae et au genre *Neurorthus*.

### ■ Les Collembolles

Ils sont des insectes primitifs qui portent un groupe zoologique d'intérêt incontestable, tant que sur le plan entomologique et écologique, que biologique des sols. D'après DALAMARE-DEBOUTTEVILLE (1951) et ZAROURI & MEZANI (2002), les deux facteurs essentiels qui permettent d'expliquer la plupart des phénomènes de répartition d'écobiologie des Collembolles sont la température et l'humidité qui règnent dans leur habitat immédiat. Dans nos récoltes, les Collembolles ne comptent que 28 individus, (soit 0,057% de la faune totale). Ils ne se présentent que dans deux stations à savoir KH1 avec 12 individus et la station B1 avec 16 individus.

## 3-Etude de la diversité

les indices de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés sont consignés dans le tableau VIII. Les indices H' sont dans leur globalité assez moyens. Ils varient entre un maximum de 1,74 (IL) et un minimum de 0,52 (II).

**Tableau VIII :** Valeur des indices H' et E dans les stations d'étude

| Indices | II   | IL   | KH1  | KH2  | B1   | B2   |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| H'      | 0,52 | 1,74 | 1,63 | 1,08 | 1,56 | 1,20 |
| E       | 0,19 | 0,68 | 0,60 | 0,41 | 0,55 | 0,43 |

La station IL située à 710 m dénote un  $H'$  de 1,74 et une équitabilité de 0,68. Cette station présente une hétérogénéité du substrat avec la présence de matière organique permettant l'installation d'une faune relativement diversifiée surtout en Diptères.

Inversement, la station II (ruisseau de montagne) située à 1290 m d'altitude présente les indices de diversité  $H'$  et  $E$  les plus faibles avec respectivement 0,52 et 0,19. Cette station est exempte de pollution présente des caractéristiques environnementales très particulières (vitesse du courant lente, température très basse ( $7^{\circ}\text{C}$ ), substrats grossiers composés essentiellement de dalles et gros galets, dominance de la strate herbacée et absence de recouvrement), ne permet que l'installation d'une faune sténotherme d'eau froide et polluo-sensible. Sans oublier l'assèchement précoce des portions importantes de la station donc diminution de niches écologiques par conséquent faible capacité d'accueil du milieu et réduction de la diversité faunistique.

L'équitabilité de 0,19 correspond à la dominance des plécoptères dans la station par rapport aux autres taxons.

En effet, SCRIMGEOUS et *al.* (1994) admettent que l'assèchement précoce du ruisseau, l'affaiblissement du débit et l'apparition des petites flaques d'eaux dispersées tout au long du lit engendrent une réduction dans la dimension des biotopes (niches écologiques limitées), induisant à une réduction dans la capacité d'accueil du milieu voir même à une disparition des espèces déjà présentes.



**Figure 23 :** Evolution des indices  $H'$  et  $E$  dans les stations étudiées.

#### 4-Structure mésologique

LAVENDIER (1979) ; LOUNACI et *al.* (2000) ont rapporté que la distribution spatiale des invertébrés benthiques est fonction de facteurs environnementaux qui varient d'une station à l'autre. Les études hydrobiologiques visant la description de l'écologie ainsi que la distribution de la faune limnique, nécessitent la détermination de la structure mésologique.

Dans ce travail, 11 descripteurs environnementaux sont pris en considération pour caractériser chacune des 06 stations d'étude (tableau IX).

**Tableau IX :** Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées

Alt : Altitude (m) ; Diss : Distance à la source (km) ; GG : Gros Galets (%) ; SL : Sable et Limon (%) ; Tem : Température moyenne (°C) ; Rec : Recouvrement (%) ; Pro : Profondeur de la lame d'eau (cm) ; MO : Matière Organique (%) ; Vaq : Végétation aquatique (%) ; Lar : Largeur du cours d'eau (m) ; Pent : Pente (%).

| Stations   | Alt  | Pent | Diss | Lar | Pro | Tem | Vaq | Rec | GG | SL | MO |
|------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| <b>II</b>  | 1290 | 30   | 0,5  | 1   | 15  | 7   | 5   | 0   | 90 | 10 | 0  |
| <b>IL</b>  | 710  | 14   | 2    | 1.5 | 20  | 9   | 10  | 30  | 75 | 20 | 5  |
| <b>KH1</b> | 370  | 3    | 2    | 5   | 25  | 12  | 20  | 60  | 50 | 30 | 20 |
| <b>KH2</b> | 220  | 1,5  | 11   | 7   | 30  | 17  | 20  | 10  | 45 | 45 | 10 |
| <b>B1</b>  | 200  | 1    | 12   | 12  | 35  | 22  | 25  | 0   | 25 | 50 | 25 |
| <b>B2</b>  | 190  | 0,8  | 14   | 20  | 35  | 23  | 30  | 0   | 25 | 50 | 25 |

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres pris en compte a montré que la plupart des variables sont inter corrélées (tableau X) et particulièrement :

- altitude, pente, gros galets, variables parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus décroissante.
- distance à la source, largeur du lit, profondeur, végétation aquatique, sable et limon, matière organique et température sont liées par une relation croissante.
- quant au recouvrement, son niveau de liaison est en générale assez faible et ne présente pas de linéarité avec les autres paramètres

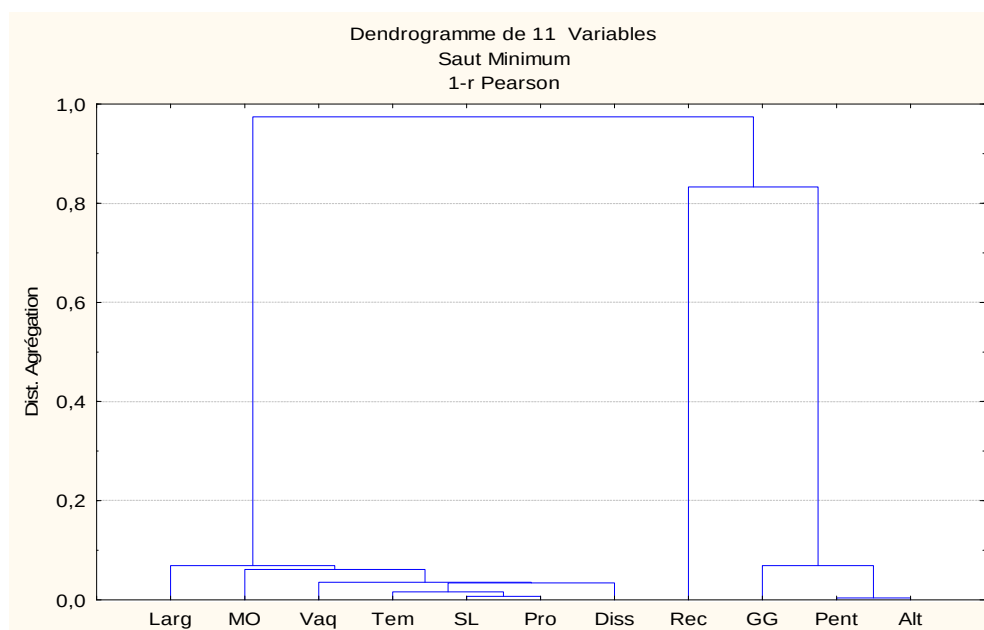
**Tableau X** : Matrice de corrélation entre variables environnementales

| Corrélations (Feuil.sta) Observation à VM ignorée N=6 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|                                                       | Alt   | Pent  | Diss  | Larg  | Pro   | Vaq   | Rec   | GG    | SL   | MO   | Tem  |
| Alt                                                   | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| Pent                                                  | 1,00  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| Diss                                                  | -0,79 | -0,73 | 1,00  |       |       |       |       |       |      |      |      |
| Larg                                                  | -0,71 | -0,67 | 0,88  | 1,00  |       |       |       |       |      |      |      |
| Pro                                                   | -0,92 | -0,89 | 0,94  | 0,88  | 1,00  |       |       |       |      |      |      |
| Vaq                                                   | -0,92 | -0,90 | 0,86  | 0,91  | 0,96  | 1,00  |       |       |      |      |      |
| Rec                                                   | -0,08 | -0,16 | -0,55 | -0,41 | -0,27 | -0,12 | 1,00  |       |      |      |      |
| GG                                                    | 0,93  | 0,91  | -0,88 | -0,88 | -0,99 | -0,98 | 0,17  | 1,00  |      |      |      |
| SL                                                    | -0,93 | -0,90 | 0,95  | 0,85  | 0,99  | 0,95  | -0,28 | -0,97 | 1,00 |      |      |
| MO                                                    | -0,83 | -0,83 | 0,69  | 0,83  | 0,88  | 0,94  | 0,03  | -0,93 | 0,83 | 1,00 |      |
| Tem                                                   | -0,84 | -0,80 | 0,97  | 0,93  | 0,98  | 0,94  | -0,42 | -0,96 | 0,97 | 0,85 | 1,00 |

La classification ascendante hiérarchique de l'ensemble des paramètres environnementaux (figure 24) montre deux groupes :

**Groupe 1** : altitude (Alt), pente (Pent), substrat grossier (GG) et recouvrement (Rec) caractérisent les stations alticoles allant de 1290 m à 370 m (II, IL et KH1).

**Groupe 2** : profondeur (Pro), distance à la source (Diss), végétation aquatique (Vaq), matière organique (MO), température (Tem), sable et limon (SL) et largeur du lit (Lar) caractérisent les stations de moyenne et de basse altitude (KH2, B1 et B2).

**Figure 24** : Dendrogramme de la distribution des paramètres environnementaux.

L'ACP des paramètres environnementaux (figure 25) réalisée sur la base de la CAH, fait apparaître dans l'espace deux facteurs significatifs F1 (axe 1) et F2 (axe 2). Ces deux axes concentrent une information totale de 95,33 %, soit 82,58 % sur l'axe 1 et 13,35 % sur l'axe 2.

La figure 25 indique que les variables altitude (Alt), pente (Pente), substrat grossier (GG) sont fortement liées entre elles et avec l'axe F1 en position positive, et bien représentées dans le plan F1-F2, décroissant progressivement de l'amont vers l'aval.

Les variables profondeur (Pro), distance à la source (Diss), végétation aquatique (Vaq), matière organique (MO), température (Tem), sable/ limon (SL) et largeur du lit (Lar), sont liées entre elles et avec l'axe 1 en position négative, et voient leurs valeurs croître de l'amont vers l'aval du réseau hydrographique.

La variable recouvrement (Rec) est liée à l'axe F2 en position positive.

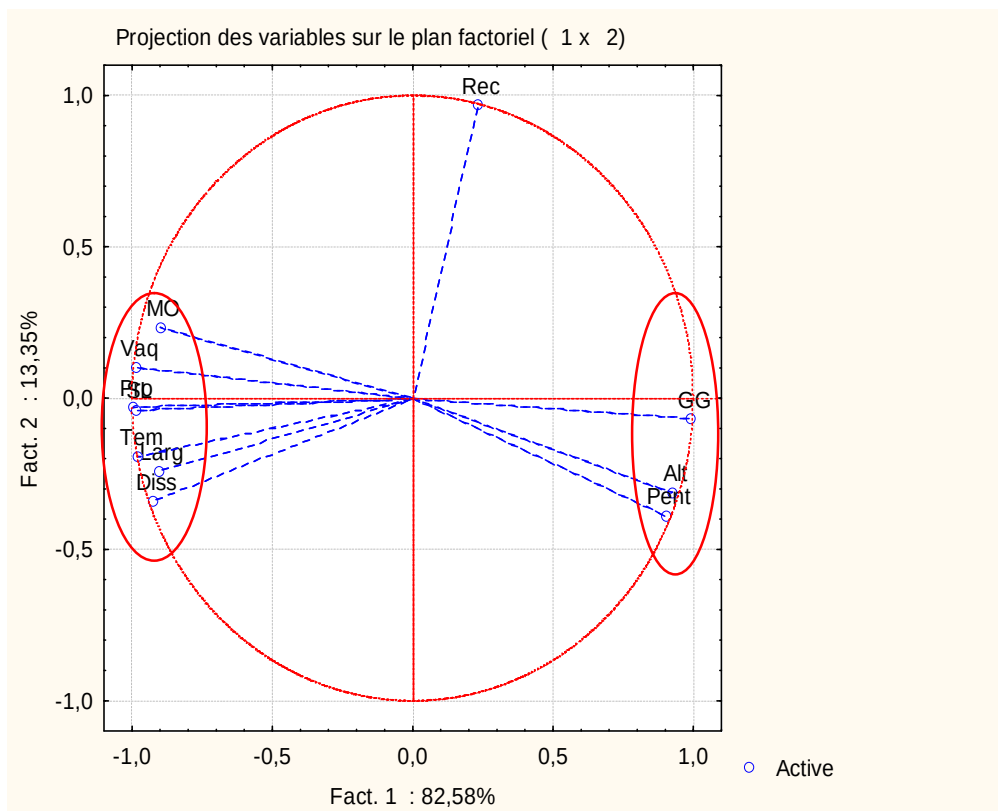


**Figure 25 :** Analyse en composantes principales des paramètres environnementaux dans le plan factoriel F1-F2.

La classification ascendante hiérarchique des stations d'étude indique deux groupes (figure 26):

**Groupe 1 :** englobe les stations II, IL et KH1 qui montrent une ressemblance et liaison entre elles par les caractéristiques environnementales, altitude (Alt), pente (Pen), gros galet (GG) et recouvrement (Rec).

**Groupe 2 :** il concerne les stations KH2, B1 et B2 qui montrent une ressemblance entre elles selon les critères environnementaux suivant : sable/ limon (S/L), matière organique (MO), distance à la source (Diss), végétation aquatique (Vaq), température de l'eau (T°C), largeur du lit (Lar), et profondeur (Pro).

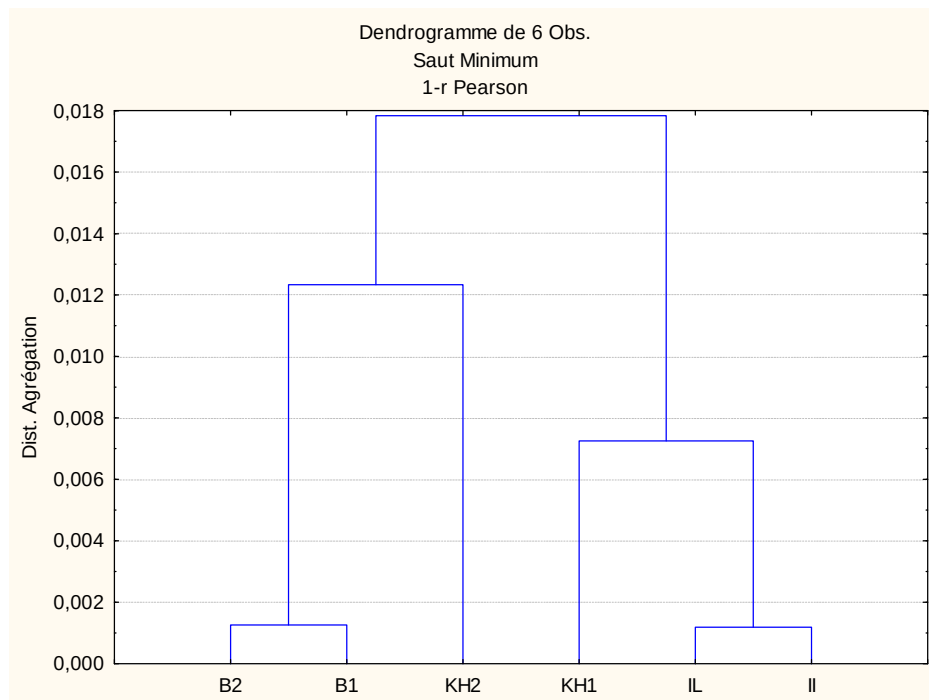


**Figure 26 :** Dendrogramme de la distribution des stations.

La représentation des stations dans l'espace des mêmes facteurs significatifs (F1 : 82,58 % et F2 : 13,35 %) fait apparaître sur l'axe 1 les stations les plus en amont (II et IL) et celle de piémont (KH1) en position positive qui s'opposent aux stations de plaine (KH2) et de basse altitude (B1 et B2) en position négative sur le même axe.

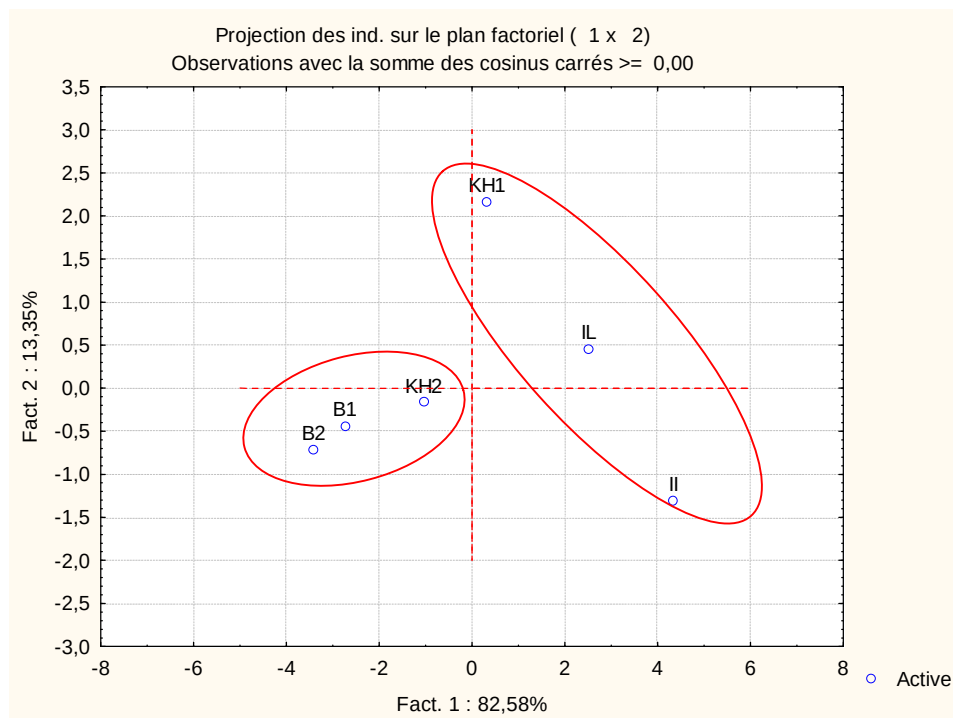


**Figure 27 :** Distribution spatiale des stations d'étude dans le plan factoriel F1-F2

## 5- L'appréciation globale de la qualité de l'eau

L'évaluation de la qualité des eaux courantes est réalisée le plus souvent par des analyses chimiques et microbiologiques qui indiquent les sources de pollution ainsi que le type de perturbation. Aujourd'hui, les analyses par voie biologique deviennent les plus utilisées vu leur importance et efficacité :

- elles évaluent la qualité du milieu ;
- apportent de nouvelles connaissances scientifiques sur les risques associés à l'utilisation de molécules potentiellement toxiques, dans l'agriculture ou dans l'industrie ;
- évaluent les effets des effluents urbains, industriels, et des déchets sur le milieu.

Les diagnostics réalisés par les méthodes biologiques sont fondées sur le suivi de la qualité hydrobiologique qui est défini comme la surveillance d'un écosystème aquatique en utilisant la réponse des organismes vivants et leurs exigences particulières par rapport aux différents facteurs du milieu afin de déterminer l'équilibre ou le déséquilibre de cet environnement.

Dans notre travail, nous avons procédé à une analyse biologique des eaux de notre réseau hydrographique à l'aide d'indice biologique global normalisé (IBGN).

### 5.1 L'approche générale

L'indice biologique global normalisé (IBGN) est un outil inspiré d'une norme française AFNOR NF T90-350 fondé en 1992 et révisé en 2004.

IL s'appuie sur les macro invertébrés benthiques et les considère comme indicateurs de la santé du cours d'eau 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. BLANDIN (1986), révèle que les bio- indicateurs sont « une population ou ensemble de population, qui par ses caractéristiques qualitatives ou quantitatives témoigne de l'état d'un système écologique et qui par des variations de ses caractéristiques, permet de détecter d'éventuelles modifications du milieu ».

HILSENHOFF (1988), LENAT (1988), BODE et *al.* (1991) admettent que les macro-invertébrés benthiques sont de bons indicateurs de la pollution des eaux. KLEMM et *al.* (1990), RESH et *al.* (1995), BARBOUR et *al.* (1999) déclarent que les Ephéméroptères, les Trichoptères et les Plécoptères sont généralement les groupes les plus sensibles à la pollution de l'eau, la diversité de leurs taxa et leur abondance sont en fonction du degré de perturbation. Autres auteurs comme PARSONS & NORRIS (1996), SOLDNER et *al.* (2004) témoignent

que la qualité de l'eau influe sur la richesse taxonomique. En réalité, la présence ou l'absence d'un organisme vivant dans le milieu traduit l'aptitude du système à héberger les différents embranchements benthiques.

### **5.1.1 Les objectifs**

La mise en œuvre de l'IBGN, n'a pas qu'un seul objectif. Elle rapporte de grands intérêts pour les études écologiques des eaux courantes :

- tout d'abord, il permet de situer la qualité biologique de l'eau courante d'un site donné dans une gamme typologique générale ;
- en plus, il permet le suivi de l'évolution de la qualité du matériel biologique d'un site dans le temps et dans l'espace ;
- en fin, il donne une évaluation de l'effet d'une perturbation sur le milieu étudié.

### **5.1.2 Les avantages et les limites de la méthode**

#### **• Les avantages**

Le choix de cet indice revient aux avantages qu'ils présentent au cours de son application :

- facilité d'échantillonnage et d'application ;
- il renseigne sur l'aptitude biogène des milieux, c'est-à-dire sur la capacité du milieu d'abriter des espèces ;
- il prend en compte l'ensemble des macro-invertébrés des communautés et pas uniquement les groupes les plus sensibles ;
- il détecte l'effet des altérations dans un milieu, et permet l'établissement d'une classification de son état écologique et biologique.

#### **• Les limites**

L'IBGN est un outil gestionnaire plus qu'un outil de recherche, il s'applique généralement sur des eaux vives et torrentielles. Comme tous autres indices biologiques l'IBGN présente des limites d'applications :

- il ne permet pas d'expliquer les causes et les origines des perturbations avec certitude ;
- les effets d'une même perturbation peuvent s'exprimer selon le niveau typologique du milieu ;

- sa valeur référentielle est de 20 dans les sites non pollués, et diminue dans les milieux à un niveau typologique extrême ;
- la valeur d'IBGN est affectée par des cycles biologiques de la macrofaune et de l'évolution des conditions du milieu.

### **5.1.3 Le répertoire des organismes retenus**

Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 138 taxons (annexe 5) susceptibles de participer à la variété totale ( $\Sigma t$ ), 38 d'entre eux constituent les 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numérotés de 1 à 9 par ordre de polluo-sensibilité. L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe.

## **5.2 Le calcul de l'IBGN**

L'indice est obtenu à partir du tableau standard de détermination (voir tableau XI) comprenant en ordonnée les 09 groupes faunistiques indicateurs donnés par ordre décroissant de 09 à 01 commençants par les ordres les plus polluosensibles aux polluo-résistants, et en abscisse les 14 classes de variété taxonomiques.

- la variété taxonomique de l'échantillon ( $\Sigma t$ ) égale au nombre total de taxons récoltés ;
- le groupe faunistique indicateur (GI), prend en compte les taxons indicateurs représentés par au moins trois individus ou 10 individus selon le taxon.

La démarche de détermination de l'IBGN passe par plusieurs étapes :

- la détermination du GI, qui s'effectue en prospectant l'ordonnée du tableau de haut en bas et en arrêtant l'examen à la première présence significative ( $n \geq 3$ ) ou ( $n > 10$ ) d'un taxon ;
- pour obtenir IBGN on fait une projection entre les numéros situés en ordonnées et ceux de l'abscisse ;
- en fin, on attribue la note de qualité adéquate, celle-ci varie de 1a 20.

**Tableau XI** : Valeurs de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (extrait de la Norme AFNORT 90-350.1992).

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

1. Taxons représentés par au moins 10 individus/les autres par au moins 3 individus

### 5.2.1 L'appréciation de la qualité de l'eau

L'appréciation globale de la qualité hydrobiologique est donnée après l'obtention des IBGN pour chaque station prélevée, Cette opération fait appel au tableau XII dit grille d'appréciation de la qualité de l'eau imposée par la NORM-AFNOR T-90-350-1990. cette appréciation est définie selon 5 niveau de couleur.

**Tableau XII:** Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (NORM AFNOR T- 90-350).

| IBGN                    | $\geq 7$   | 16-13   | 12-9    | 8-5        | $<4$      |
|-------------------------|------------|---------|---------|------------|-----------|
| Classe de qualité       | 1A         | 1B      | 2       | 3          | HC*       |
| Qualité hydrobiologique | Excellente | Bonne   | Moyenne | Médiocre   | Mauvaise  |
| Pollution               | Absente    | Modérée | Nette   | Importante | Excessive |
| Couleur                 | Blue       | Vert    | Jaune   | Orange     | Rouge     |

- HC\* : Hors Classe

Définition des classes de qualité :

- Classe 1A (couleur bleue) indique une eau de qualité excellente (absence de pollution) ;
- Classe 1B (couleur verte) indique une eau de bonne qualité (avec une pollution modérée) ;
- Classe 2 (couleur jaune) indique une eau de qualité moyenne (avec une pollution nette) ;
- Classe 3 (couleur orange) indique une eau de qualité médiocre (avec une pollution importante) ;
- Hors classe4 (couleur rouge) indique une mauvaise qualité (avec une pollution excessive).

### 5.2.2 L'analyse des résultats

Le tableau XIII résume les résultats des analyses hydrobiologiques (diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur d'IBGN, classe de qualité hydrobiologique 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, la valeur d'IBGN est donnée par le point de recoupement entre la diversité faunistique au sein de la station étudiée et la nature du groupe indicateur le plus élevé.

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

| Stations                | II    | IL    | KH1      | KH2     | B1      | B2      |
|-------------------------|-------|-------|----------|---------|---------|---------|
| Altitude(m)             | 1290  | 710   | 370      | 220     | 200     | 190     |
| Diversité taxonomique   | 15    | 13    | 15       | 14      | 17      | 16      |
| Groupe indicateur       | 9     | 9     | 4        | 5       | 6       | 5       |
| IBGN                    | 13    | 13    | 8        | 9       | 11      | 9       |
| Classe de qualité       | 1B    | 1B    | 3        | 2       | 2       | 2       |
| Qualité hydrobiologique | Bonne | Bonne | Médiocre | Moyenne | Moyenne | Moyenne |
| Couleur                 | vert  | vert  | orange   | jaune   | jaune   | jaune   |

Les stations II et IL présentent une qualité hydrobiologique bonne indiqué par un IBGN égale à 13. Le groupe indicateur est de 9 démontrant ainsi un état du milieu qui est stable avec une eau de bonne qualité. Tout de même la richesse taxonomique dans ces stations n'est pas importante. Elle est de l'ordre de 15 dans la station II et de 13 dans la station IL.

Ces stations d'eau froide, très exigeantes abritent une variété de macro- invertébrés rassemblant les espèces sténothermes, surtout les Plécoptères : *Capnia*, *Capnopsis*, *Leuctra*, *Protonemoura*, *Nemoura*, *Amphinemoura* et *Brachyptera* et quelques taxons des Coléoptères : *Oulimnius*, *Hélophorus*, *Ochthebius* et *Staphilinus*. Ainsi que les espèces à large valence écologique, eurytopes et eurythermes cas des Oligochètes, des Ephéméroptères et des Diptères.

Les stations KH2, B1 et B2 reflètent une qualité hydrobiologique moyenne, leur IBGN sont respectivement de 9, 11, 9. Les groupes indicateurs sont représentés par une valeur basse (5, 6,5) indiquant une légère dégradation du milieu et de l'eau. Les diversités taxonomiques

sont assez élevées dans la B1 et la B2 (17,16), alors que dans la KH2 la diversité n'est que de 14.

Les taxons peuplant ces tronçons de piémont et basse altitude sont tous des eurytopes, thermophiles, polluo-résistants possédant des capacités adaptatives et de recolonisation remarquables, exemple des Diptères, Trichoptères, Mollusques et Ephéméroptères.

La qualité hydrobiologique dans la station de moyenne montagne KH1 est qualifiée de médiocre. Elle présente un IBGN égale à 8, avec un groupe indicateur de 4 indiquant une altération de la qualité de l'eau accompagnée d'une dégradation de l'état de cet écosystème. Trois groupes d'invertébrés benthiques se partagent la quasi-totalité du peuplement de cette station. Il s'agit des Ephéméroptères Baetidae (880 individus), les Diptères Simuliidae (1728 individus) ainsi que les Chironomidae (948 individus), et les Oligochètes Naididae avec (1580 individus). Ces effectifs témoignent d'une dégradation de la qualité biologique.

### 5.2.3 La discussion

Sur les figures 28 et 29 (A, B, C, D) sont représentés les résultats des analyses hydrobiologiques : diversité taxonomique totale, groupe indicateur repère, valeur de l'IBGN et la classe de qualité.

A partir de ces résultats recueillis nous avons isolé trois secteurs de cours d'eau.

- dans le secteur des stations II et IL, situées en amont du réseau hydrographique étudié on observe une qualité hydrobiologique bonne (classe de qualité 1B) avec une diversité faunistique considérable. Les groupes indicateurs repères sont élevés (GI=9). La présence de taxons sensibles aux pollutions indique une qualité de l'eau et de milieu correcte.

Le peuplement est composé par une variété de famille de macro invertébrés incluant essentiellement les ordres les plus polluosensibles (Plécoptères 5 familles et 8 genres).

- dans le secteur des stations KH2, B1 et B2 on observe une qualité hydrobiologique moyenne (classe de qualité 2) montrant une légère dégradation par rapport aux stations d'altitudes. La diversité faunistique est tout de même importante indiquant une occupation optimale de nombreuses niches écologiques disponibles. Les groupes indicateurs sont de 5 et 6. Ces stations sont soumises aux perturbations d'origine humaines : extraction de sable qui engendre sans doute une déstabilisation du lit, les rejets des déchets urbains biodégradables et contamination des eaux par quelques effluents urbains qui ne font qu'augmenter la turbidité des eaux. L'effet de ces facteurs reste limité vu que la classe de qualité est de 2 et le milieu est très peu altéré. Puisque elles présentent des ordres polluosensibles, les insectes Trichoptères (3 familles), Plécoptères (1 famille) et Coléoptères (3 familles).

- le secteur de la station KH1 de l'oued Hallil situé en aval des agglomérations montre une qualité hydrobiologique médiocre. Ayant une classe de qualité égale à 3 et un groupe indicateur bas égale à 4 indiquant une mauvaise qualité de l'eau ingérant une régression et une déstabilisation dans la qualité biologique.

Les résultats obtenus dans ce travail, par l'évaluation biologique de la qualité de l'eau des différentes stations par la méthode d'IBGN, corroborent avec ceux obtenus par ZAIDAT (2015). La seule station qui est régressée sur le plan qualité de l'eau et capacité d'accueil est la station KH1. Cette dernière présentée une qualité hydrobiologique bonne et 7 ans après (2021) elle passe à une qualité médiocre, ce qui est due à l'accentuation des différentes agressions anthropiques (pompages d'eau pour l'irrigation et rejets des effluents poulaillers et des maisons situés en amont de la station).

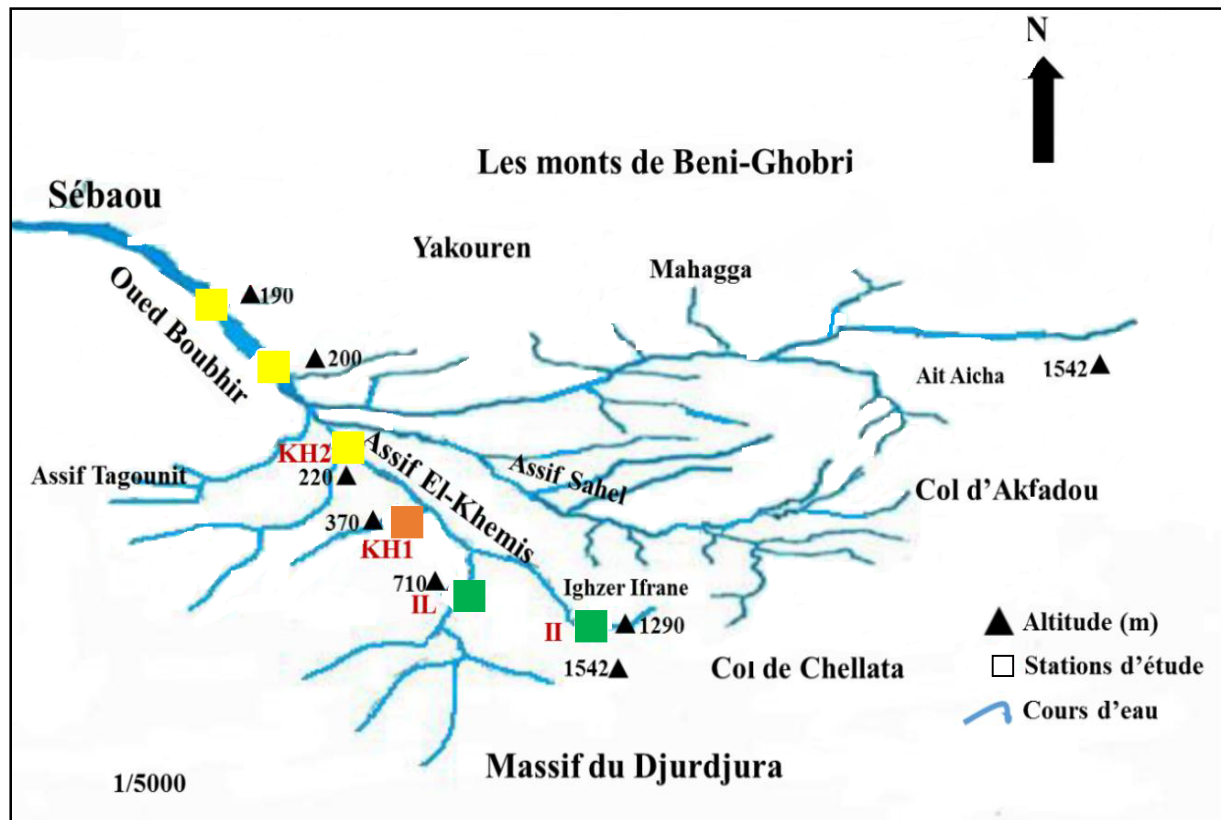


**Figure 28 :** Réseau hydrographique étudié et la qualité hydrobiologique des stations.

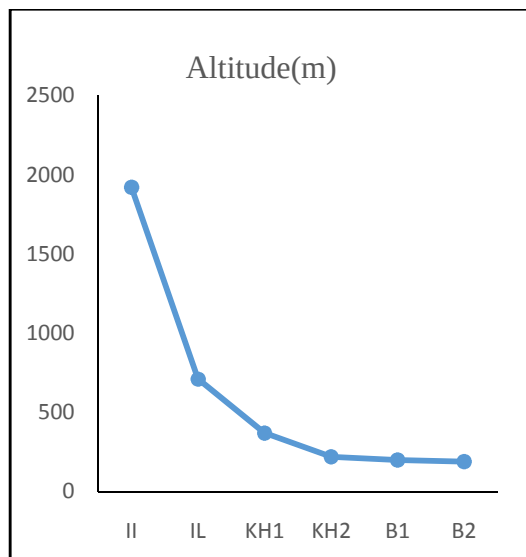


Figure A

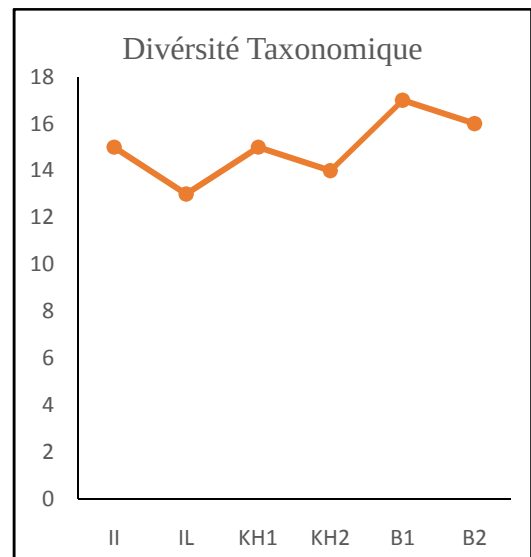


Figure B

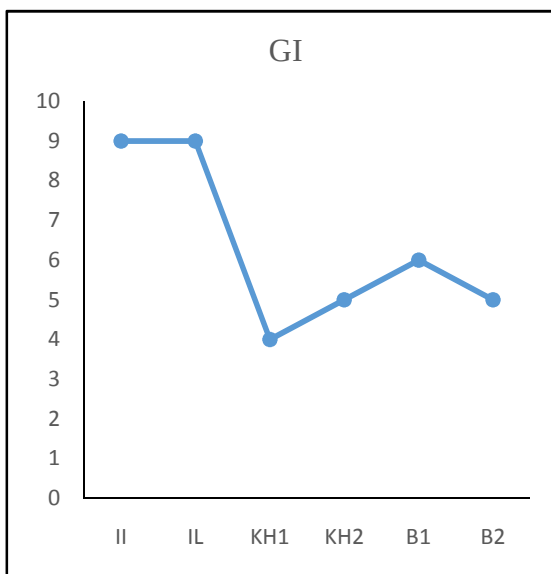


Figure C

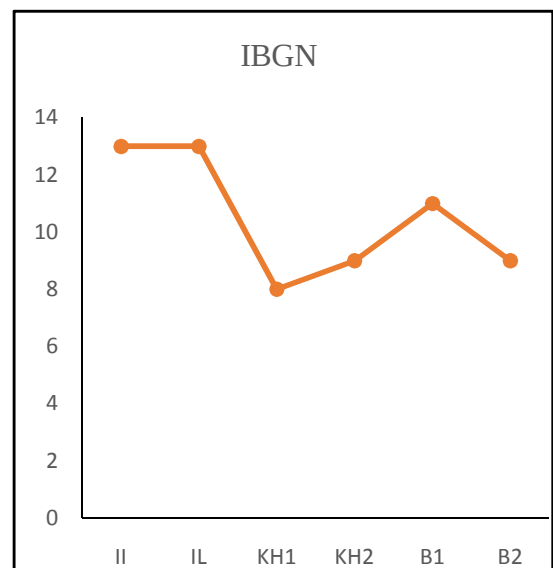


Figure D

Figure 29 (A, B, C, D) : Analyse hydrobiologique sur les 06 stations d'étude.

## **Conclusion générale**

Les macroinvertébrés benthiques récoltés dans ce travail comptent 48657 individus répartis en 12 groupes zoologiques, 34 familles et 40 genres. Ils sont récoltés dans 6 stations échelonnées entre 1290 et 190 m d'altitude.

Sur les 40 taxa d'invertébrés benthiques récoltés, 35 taxa (soit 81,78 %) sont des insectes et 5 taxa (soit 18,21 %) appartiennent aux autres classes ou embranchement : Annélides, Mollusques, Hydracariens et Collemboles.

Du point de vue qualitatif, les groupes les plus abondants dans les stations étudiées sont les Diptères avec 10 familles, suivis par les Coléoptères avec 6 familles, viennent ensuite les Plécoptères avec 5 familles. Les Trichoptères, Ephéméroptères et Oligochètes sont représentés respectivement par 3 familles et 2 familles chacune.

L'analyse quantitative met en évidence la dominance des Diptères et des Ephéméroptères. Ils représentent respectivement 19495 individus, soit 40,06 % de la faune totale et 18905 individus, soit 38,7 %. Les deux ordres sont présents dans les six stations échantillonnées.

Les Oligochètes sont peu abondants dans le milieu, ils comptent 7602 individus, ils sont répartis dans toutes les stations.

Les Hydracariens et les Plécoptères, avec respectivement 1232 individus et 1001 individus sont faiblement représentés.

Quant aux Trichoptères, Coléoptères, Collemboles, Hétéroptères, Odonates, Mollusques et Planipennes sont rares dans nos récoltes.

La richesse taxonomique la plus élevée est notée dans les stations de plaine (B1) et de basse altitude (B2) avec respectivement 17 et 16 taxons. Cette richesse est due à la dominance des Diptères.

Inversement le minimum de richesse taxonomique est noté à la station alticole (IL : 710 m d'alt).

Les indices de diversités  $H'$  sont dans leur globalité assez moyens. Ils varient entre un maximum de 1,74 noté dans la station IL et un minimum de 0,52 dans la station II.

L'indice d'équitabilité révèle que les taxons présents dans la station II sont en déséquilibres entre eux, suite à la dominance du peuplement des Plécoptères (taxons polluosensible).

L'étude des facteurs environnementaux est faite par l'analyse en composante principale réalisée sur la base de la classification ascendante hiérarchique. Cette analyse indique d'une part, que la plupart des variables sont inter corrélées entre elles, D'une autre

part, la distribution spatiale des stations par rapport aux facteurs environnementaux et révèle le gradient amont aval du cours d'eau.

L'évaluation biologique de la qualité de l'eau par la méthode de l'indice biologique global normalisé IBGN appliqué sur les six stations étudiées a mis en évidence une hétérogénéité dans la qualité hydrobiologique, elle passe de bonne à médiocre.

En perspective, il serait intéressant d'approfondir les études d'évaluation et d'appréciation de la qualité des eaux, en ayant recours aux analyses physicochimiques révélatrices des sources de pollutions, entre autre, de lancer des observations annuelles, touchant un plus grand nombre de stations afin d'éclaircir plus l'influence des facteurs environnementaux sur la réparation de la faune colonisatrice d'assif El-Khemis et oued Boubhir (s.s.).

Certains dispositifs de lutte contre la pollution et de protection des milieux aquatiques doivent être mis en œuvre, en commençant par accorder une importance au secteur d'infrastructure et d'assainissement pour permettre l'amélioration et la construction d'un nombre suffisant des stations d'épurations et de traitement des eaux usées.

Enfin, il est très essentiel d'effectuer des campagnes de sensibilisation des populations à la vulnérabilité des habitats d'eaux continentales, plus précisément les sources et ruisseaux de montagnes, représentatifs des zones refuges pour de nombreuses espèces exigeantes, sensibles et indicatrices.

# **Références bibliographiques**

**A.N.R.H.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de Tizi-Ouzou.

**O.N.M.** Organisation nationale météorologique.

**ABDESSELAM M., 1987.** Contribution à l'étude de l'aquifère karstique du Djurdjura occidentale (Algérie). Mém. DEA National d'hydrologie « science de l'eau et aménagement ». Fac. SC. université de Franche Compté : 84p. Besançon.

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

**ABDESSELAM & al., 2000.** Arguments hydrogéochimiques en faveur de trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale Kabyle, éléments des Maghribides). Rev. Sci. Eau, 13(2), 2000.

**AFNOR, 1992.** « Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) », Essais des eaux, NF T90-350, déc, 1992.

**AÏT 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 MAMMAR A & HATTAB Ch., 2017.** Contribution à l'étude hydrobiologique du moyen Sébaou et son principal affluent oued Aïssi. Mémoire Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. p67.

**ALLILAT T & AÏIOUANE N., 2017.** Faunistique et écologie des macroinvertébrés de l'Assif El-Khemis et du Moyen Sébaou. Mémoire Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. p55.

**ANGELIER E., 2000.** Ecologie des eaux courantes, édition Technique et document. 199p.

**BADRI A., 1993.** Influence des crues sur les écosystèmes lotiques du Haut-Atlas : Etude des perturbations et des mécanismes de recolonisations à travers les peuplements des algues et des invertébrés. Thèse d'Etat. Maroc : Univ. Cadi Ayyad, 192 p.

**BARBAULT R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson ed., Paris : 208 p.

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

**BARBOUR M.T., GIRRITSEN J., SNYDER B.D. et STRIBLING J.B., 1999.** Rapid Bioassessment protocols for use in Wadeable Rivers: periphyton, benthic Macroinvertebrates, and Fish, 2<sup>e</sup> édition, Washing, D.C. U.S. Environmental protection agency, office of water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes

**BEDEL L. 1895.** Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. Société Entomologique de France (édition), Paris : 420 pp

**BEDEL L. 1925.** In : Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. Société Entomologique de France (édition), Paris : 321-402.

**BELKACEM H et CAHBANE CHAUCHE N., 2016.** Etude de la faune Trichoptérologique du sous bassin versant de l'oued Boubhir et le moyen Sebaou. Memoire. Univ Mouloud Mammerie. Tizi-Ouzou. 73 (3).

**BLONDEL J., 1979.** Biogéographie et écologie. Masson ed., Paris : 173 p.

**BODE R.W., NOVAK M.A. et Abele L.E., 1991.** Quality assurance work plan for biological stream monitoring in New York; NYS Department Environmental conservation, Division of water, 80p.

**BOUAMRANE D N., 2008.** Ecosystèmes aquatiques continentaux: contribution à l'étude de la qualité physicochimique des eaux du barrage Cheurfa ( sig. Mscara). Magister en biologie. Univ Oran Es-senia.

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

**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.

**CHAIB N., BOUHALA Z., FOUZARI L., MARZIALI L., SAMARAOUI B. & ROSSARO B. 2013.** Environmental factors affecting the distribution of Chironomidae larvae of the Seybousse wadi, NorthEastern Algeria. Journal of Limnology, 72 (2) : 203-214.

**CHAIB N., SAMARAOUI B., MARZIALI L. & ROSSARO B. 2011.** Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). Studi Trentini di Scienze Naturali, 88: 61-75.

**CÔTE M., 1974.** Les régions bioclimatiques de l'Est algérien. Université de Constantine, CURER, multiger., p18, carte au 1/ 1000 000e .

**COUTELLE A., 1979.** Géologie du Sud– Est de la grande Kabylie et des bords d'Akbou. Thèse Paris.

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

**DARWALL W., SMITH K., ALLEN D., SEDDON M., Mc GREGOR REID G., CLAUSNITZER V. & RALKMAN V. 2008.** Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds.) The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland.

**DÉCAMPS H., 1967.** Introduction à l'étude écologique des trichoptères des Pyrénées. Annls. Limnol, 3(1) :101-176.

**DÉCAMPS H., 1968.** Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. Annales de Limnologie, 4 (1) : 1-50.

**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. Héteroptyères aquatiques et ripicoles (genres et principales espèces). Association française de limnologie : 40p.

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

**EATON A.E. 1899.** List of Ephemeridae, hitherto observed in Algeria, with localities. Entomologist's Monthly Magazine, 35: 4-5.

**ECHAUBARD M & NEVEU A., 1975.** Perturbation qualitative et quantitative de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couse Pavin (PUY-DE-DOME), dues aux pollutions agricoles et urbaines. Lab .Zool. Biol animal et écologie. INA-INRA : 24p

**EDWARDS F.W. 1923.** On some Algerian species of Simulium. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, 1 (4) : 647-653.

**EVARD M. & POWELL A., 2002.** Rivers as living systems. Aq. Cons. Mar. Freshwat. Ecosyst.12: 329 – 337.

**FLANDRIN J., 1952.** La chaine du Djurdjura : monographies régionales. XIX congres Géologiques internationales, Algérie 1ère série. 19 : p 49.

**GAGNEUR J., GIANI N. & MARTINEZ-ANSEMIL E. 1986.** Les Oligochètes d'Algérie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 122 : 119-124.

**GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B. 1988.** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie I. répartition et écologie (1. Partie) (Insecta Ephemeroptera). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 124 : 213-223.

**GELARD J.P., 1979.** Géologie du N.E de la Grande Kabylie (Algérie). Doc.es. Sc. Univ. Dijon : 335p.

**GENIN B., CHAUVIN C., et MENARD F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques. Pollution –méthodes-IBGN. 2<sup>ème</sup> édition educagri. 215p.

**GIANIN., 1983.** le Riou Mort, affluent du lot pollué par les Métaux lourds. III Etude faunistique générale. Annls.limnol., 19 (1) : 29-43.

**GUIDECCELLI J., DAKKI M. & DIA A., 1985.** Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22 : 2094-2101.

**GUYOT G., 1999.** Climatologie de l'environnement. 2<sup>o</sup> Edition Dunod, Paris, 525 p.

**HAREDJ S., et CHIEB M., 2012.** Etude hydrobiologique de l'oued Sebaou et l'oued Aissi : Faunistique et évaluation de la qualité de l'eau et du milieu par les voies biologiques. Univ de Mouloud Mammerie Tizi-Ouzou.

- HAOUCHINE S., 2011.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro- invertébrés des cours d'eau de Kabylie .Thèse Magister, Univ. Tizi Ouzou : 157pp.
- HILSEHOFF W.L., 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with family –level biotic index. J.N. Am. Benthol. soc. 7(1):65-68.
- JÄCH M.A., 1984.** Newandlittle know plearctic of the genus ochtebius (subgenhymenodes) (Coleptera, Hydraenidae). Aquatic insects, 6(2):109-114.
- JOHANNA V., 2006.** Etude de la bio-écologie des nevoptères dans une perspective de lutte biologique par conservation. Thèse Doct, Univ. Angers : 242 pp.
- KADIK B. 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie. Ecologie, dendrométrie et morphologie. Ed. OPU. Alger, 508 pp.
- KADDOURI H., 1986.** Révision des Hydraena du Maroc, d'Algérie et du Tunisie (Coléoptèra, Hydraenidae). Thèse Doct 3<sup>ème</sup> cycle Unive. Poul Sabatier :155
- KLEMM D.J., LEWIS P.A., FULK F., et LAZORCHAK J.M., 1990.** Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental monitoring systems laboratory, EPA/600/4-90/030,256 p.
- LAMINE S., 2021.** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Thèse Doctorat Unv. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
- LAVANDIER P., 1979 in LOUNACI-DAOUDI.,1996.** Ecologie d'un torrent Pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne.Thèse de doctorat d'Etat. Univer. Paul Sabatier Toulouse : 523p.
- LAVANDIER P., 1979.** Ecologie d'un torrent Pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne.Thèse de doctorat d'Etat. Univer. Paul Sabatier Toulouse : 523p.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1979.** Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2<sup>ème</sup> Edition Masson, Paris : 206 p.
- LENAT D.R., 1988.** Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates.J.N.Am.Benthol.Soc.7:222-223.
- LESTAGE J.A. 1925.** Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H.Gauthier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 16 : 8-18.
- LIMEM SELLAMI E., MEURGEY F., BARBOUCHE N., ROMDHANE M.S., 2015.** Odonates dans les principaux cours d'eau de parc national de L'Ichkeul (Tunisie). Entomologie Faunistique 68, p93-100, 2015.
- 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-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., BROSSE S., THOMAS A., & LEK S., 2000 (a).** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sebaou wadi.

**LOUNACI A., BROSSE S., AIT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D., MEBARKI N. & THOMAS A., 2000 (b).** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species checklist of the Sebaou River basin (Tizi-Ouzou). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 136: 43-55.

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

**LOUNACI A., 2005.** Recherches sur la faunistiques, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. U.M.M. Tizi Ouzou, 209 p.

**MALICKY H. & LOUNACI A. 1987.** Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera). Opuscula Zoologica Fluminensia, 14: 1-20.

**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

**MESSAOUDEN et al., 2007.** Etude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie).

**MERROUKI M. & OUNNAR S., 2020.** Contribution à l'étude faunistique et écologique des Trichoptères des cours d'eau d'assif El-Khemis et de l'oued Boubhir (s.s.)

**MOISON J., PELLETIER L., 2011.** Protocole d'échantillonnage des macro-invertébrés Benthiques d'eau douce du Québec, cours d'eau peu profonds à substrat meuble, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'environnement et des Parcs, ISBN :978-2-550-611660(PDF), 2011, 39 pages.

**MORTON K.J. 1898.** Two new Hydroptilidae from Scotland and Algeria respectively. Entomologist's Monthly Magazine, 34: 107.

**MORSE J.C. 2014.** Trichoptera World Checklist. <http://entweb.clemson.edu/database/trichopt/>.

**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 es Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 496 p.

**MOUBAYED J., AÏT MOULOUD S. & LOUNACI A. 1992.** Les Chironomidae d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aïssi (Grande-Kabylie). Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen, 41(1): 21-29.

**MOUBAYED-BREIL J., LOUNACI A. & LOUNACI-DAOUDI D. 2007.** Non-biting midges from North Africa (Diptera, Chironomidae). Ephemera, 8 (2): 93-99.

**NAAK M., 1988.** Étude géologique de la dorsale interne du Djurdjura. Interprétation généralisée à l'ensemble de la chaîne et proposition d'un modèle d'évolution géodynamique de ce tronçon de la paléomarge continentale kabyle. Thèse magister, Alger, 145 p.

**NAVÁS L., 1929.** Insectes Névroptères et voisins de Barbarie (Septième série). Plécoptères. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 20 : 228-230.

**OULDJAOUI.A., BEKHOUCHE.N, MARNICHE.N., 2017.** Contribution to the study of the biodiversity of benthic invertebrates and the biological quality of some rivers in the Watershed Boumezeroug (east of Algeria). J Fundam Appl Sci. 2017, 9(1), 234-260.

**PARSONS M et NORRIS R.H., 1996.** The effect of habitat specific sampling on biological assessment of water quality using a predictive model. *Freshwater Biol.* 36:419-434.

**PEYERIMHOFF P., 1905.** Nouveaux Coléoptères du Nord Africains (première note). Bulletin de la Société Entomologique de France, 10 : 1-229.

**PEYERIMHOFF P., 1925.** Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae in „ catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique de Louis Bedel, Paris. 1 (2) : 321-402.

**PEYERIMHOFF P., 1931.** Mission scientifique du Hoggar (1928). Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 2 : 172 pp.

**PIC M., 1905.** Diagnoses de Coléoptères algériens. L'échange, 21 : 145-148

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

**POISSON R., 1957.** Héteroïptères aquatiques. In P. lecheevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S. (Paris), 61 : 264 pp.

**POISSON R., 1961.** A propos d'une nouvelle espèce paléarctique du genre *Nepa* L. (Heteroptera, Nepidae). Vie et Milieu, 11 (4): 628-640.

**PURI I.M., 1925.** On the life history and structure of the early stages of the Simuliidae (Diptera Nematocera). Parasitology, 17:1-295.

**RAAB N. & YACINE L., 2018.** Contribution à l'étude écologique et biogéographique des Trichoptères de l'Assif Sahelet de l'Oued Boubhir. Mémoire. Univ. Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. 68p.

**RAMADE F., 2003.** Element d'écologie: Ecologie fondamentale. 3ème édition. Dunod. Paris: 190 p.

**RAYMOUD D., 1976.** Evaluation sédimentaire et tectonique du Nord- Ouest de la grande Kabylie au cours du cycle alpin. Thèse de doctorat en sciences, paris : 154p.

**REBAH. et SEKHI S., 2000.** Etude hydrobiologique de l'oued sébaou : faunistique, écologie et importance de la dérive dans le peuplement du cours d'eau. Mm. Ing. Univ. M.M.T.O : 78 p.

**RESH V.H., NORRIS R.H et BARBOUR M.T., 1995.** Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Aust.J.Ecol.* 20:108-121

**REMINI B., 2005.** La problématique de l'eau en Algérie Ed-OPE 162 p.

**REVENGA C. & KURA Y., 2003.** Status and Trends of Biodiversity of Inland Water Ecosystems. Secretariat of the convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series N° 11, 120 pp.

**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 (Dipteria) . Consiglionazionale delle ricerche. 176p.

**SALVIET S.J., BRITTAIN J.E. & LILLEHAMMER A., 1987.** Stoneflies and river regulation- a review. In Craig J.F. ET Kemper F.B. (eds.), Regulated Streams. Plenum Publishing Corporation. 117-129.

**SAIKI S., et LAZIZI D., 2015.** Faunistique et écologie des macroinvertébrés benthiques de deux affluents du sous bassin versant de l'Oued Bouhbir. Mémoire. Univ .de Tizi-Ouzou.

**SAMRAOUI B. & MENAÏ R., 1999.** A contribution to the study of Algerian Odonata. International Journal of Odonatology, 2: 145-165.

**SEKHI S., 2010.** Recherche 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 M. & LOUNACI A. 2016.** Contribution à la connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie). Ephemera, 17 (1) : 51-69.

**SELLAM N., VINOLAS A., ZOUGGAGHE F., MOULAI R., 2016.** L'utilisation des Coléoptère, Ephéméroptère et Diptère comme bio indicateurs de la qualité des eaux de quelques oueds en Algérie. Butlleti de la Institucio Catalana d'Historia Natural, 80 :47-56,2016.

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

**SEURAT L.G., 1922.** Faune des eaux continentales de la Berbérie. Bulletin de la société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord. 13 : 43-60, 77-92, 109-140.

**SEURAT L.G., 1934.** Etude zoologique sur le Sahara Central. Mission du Hoggar III (Fév-Mai 1928). Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 4 : 5-195.

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

**SOLDNER M., STEPHEN I., RAMOS L., ANGUS R., CLAIR-WELLS N., GROSSO A et CRANE M., 2004.** Relationship between macroinvertebrate fauna and environmental variables in small streams of the Dominican Republic. Water Res.38:863-874.

**SOUTHWOOD (T.R.E) 1977.** Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of*

*Animal ecology*, 46 : 337-365.

**SOWA R., 1975.** Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. I. distribution and quantitative analysis. *Acta Hydrobiologica*, 17: 223-297.

**TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Association française de limnologie : 150p.

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

**TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH. & USSEGLIO-POLATERA Ph., 2000.** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie. Ed CNRS- Paris. 588p.

**TALAMI Z., 1998.** Application des méthodes biologiques et chimiques pour la détermination de la qualité des eaux des rivières du Haut-Atlas marocain. Cas des oueds Tensift, Oukaimden et Ourika. Thèse Hydrobiologie .Marrakech : Univ. Cadi Ayyad, 221p.

**TANK J.L., ROSI-MARSHALL E.J., GRIFFITHS N.A., ENTREKIN S.A. & STEPHEN M.L., 2010.** A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism. *Journal of the North American Benthological Society*, 29: 118-146.

**THIEBAULT, J., 1952.** Socle métamorphique en Grande Kabylie. Monographie régionale ; XIX congrès géologiques international, Algérie. 1<sup>ère</sup> série (4) : 43p.

**THOMAS A.G.B. & DAKKI M., 1979.** Ephéméroptères d'Afrique du Nord : I.- Ecdyonurus rotschildi Navàs, 1929. Description des imago. *Annales de Limnologie*, 14 (3) : 197-201.

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

**TOURENQ J.N., 1975.** Recherches écologiques sur les Chironomides (Diptera) de campagne. Thèse Doctorat : 424 p.

**TUFFERY G. & VERNEAUX J. 1967.** Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Tra. Div. Qual. Eaux P. Pisc., C.T.G.R.E.F. 23p. Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 61p. USSEGLIO-POLATERA P. THOMAS S. BEISEL J.N. & MORETEAU J.C. 1999.

**VERNEAUX J., 1973.** Recherche écologique sur le réseau du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse doctorat, faculté de Besançon : 260.

**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 : 40p.

**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, Besançon*, 4 (3) : 11-22.

- VINÇON G. & PARDO I., 1998.** Three new Leuctra Species from Tunisia (Plecoptera: Leuctridae). *Aquatic Insects*, 20 (2): 109-123.
- WALLACE J.B. & WEBSTER J.R., 1996.** The Role of Macroinvertebrates in stream Ecosystem Function. *Annual Review of Entomology*, 41: 115-139.
- WILLIAMS D. & FELTMATE B., 1992.** *Aquatic insects*. Wallingford, U.K., C.A.B. International. 358p.
- WILLIAMS G.B., 2004.** *Caddisflies. The Underwater Architects*, 1-291.
- YAHIAOUI L. & SI MEHAND I., 2017.** Contribution faunistique et évaluation biologique de la qualité de l'eau de l'Assif Sahel et du Oued Boubhir. Mémoire Univ Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- YAKOUB B., 1985.** Contribution à l'étude hydrogéographique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Magister. Univ Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.
- YASRI-CHEBOUBI N., VINÇON G. & LOUNACI A., 2013.** A review of the Algerian Leuctridae with the description of *Leuctra dhya* sp. n. from central Algeria (Plecoptera: Leuctridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 86: 175-187.
- YASRI-CHEBOUBI N., 2018.** Recherches sur la Faunistique, l'Ecologie et la Zoogeographie des Plecoptères d'Algérie. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 148 pp.
- YASRI N., VINÇON G. & LOUNACI A., 2013.** A new *Amphinemura* from Central Maghreb (Algeria, Tunisia): *A. berthelemyi* sp. n. (Plecoptera: Nemouridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 86: 25-33.
- ZAIDAT L., 2015.** Etude hydrobiologique de l'Assif El-Khemis et du moyen Sebaou : Faunistique, écologie et évaluation de la qualité de l'eau. Mémoire Univ Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- ZAROURI A., et MEZANI D., 2002.** Etude de la faune benthique et en dérive du réseau hydrographique de l'oued Djemaa (Bouira) et évaluation de la qualité de l'eau par la méthode des indices biotiques.
- ZERGUINE K., SAMRAOUI B. & ROSSARO B., 2009.** A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia northeastern Algeria. *Bollettino di Zoologia Agraria di Bachicoltura*, 41 : 167-174.
- ZRELLI S., BOLAABES BEDJAOU M., BOUMAIZA M., SARTOTI M., 2015.** Description et répartition de *Potamanthus luteus* Linnaeus 1767 (Ephemeroptera, Potamanthidae) en Tunisie. *Entomologie faunistique* 68, p213-218, 2015.
- ZOUGGAGHE F. & MOALI A. 2009.** Variabilité structurelle des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Revue d'Ecologie- Terre et Vie*, 64 : 305-321.

# **Annexes**

**Annexe I :** Les précipitations mensuelles en (mm) a certaines localités de la région d'étude a compté : AZAZGA (430m), TIZI-OUZOU (220m), BOUBHIR (220m), Durant la période (1994-2014) d'après l'ANRH de TIZI-OUZOU.

| Stations                  | Sept | Oct | Nov   | Déc | Jan   | Fév  | Mar  | Avr | Mai  | Juin | Juil | Aout | Total |
|---------------------------|------|-----|-------|-----|-------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| <b>Azazga (430 m)</b>     | 48,7 | 82  | 141   | 181 | 177,7 | 105  | 101  | 136 | 65,3 | 9,2  | 3,1  | 7    | 1057  |
| <b>Tizi-Ouzou (220 m)</b> | 40,5 | 67  | 132   | 150 | 154   | 89,3 | 76,1 | 92  | 57,7 | 8,8  | 3,8  | 6    | 877   |
| <b>Boubhir (220m)</b>     | 47   | 75  | 118,2 | 155 | 144,9 | 83   | 92,7 | 121 | 65,3 | 9,1  | 5,2  | 10,7 | 928   |

**Annexe II :** Données climatiques fournies par l'Office National Météorologique priode 2012-2020 (O.N.M).

| Année<br>2012            | JANV         | FEVR         | MARS         | AVR          | MAI          | JUIN         | JUILL        | AOUT         | SEPT         | OCTO         | NOVEM        | DECEM        | Tot   | Moy  |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|------|
| T°Moy/mensu en°C         | 9,9          | 6,5          | 13,3         | 15,3         | 19,9         | 26,4         | 27,8         | 30,3         | 24,4         | 20,8         | 16,3         | 11,9         | 222,8 | 18,6 |
| T°Moy/mensu mini         | 5,6          | 2,7          | 9,0          | 11,0         | 14,0         | 20,0         | 21,6         | 23,4         | 18,7         | 15,8         | 12,5         | 8,2          | 162,5 | 13,5 |
| T°Moy/mensu MAX          | 16,3         | 11,9         | 19,7         | 21,1         | 27,0         | 34,2         | 35,7         | 30,1         | 32,3         | 28,1         | 21,8         | 17,4         | 295,6 | 24,6 |
| T°Max/absol<br>date      | 19,1<br>le01 | 19,0<br>le25 | 26,5<br>le20 | 33,5<br>le28 | 33,0<br>le31 | 42,5<br>le29 | 43,7<br>le26 | 45,2<br>le17 | 40,6<br>le21 | 38,0<br>le04 | 31,7<br>le04 | 25,3<br>le25 | 847,0 |      |
| T° min/absol<br>date     | 2,2<br>le20  | -0,4<br>le13 | 3,5<br>le01  | 6,4<br>le17  | 9,2<br>le01  | 16,6<br>le05 | 17,0<br>le24 | 19,5<br>le26 | 14,2<br>le04 | 9,0<br>le29  | 7,0<br>le30  | 3,8<br>le10  |       |      |
| RR en mm&1/10            | 69,5         | 269,5        | 97,8         | 146,8        | 40,2         | 1,1          | 0,0          | 6,4          | 10,9         | 96,3         | 68,7         | 39,8         |       |      |
| RR(Mx en 24hres)<br>DATE | 24,3<br>le29 | 41,0<br>le02 | 30,4<br>le09 | 33,4<br>le16 | 15,5<br>le19 | 0,9<br>le13  | 0,0          | 6,4<br>le31  | 4,5<br>le02  | 35,0<br>le26 | 22,2<br>le19 | 8,2<br>le01  |       |      |
| Nbre j RR ≥ 1mm          | 7            | 15           | 9            | 9            | 6            | 0            | 0            | 1            | 4            | 10           | 10           | 10           |       |      |
| Nbre j de grele          | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |       |      |
| Nbre j de neige          | 0            | 6            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |       |      |
| Nbre j d'orage           | 1            | 2            | 1            | 1            | 1            | 1            | 0            | 1            | 0            | 3+1          | 2            | 0            |       |      |

|                          |        |        |        |        |        |        |        |        |            |            |            |            |         |        |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|------------|------------|------------|---------|--------|
| Humidité moy en%         | 84     | 88     | 81     | 76     | 71     | 61     | 60     | 49     | 65         | 69         | 79         | 83         | 866     | 72     |
| HUM/moy mini en%         | 55     | 63     | 52     | 50     | 45     | 36     | 34     | 23     | 36         | 38         | 53         | 57         | 542     | 45     |
| Hum/moy Max en%          | 95     | 98     | 97     | 95     | 93     | 87     | 86     | 78     | 89         | 90         | 96         | 97         | 1102    | 92     |
| VENT moyen m/s           | 0,3    | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | 0,7        | 0,6        | 1,1        | 0,9        | 3,6     | 0,3    |
| Vent MAX ≥ 16m/s<br>DATE | 0      | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | 25<br>le28 | 17<br>le26 | 22<br>le13 | 16<br>le17 | 1044    |        |
| évaporation              | 32     | 22     | 46     | 59     | 79     | 135    | 162    | 203    | 117        | 98         | 55         | 39         |         |        |
| Nbre j Brouill           | 2      | 5      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0          | 0          | 2          | 3          |         |        |
| Nbre j Brume             | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0          | 0          | 1          | 0          |         |        |
| Nbre j Rosée             | 18     | 11     | 10     | 6      | 3      | 0      | 0      | 0      | 3          | 4          | 11         | 17         |         |        |
| Nbre j Gelée             | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0          | 0          | 0          | 0          |         |        |
| Durée D'insol            | 201    | 155    | 207    | 210    | 309    | 298    | 344    | 333    | 237        | 232        | 151        | 172        | 2850    | 238    |
| Pression stion           | 1006,2 | 1002,4 | 1004,3 | 992,7  | 998,0  | 996,8  | 996,8  | 989,8  | 997,0      | 995,9      | 995,8      | 1003,0     | 11978,7 | 998,2  |
| Pression mer             | 1025,0 | 1021,3 | 1022,8 | 1010,8 | 1015,9 | 1014,3 | 1014,3 | 1014,4 | 1014,7     | 1013,8     | 1014,0     | 1021,7     | 12203,0 | 1016,9 |

| Année<br>2013            | JANV         | FEVR         | MARS         | AVR          | MAI          | JUIN         | JUILL        | AOUT         | SEPT         | OCTO         | NOVEM        | DECEM        | Tot    | Moy  |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|------|
| T°Moy/mensu en°C         | 10,8         | 9,4          | 14,3         | 15,8         | 17,5         | 22,0         | 26,7         | 26,9         | 24,1         | 23,1         | 13,6         | 11,2         | 215,4  | 18,0 |
| T°Moy/mensu mini         | 6,9          | 5,2          | 10,4         | 11,3         | 12,8         | 15,5         | 20,3         | 20,3         | 19,1         | 18,1         | 17,9         | 7,4          | 165,2  | 13,8 |
| T°Moy/mensu MAX          | 15,7         | 14,6         | 19,4         | 21,8         | 23,0         | 28,9         | 34,5         | 35,1         | 31,1         | 30,6         | 10,7         | 16,9         | 282,3  | 23,5 |
| T°Max/absol<br>date      | 23,0<br>le19 | 22,7<br>le01 | 28,0<br>le22 | 28,7<br>le14 | 31,1<br>le09 | 41,5<br>le17 | 41,8<br>le27 | 42,5<br>le06 | 36,5<br>le26 | 39,6<br>le03 | 5,0<br>le28  | 20,0<br>le24 | 1063,9 |      |
| T° min/absol<br>date     | 3,6<br>le26  | 2,4<br>le10  | 2,0<br>le16  | 6,1<br>le08  | 9,3<br>le06  | 11,0<br>le02 | 16,8<br>le08 | 17,2<br>le22 | 14,7<br>le23 | 13,3<br>le31 | 30,0<br>le07 | 4,0<br>le09  |        |      |
| RR en mm&1/10            | 211,8        | 185,7        | 93,5         | 64,5         | 151,6        | 0,0          | 0,3          | 11,3         | 37,6         | 39,0         | 164,9        | 103,7        |        |      |
| RR(Mx en 24hres)<br>DATE | 37,7<br>le23 | 27,3<br>le11 | 21,2<br>le01 | 21,3<br>le24 | 55,3<br>le21 | 0,0          | 0,3<br>le28  | 5,0<br>le27  | 27,1<br>le09 | 39,0<br>le30 | 19,4<br>le20 | 21,3<br>le02 |        |      |
| Nbre j RR ≥ 1mm          | 16           | 15           | 14           | 9            | 8            | 0            | 0            | 3            | 4            | 1            | 21           | 10           |        |      |
| Nbre j de grele          | 2            | 2            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |        |      |
| Nbre j de neige          | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |        |      |



|                          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Nbre j de neige          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Nbre j d'orage           | 3      | 3      | 4      | 1      | 3      | 1      | 1      | 0      | 2      | 2      | 3      | 3      |         |        |
| Humidité moy en%         | 78     | 76     | 81     | 67     | 68     | 64     | 57     | 58     | 62     | 68     | 69     | 84     | 830     | 69     |
| HUM/moy mini en%         | 53     | 50     | 55     | 41     | 39     | 38     | 32     | 32     | 36     | 39     | 46     | 61     | 521     | 43     |
| Hum/moy Max en%          | 95     | 96     | 97     | 92     | 93     | 90     | 82     | 85     | 86     | 91     | 87     | 96     | 1089    | 91     |
| VENT moyen m/s           | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | 0,0     | 0,0    |
| Vent MAX ≥ 16m/s<br>DATE | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     | xx     |         |        |
| évaporation              | 52     | 53     | 44     | 89     | 96     | 116    | 169    | 172    | 125    | 97     | 77     | 32     | 1120    |        |
| Nbre j Brouill           | 0      | 1      | 4      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 3      |         |        |
| Nbre j Brume             | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Nbre j Rosée             | 9      | 8      | 16     | 12     | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 7      | 5      | 10     |         |        |
| Nbre j Gelée             | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Durée D'insol            | 161    | 164    | 181    | 278    | 320    | 313    | 360    | 333    | 244    | 256    | 150    | 122    | 2884    | 240    |
| Pression stion           | 997,7  | 998,9  | 998,5  | 996,7  | 997,3  | 996,9  | 996,3  | 995,9  | 996,8  | 999,5  | 994,8  | 1003,2 | 11972,5 | 997,7  |
| Pression mer             | 1016,3 | 1017,4 | 1017,0 | 1014,8 | 1015,3 | 1014,6 | 1013,8 | 1013,3 | 1014,4 | 1017,4 | 1012,9 | 1022,0 | 12189,2 | 1015,8 |

| Année<br>2015            | JANV         | FEVR         | MARS         | AVR          | MAI          | JUIN         | JUILL        | AOUT         | SEPT         | OCTO         | NOVEM        | DECEM        | Tot   | Moy  |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|------|
|                          |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |       |      |
| T°Moy/mensu en°C         | 9,9          | 9,8          | 13,1         | 17,3         | 21,4         | 24,7         | 29,7         | 28,8         | 24,4         | 20,2         | 14,9         | 12,2         | 226,4 | 18,9 |
| T°Moy/mensu mini         | 6,0          | 6,5          | 8,4          | 11,7         | 15,2         | 17,9         | 22,2         | 23,2         | 19,7         | 16,0         | 10,8         | 7,2          | 164,8 | 13,7 |
| T°Moy/mensu MAX          | 15,6         | 13,9         | 19,3         | 24,4         | 28,7         | 32,0         | 38,4         | 35,8         | 30,5         | 26,2         | 21,0         | 19,3         | 305,1 | 25,4 |
| T°Max/absol<br>date      | 20,6<br>le16 | 20,0<br>le11 | 27,4<br>le20 | 30,0<br>le16 | 41,0<br>le04 | 40,9<br>le30 | 44,6<br>le29 | 42,0<br>le08 | 38,0<br>le12 | 36,4<br>le05 | 25,9<br>le03 | 22,8<br>le19 |       |      |
| T° min/absol<br>date     | 2,5<br>le03  | 1,2<br>le10  | 3,6<br>le01  | 6,0<br>le08  | 9,5<br>le23  | 15,0<br>le02 | 20,0<br>le18 | 19,5<br>le16 | 14,4<br>le26 | 11,4<br>le31 | 5,5<br>le28  | 4,2<br>le04  |       |      |
| RR en mm&1/10            | 200,9        | 181,5        | 70,2         | 0,0          | 10,4         | 15,3         | 4,1          | 2,6          | 41,1         | 81,7         | 102,7        | 0,0          | 710,5 |      |
| RR(Mx en 24hres)<br>DATE | 50,0<br>le31 | 26,3<br>le17 | 15,2<br>le21 | 0,0          | 9,6<br>le29  | 14,2<br>le14 | 4,1<br>le31  | 1,4<br>le22  | 17,8<br>le30 | 20,7<br>le21 | 24,6<br>le26 | 0,0          |       |      |
| Nbre j RR ≥ 1mm          | 11           | 16           | 9            | 0            | 1            | 1            | 1            | 2            | 4            | 8            | 8            | 0            |       |      |

|                          |            |            |            |            |         |        |        |        |            |        |            |        |         |        |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|--------|--------|--------|------------|--------|------------|--------|---------|--------|
| Nbre j de grele          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0       | 0      | 0      | 0      | 0          | 0      | 0          | 0      |         |        |
| Nbre j de neige          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0       | 0      | 0      | 0      | 0          | 0      | 0          | 0      |         |        |
| Nbre j d'orage           | 4          | 4          | 1          | 0          | 0       | 5      | 1      | 0      | 2          | 0      | 0          | 0      |         |        |
| Humidité moy en%         | 82         | 80         | 75         | 71         | 62      | 60     | 51     | 59     | 65         | 72     | 80         | 75     | 830     | 69     |
| HUM/moy mini en%         | 55         | 55         | 46         | 42         | 35      | 32     | 23     | 33     | 40         | 47     | 53         | 48     | 510     | 43     |
| Hum/moy Max en%          | 97         | 96         | 96         | 94         | 88      | 87     | 82     | 84     | 86         | 90     | 95         | 92     | 1084    | 90     |
| VENT moyen m/s           | 1,0        | 2,0        | 1,3        | 1,7        | xx      | xx     | xx     | xx     | 2,8        | 2,3    | 1,7        | 1,4    | 14,2    | 1,2    |
| Vent MAX ≥ 16m/s<br>DATE | 28<br>le31 | 21<br>le03 | 17<br>le20 | 35<br>le15 | xx(v/f) | xx     | xx     | xx     | 32<br>le12 | 0      | 22<br>le26 | 0      |         |        |
| évaporation              | 35         | 34         | 58         | 72         | 110     | 134    | 200    | 155    | 108        |        | 38         | 38     | 981     |        |
| Nbre j Brouill           | 1          | 1          | 0          | 0          | 0       | 0      | 0      | 0      | 0          | 1      | 0          | 0      |         |        |
| Nbre j Brume             | 0          | 0          | 0          | 1          | 0       | 0      | 0      | 0      | 0          | 0      | 0          | 0      |         |        |
| Nbre j Rosée             | 14         | 7          | 14         | 14         | 1       | 0      | 0      | 0      | 0          | 7      | 21         | 19     |         |        |
| Nbre j Gelée             | 0          | 2          | 0          | 0          | 0       | 0      | 0      | 0      | 0          | 0      | 0          | 0      |         |        |
| Durée D'insol            | 143        | 114        | 221        | 297        | 307     | 354    | 395    | 321    | 249        | 211    | 191        | 215    | 3017    | 251    |
| Pression stion           | 1004,4     | 997,5      | 1000,3     | 1000,5     | 998,7   | 998,5  | 996,6  | 996,4  | 997,3      | 997,5  | 1005,2     | 1011,5 | 12004,4 | 1000,4 |
| Pression mer             | 1023,2     | 1016,2     | 1018,8     | 1018,7     | 1016,7  | 1016,1 | 1013,9 | 1013,8 | 1015,0     | 1015,1 | 1023,7     | 1030,2 | 12221,4 | 1018,5 |

| Année<br>2016            | JANV          | FEVR          | MARS          | AVR          | MAI          | JUIN         | JUILL        | AOUT         | SEPT         | OCTO         | NOVEM        | DECEM        | Tot   | Moy  |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|------|
| T°Moy/mensu en°C         | 12,8          | 12,6          | 12,5          | 16,1         | 19,0         | 24,3         | 27,9         | 27,1         | 24,3         | 22,5         | 15,7         | 12,6         | 227,4 | 19,0 |
| T°Moy/mensu mini         | 8,6           | 8,5           | 7,8           | 11,2         | 13,6         | 17,1         | 20,7         | 20,4         | 18,0         | 16,9         | 11,4         | 9,3          | 163,5 | 13,6 |
| T°Moy/mensu MAX          | 18,4          | 18,0          | 17,6          | 22,1         | 25,0         | 32,0         | 35,7         | 34,6         | 31,7         | 29,6         | 21,3         | 17,6         | 303,6 | 25,3 |
| T°Max/absol<br>date      | 24,0<br>le 08 | 24,2<br>le 02 | 33,0<br>le 30 | 31,0<br>le15 | 33,0<br>le09 | 38,5<br>le28 | 42,0<br>le21 | 40,0<br>le01 | 39,8<br>le05 | 38,5<br>le25 | 31,9<br>le04 | 21,5<br>le05 |       |      |
| T° min/absol<br>date     | 3,7<br>le 18  | 2,5<br>le 05  | 2,4<br>le 07  | 5,7<br>le10  | 5,1<br>le02  | 11,5<br>le02 | 13,5<br>le16 | 16,5<br>le24 | 14,5<br>le21 | 12,2<br>le31 | 7,4<br>le25  | 4,5<br>le31  |       |      |
| RR en mm&1/10            | 59,9          | 96,2          | 185,3         | 61,8         | 68,4         | 5,9          | 0,0          | 0,0          | 4,2          | 16,6         | 68,4         | 150,1        | 716,8 |      |
| RR(Mx en 24hres)<br>DATE | 30,5<br>le 15 | 48,8<br>le 15 | 42,3<br>le 10 | 30,3<br>le05 | 39,3<br>le06 | 3,0<br>le17  | 0,0          | 0,0          | 1,7<br>le14  | 8,9<br>le09  | 22,7<br>le08 | 48,5<br>le21 |       |      |

|                          |             |             |             |            |            |            |            |            |        |            |            |            |         |        |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|------------|------------|------------|---------|--------|
| Nbre j RR ≥ 1mm          | 9           | 8           | 11          | 5          | 6          | 3          | 0          | 0          | 2      | 4          | 10         | 8          |         |        |
| Nbre j de grele          | 0           | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      | 0          | 0          | 0          |         |        |
| Nbre j de neige          | 0           | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      | 0          | 0          | 0          |         |        |
| Nbre j d'orage           | 1           | 1           | 5           | 1          | 3          | 0          | 2          | 0          | 1      | 4          | 1          | 1          |         |        |
| Humidité moy en%         | 76          | 73          | 76          | 75         | 71         | 59         | 55         | 59         | 62     | 65         | 72         | 85         | 827     | 69     |
| HUM/moy mini en%         | 52          | 49          | 51          | 51         | 46         | 31         | 30         | 34         | 34     | 38         | 49         | 64         | 530     | 44     |
| Hum/moy Max en%          | 92          | 91          | 93          | 94         | 92         | 87         | 82         | 82         | 83     | 84         | 91         | 95         | 1065    | 89     |
| VENT moyen m/s           | 2,2         | 2,5         | 2,5         | 2,1        | 2,7        | 2,5        | 2,8        | 2,5        | 1,8    | 1,7        | 1,5        | 0,9        | 25,7    | 2,1    |
| Vent MAX ≥ 16m/s<br>DATE | 21<br>le 16 | 23<br>le 14 | 19<br>le 31 | 15<br>le05 | 22<br>le10 | 18<br>le16 | 22<br>le04 | 17<br>le16 | 0      | 17<br>le13 | 18<br>le06 | 21<br>le20 | 1079    |        |
| évaporation              | 44          | 56          | 57          | 57         | 81         | 134        | 181        | 148        | 121    | 106        | 63         | 30         |         |        |
| Nbre j Brouill           | 2           | 0           | 0           | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      | 0          | 0          | 7          |         |        |
| Nbre j Brume             | 0           | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      | 0          | 0          | 2          |         |        |
| Nbre j Rosée             | 11          | 9           | 13          | 5          | 13         | 0          | 2          | 0          | 0      | 2          | 6          | 10         |         |        |
| Nbre j Gelée             | 0           | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      | 0          | 0          | 0          |         |        |
| Durée D'insol            | 168         | 159         | 182         | 217        | 276        | 347        | 377        | 366        | 260    | 234        | 171        | 140        | 2893    | 241    |
| Pression stion           | 1004,2      | 1000,9      | 996,8       | 995,3      | 996,9      | 997,4      | 998,0      | 999,0      | 999,7  | 998,2      | 998,2      | 1006,3     | 11990,9 | 999,2  |
| Pression mer             | 1022,8      | 1019,4      | 1015,3      | 1013,5     | 1011,3     | 1015,1     | 1015,5     | 1016,6     | 1017,4 | 1016,1     | 1016,5     | 1025,0     | 12204,5 | 1017,0 |

| Année<br>2017        | JANV         | FEVR         | MARS        | AVR          | MAI          | JUIN         | JUILL        | AOUT         | SEPT          | OCTO          | NOVEM         | DECEM         | Tot   | Moy  |
|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|------|
| T°Moy/mensu en°C     | 8,9          | 12,7         | 14,5        | 16,4         | 21,8         | 26,4         | 29,4         | 29,7         | 23,9          | 19,5          | 13,7          | 10,4          | 227,3 | 18,9 |
| T°Moy/mensu mini     | 5,2          | 8,6          | 8,8         | 10,5         | 15,2         | 19,8         | 22,3         | 25,1         | 18,1          | 13,5          | 9,8           | 7,5           | 164,4 | 13,7 |
| T°Moy/mensu MAX      | 13,7         | 18,2         | 21,2        | 23           | 29,6         | 34,6         | 37,5         | 37,4         | 30,0          | 26,7          | 19,4          | 14,3          | 305,6 | 25,5 |
| T°Max/absol<br>date  | 21,1<br>le31 | 27,4<br>le13 | 27,0<br>le3 | 28,1<br>le14 | 37,5<br>le05 | 42,7<br>le27 | 47,2<br>le31 | 46,0<br>le02 | 37,2<br>LE 01 | 31,8<br>le 13 | 31,9<br>le 03 | 20,7<br>le 31 | 700,3 |      |
| T° min/absol<br>date | 0<br>le18    | 2,4<br>le10  | 5,0<br>le25 | 7,5<br>le22  | 10<br>le 02  | 15,5<br>le07 | 16,2<br>3    | 17,6<br>le22 | 14,8<br>LE 11 | 11,2<br>le 28 | 6,2<br>le 22  | 2,8<br>le 05  |       |      |
| RR en mm&1/10        | 250          | 36           | 29          | 37,0         | 2            | 8,8          | 0,4          | 0            | 37,8          | 35,3          | 126           | 138,0         |       |      |
| RR(Mx en 24hres)     | 37,6         | 23,5         | 16,0        | 27,0         | 1            | 4            | 4,0          | 0,0          | 24            | 30,0          | 33            | 30,0          |       |      |

| DATE             | le28   | le07   | le24   | le05   | le 26  | le 01  | le22   |        | LE 09  | le 19  | le 10  | le 2   |         |        |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Nbre j RR ≥ 1mm  | 15     | 5      | 3      | 5      | 1      | 3      | 0      | 0      | 1      | 3      | 10     | 14     |         |        |
| Nbre j de grele  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Nbre j de neige  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Nbre j d'orage   | 2      | 1      | 2      | 0      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 1      |         |        |
| Humidité moy en% | 82     | 75     | 72     | 68     | 62     | 58     | 49     | 56     | 61     | 66     | 76     | 83     | 808     | 67     |
| HUM/moy mini en% | 62     | 51     | 43     | 43     | 35     | 31     | 24     | 30     | 34     | 39     | 50     | 63     | 505     | 42     |
| Hum/moy Max en%  | 94     | 92     | 92     | 90     | 86     | 84     | 75     | 80     | 83     | 85     | 91     | 94     | 1046    | 87     |
| VENT moyen m/s   | 1,5    | 2,2    | 2,1    | 2,2    | 2,2    | 2,7    | 2,4    | 2,9    | 2      | 1,2    | 1,0    | 1,0    | 23,4    | 2,0    |
| Vent MAX ≥ 16m/s | 23     | 32     | 19     | 21     | 23     | 20     | 24     | 23     | 1      | 2      | 4      | 5      |         |        |
| DATE             | le28   | le05   | le24   | le06   | le05   | le27   | le31   | le 01  | le 4   | le 18  | le 14  | le 01  |         |        |
| évaporation      | 29     | 53     | 73     | 77     | 117    | 157    | 212    | 169    | 118    | 88     | 49     | 39     | 1181    |        |
| Nbre j Brouill   | 3      | 2      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 4      |         |        |
| Nbre j Brume     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Nbre j Rosée     | 7      | 10     | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 6      | 8      | 11     |         |        |
| Nbre j Gelée     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |         |        |
| Durée D'insol    | 133    | 154    | 273    | 270    | 312    | 341    | 349    | 307    | 295    | 271    | 170    | 127    | 3002    | 250    |
| Pression stion   | 1012,8 | 1013,7 | 1010,5 | 9995   | 9975,0 | 9964   | 9966   | 9967,0 | 9989,0 | 1004,0 | 1001,8 | 1007,0 | 65905,8 | 5492,2 |
| Pression mer     | 1019,9 | 1024,0 | 1019,5 | 1017,7 | 1015,3 | 1013,2 | 1013,9 | 1014,0 | 1016,6 | 1022,1 | 1020,1 | 1025,7 | 12222,0 | 1018,5 |

| Année<br>2018    | JANV | FEVR | MARS | AVR   | MAI  | JUIN | JUILL | AOUT | SEPT | OCTO | NOVEM | DECEM | Tot   | Moy  |
|------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
|                  |      |      |      |       |      |      |       |      |      |      |       |       |       |      |
| T°Moy/mensu en°C | 11,2 | 9,9  | 13,6 | 16,5  | 17,8 | 22,8 | 27,8  | 27,4 | 25,3 | 19,1 | 14,9  | 11,9  | 218,2 | 18,2 |
| T°Moy/mensu mini | 7,1  | 6,4  | 10,2 | 11,8  | 13,5 | 16,8 | 21,5  | 20,8 | 20,3 | 15,3 | 11,4  | 7,7   | 162,8 | 13,6 |
| T°Moy/mensu MAX  | 17,0 | 14,6 | 17,9 | 22,5  | 27,7 | 29,7 | 35,5  | 35,1 | 32,0 | 24,9 | 20,2  | 17,3  | 294,4 | 24,5 |
| T°Max/absol      | 21,7 | 26,0 | 27,6 | 31,9  | 35,8 | 35,8 | 43,9  | 38,6 | 41,0 | 32,7 | 25,7  | 23,0  |       |      |
| date             | 25   | 28   | 10   | 23    | 24   | 28   | 13    | 16   | 3    | 14   | 12    | 4     |       |      |
| T° min/absol     | 4,1  | 2,0  | 4,3  | 5,6   | 8,8  | 12,7 | 17,5  | 19,2 | 14,3 | 7,4  | 6,3   | 4,9   |       |      |
| date             | 13   | 11   | 23   | 1     | 15   | 8    | 6     | 20   | 29   | 29   | 29    | 18    |       |      |
| RR en mm&1/10    | 31   | 108  | 187  | 102,0 | 33   | 34   | 0,5   | 0    | 42   | 182  | 175   | 44,0  | 938,5 |      |

|                  |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |     |      |      |     |
|------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|
| RR(Mx en 24hres) | 12,0 | 32,0 | 61,0 | 31,0 | 10   | 22  | 0,5 | 0,0 | 21  | 43,0 | 93  | 34,0 |      |     |
| DATE             | 11   | 10   | 24   | 13   | 27   | 2   | 15  |     | 15  | 17   | 3   | 14   |      |     |
| Nbre j RR ≥ 1mm  | 9    | 14   | 19   | 13   | 14   | 5   | 0   | 0   | 7   | 15   | 12  | 4    |      |     |
| Nbre j de grele  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    |      |     |
| Nbre j de neige  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    |      |     |
| Nbre j d'orage   | 0    | 0    | 2    | 1    | 2    | 0   | 0   | 0   | 1   | 2    | 1   | 0    |      |     |
| Humidité moy en% | 79   | 80   | 75   | 75   | 80   | 68  | 59  | 60  | 67  | 76   | 77  | 83   | 879  | 73  |
| HUM/moy mini en% | 56   | 57   | 54   | 50   | 59   | 43  | 32  | 33  | 41  | 50   | 54  | 62   | 591  | 49  |
| Hum/moy Max en%  | 93   | 93   | 90   | 91   | 94   | 89  | 82  | 83  | 85  | 92   | 91  | 94   | 1077 | 90  |
| VENT moyen m/s   | 1,5  | 0,8  | 1,9  | 1,2  | 0,7  | 0,3 | 1,2 | 1,9 | 1,6 | 1,3  | 1,3 | 0,8  | 14,5 | 1,2 |
| Vent MAX ≥ 16m/s | 23   | 17   | 30   | 20   | 19   | 17  | 26  | 16  | 28  | 19   | 23  | 21   |      |     |
| DATE             | 6    | 21   | 25   | 8    | 28,0 | 2   | 15  | 1   | 15  | 29   | 26  | 14   |      |     |
| évaporation      | 48   | 38   | 68   | 65   | 59   | 104 | 163 | 147 | 115 | 69   | 57  | 34   | 967  |     |
| Nbre j Brouill   | 2    | 0    | 0    | 2    | 3    | 0   | 0   | 0   | 0   | 3    | 1   | 3    |      |     |
| Nbre j Brume     | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    |      |     |
| Nbre j Rosée     | 21   | 4    | 2    | 2    | 3    | 1   | 0   | 0   | 1   | 6    | 6   | 16   |      |     |
| Nbre j Gelée     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    |      |     |
| Durée D'insol    | 203  | 140  | 155  | 199  | 212  | 340 | 325 | 336 | 225 | 196  | 171 | 187  | 2689 | 224 |
| Pression stion   | //   | //   | //   | //   | //   | //  | //  | //  | //  | //   | //  | //   | 0,0  | 0,0 |
| Pression mer     | //   | //   | //   | //   | //   | //  | //  | //  | //  | //   | //  | //   | 0,0  | 0,0 |

| Année<br>2019    | JANV | FEVR | MARS | AVR  | MAI  | JUIN | JUILL | AOUT | SEPT | OCTO | NOVEM | DECEM | Tot   | Moy  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
|                  |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |       |       |       |      |
| T°Moy/mensu en°C | 9,2  | 10,7 | 13,5 | 15,3 | 18,8 | 25,1 | 29,1  | 28,5 | 24,6 | 20,5 | 14,3  | 13,4  | 223,0 | 18,6 |
| T°Moy/mensu mini | 5,8  | 6,2  | 8,6  | 11,8 | 13,5 | 16,8 | 21,5  | 23,0 | 19,5 | 15,7 | 11,3  | 9,7   | 163,4 | 13,6 |
| T°Moy/mensu MAX  | 14,0 | 16,9 | 19,8 | 22,5 | 27,7 | 32,4 | 35,5  | 35,5 | 31,5 | 27,4 | 18,5  | 18,4  | 300,1 | 25,0 |
| T°Max/absol      | 18,9 | 21,4 | 27,8 | 29,9 | 30,7 | 42,8 | 43,6  | 43,2 | 39,3 | 34,9 | 25,7  | 22,8  |       |      |
| date             | 27   | 10   | 16   | 18   | 28   | 29   | 6     | 1    | 14   | 14   | 2     | 20    |       |      |
| T° min/absol     | 1,6  | 2,9  | 4,7  | 7,4  | 9,2  | 12,3 | 19,9  | 18,3 | 14,9 | 16,3 | 5,7   | 5,4   |       |      |
| date             | 14   | 4    | 1    | 12   | 5    | 1    | 17    | 15   | 11   | 13   | 20    | 30    |       |      |

|                  |      |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       |     |
|------------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-----|
| RR en mm&1/10    | 187  | 51  | 51   | 56  | 35  | 1   | 11  | 10  | 47  | 43   | 220  | 22,0 | 734,0 |     |
| RR(Mx en 24hres) | 41,0 | 28  | 19,0 | 15  | 14  | 0,8 | 9,0 | 3,1 | 19  | 17,0 | 96,0 | 7,0  |       |     |
| DATE             | 23   | 2   | 21   | 1   | 2   | 19  | 31  | 13  | 14  | 2    | 11   | 18   |       |     |
| Nbre j RR ≥ 1mm  | 15   | 5   | 5    | 8   | 3   | 0   | 2   | 3   | 7   | 8    | 18   | 8    |       |     |
| Nbre j de grele  | 0    | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    |       |     |
| Nbre j de neige  | 0    | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    |       |     |
| Nbre j d'orage   | 4    | 1   | 1    | 20  | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 1    | 4    | 1    |       |     |
| Humidité moy en% | 84   | 76  | 74   | 77  | 66  | 60  | 55  | 59  | 69  | 69   | 78   | 76   | 843   | 70  |
| HUM/moy mini en% | 65   | 50  | 49   | 54  | 42  | 36  | 30  | 37  | 44  | 44   | 58   | 56   | 565   | 47  |
| Hum/moy Max en%  | 94   | 91  | 90   | 93  | 89  | 83  | 78  | 80  | 89  | 87   | 91   | 89   | 1054  | 88  |
| VENT moyen m/s   | 1,5  | 1,2 | 1,7  | 1,9 | 1,5 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 1,7 | 1,6  | 1,9  | 1,6  | 22,1  | 1,8 |
| Vent MAX ≥ 16m/s | 29   | 18  | 16   | 22  | 21  | 29  | 33  | 23  | 26  | 31   | 24   | 22   |       |     |
| DATE             | 24   | 2   | 4    | 7   | 17  | 8   | 31  | 1   | 22  | 2    | 23   | 22   |       |     |
| évaporation      | 32   | 43  | 59   | 53  | 94  | 146 | 192 | 161 | 101 | 98   | 58   | 64   | 1101  |     |
| Nbre j Brouill   | 1    | 0   | 1    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1    | 0    | 0    |       |     |
| Nbre j Brume     | 0    | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    |       |     |
| Nbre j Rosée     | 12   | 11  | 4    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 2    | 5    | 13   |       |     |
| Nbre j Gelée     | 1    | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    |       |     |
| Durée D'insol    | 138  | 193 | 205  | 208 | 297 | 321 | 327 | 289 | 245 | 238  | 136  | 163  | 2760  | 230 |
| Pression stion   | //   | //  | //   | //  | //  | //  | //  | //  | //  |      |      |      | 0,0   | 0,0 |
| Pression mer     | //   | //  | //   | //  | //  | //  | //  | //  | //  |      |      |      | 0,0   | 0,0 |

| Année<br>2020    | JANV             | FEVR | MARS | AVR  | MAI  | JUIN | JUILL | AOUT | SEPT | OCTO | NOVEM | DECEM | Tot   | Moy   |
|------------------|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                  | T°Moy/mensu en°C | 10,8 | 13,2 | 14,3 | 16,6 | 31,4 | 24,4  | 28,8 | 28,8 | 23,6 | 18,5  | 16,7  | 12,2  | 239,3 |
| T°Moy/mensu mini | 6,8              | 7,9  | 10,4 | 12,5 | 15,1 | 17,7 | 21,7  | 22,6 | 18,4 | 13,2 | 12,7  | 9,0   | 168,0 | 14,0  |
| T°Moy/mensu MAX  | 16,2             | 20,6 | 19,8 | 22   | 28,7 | 31,7 | 37,3  | 36,5 | 30,5 | 26,3 | 22,7  | 16,5  | 308,8 | 25,7  |
| T°Max/absol      | 20,3             | 24,9 | 29,2 | 31,6 | 35,8 | 43,0 | 42,8  | 42,0 | 35,8 | 33,5 | 30,4  | 21,8  |       |       |
| date             | 24               | 29   | 12   | 15   | 4    | 30   | 26    | 11   | 15   | 6    | 25    | 16    |       |       |
| T° min/absol     | 3,3              | 5,1  | 4,2  | 8,1  | 11,3 | 13,2 | 17,6  | 18,1 | 12,8 | 9,5  | 7,1   | 4,3   |       |       |

[illegible]

**Annexe III:** Températures de l'air moyennes :mensuelles , minimales et maximales enregistrés a tizi-ouzou source (ONM tizi-ouzou) periode (2012-2020)

| Mois<br>T°C   | Jan   | Fev   | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Aout  | Sept  | Oct   | Nov   | Dec   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>T.moy</b>  | 10,64 | 10,84 | 13,48 | 16,31 | 20,75 | 24,42 | 28,24 | 28,38 | 24,53 | 20,64 | 15,26 | 11,85 |
| <b>T. max</b> | 16,05 | 16,38 | 19,13 | 22,63 | 27,1  | 31,8  | 36,08 | 35,11 | 31,47 | 27,64 | 19,81 | 17,01 |
| <b>T.min</b>  | 6,73  | 6,73  | 9,08  | 11,45 | 14,01 | 17,66 | 21,31 | 22,25 | 19,2  | 15,61 | 12,36 | 8,18  |

**Annexe VI :** Températures ponctuelles de l'eau dans les stations étudiées

| Stations            | II   | IL  | KH1   | KH2 | B1  | B2  |
|---------------------|------|-----|-------|-----|-----|-----|
| <b>Altitudes(m)</b> | 1290 | 710 | 370   | 220 | 200 | 190 |
| <b>T. moy (°C)</b>  | 7    | 9   | 12.50 | 17  | 22  | 23  |

## Annexe V : Liste des 138 taxons (extrait de la norme AFNO RT 90-350 1992).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>INSECTES</u></b></p> <p>PLECOPTERES</p> <p><b>Capniidae (8)</b><br/> <b>Chloroperlidae (9)</b><br/> <b>Leuctridae (7)</b><br/> <b>Nemouridae (6)</b><br/> <b>Perlidae (9)</b><br/> <b>Perlodidae (9)</b><br/> <b>Taeniopterygidae (9)</b></p> <p>TRICHOPTERES</p> <p><b>Beraeidae (7)</b><br/> <b>Brachycentridae (8)</b><br/> Ecnimidae<br/> <b>Glossosomatidae (7)</b><br/> <b>Goeridae (7)</b><br/> Helicopsyichidae<br/> <b>Hydropsychidae (3)</b><br/> <b>Hydroptilidae (5)</b><br/> <b>Leptoceridae (4)</b><br/> <b>Limnephilidae (3)</b><br/> Molannidae<br/> <b>Odontoceridae (8)</b><br/> <b>Philopotamidae (8)</b><br/> Phryganeidae<br/> <b>Polycentropodidae (4)</b><br/> <b>Psychomyidae (4)</b><br/> <b>Rhyacophilidae (4)</b><br/> <b>Sericostomatidae</b><br/> (6) Thremmatidae</p> <p>EPHEMEROPTERES</p> <p><b>Baetidae (2)</b><br/> <b>Caenidae (2)</b><br/> <b>Ephemerillidae (4)</b><br/> <b>Ephemeridae (6)</b><br/> <b>Heptageniidae (5)</b><br/> <b>Leptophlebiidae (7)</b><br/> Oligoneuriidae<br/> <b>Polymitarcidae</b><br/> (5) <b>Potamanthidae(5)</b><br/> Prosopistomatidae<br/> Siphonuridae</p> <p><b>Polymitarcidae (5)</b><br/> <b>Potamanthidae(5)</b><br/> Prosopistomatidae<br/> Siphonuridae</p> | <p>HETEROPTERES</p> <p><b>Aphelocheiridae (3)</b><br/> Corixidae<br/> Gerridae<br/> Hebridae<br/> Hydrometridae<br/> Naucoridae<br/> Nepidae<br/> Notonectidae<br/> Mesoveliidae<br/> Pleidae<br/> Veliidae</p> <p>COLEOPTERES</p> <p>Curculionidae<br/> Donaciidae<br/> Dytiscidae</p> <p><b>Elmidae (2)</b><br/> Gyrinidae<br/> Haliplidae<br/> Helodidae<br/> Helophoridae<br/> Hydraenidae<br/> Hydrochidae<br/> Hydrophilidae<br/> Hydroscaphilidae<br/> Hygrobiidae<br/> Limnebiidae<br/> Spercheidae</p> <p>DIPTERES</p> <p>Anthomyidae<br/> Athericidae<br/> Blephariceridae<br/> Ceratopogonidae<br/> Chaoboridae<br/> <b>Chironomidae (1)</b><br/> Culicidae<br/> Dixidae<br/> Dolichopodidae<br/> Empididae<br/> Ephyridae<br/> Limoniidae<br/> Psychopteridae<br/> Plychopteridae<br/> Ragionidae<br/> Scatophagidae<br/> Sciomyzidae<br/> Simuliidae<br/> Stratiomyidae<br/> Syrphidae<br/> Tabanidae<br/> Thaumaleidae<br/> Tipulidae</p> | <p>ODONATES</p> <p>Aeschnidae<br/> Calopterygidae<br/> Coenagrionidae<br/> Cordulegasteridae<br/> Corduliidae<br/> Gomphidae<br/> Lestidae<br/> Libellulidae<br/> Platycnemididae</p> <p>MEGALOPTERES</p> <p>Sialidae<br/> PLANIPENNES<br/> Osmylidae<br/> Sysyridae</p> <p>HYMENOPTERES<br/> LIPIDOPTERES<br/> Pyrilidae</p> <p><b><u>CRUSTACES</u></b></p> <p>BRANCHIPTERES<br/> AMPHIPDES</p> <p><b>Gammaridae(2)</b></p> <p>ISOPODES<br/> <b>Asellidae(1)</b></p> <p>DECAPODES<br/> Astacidae<br/> Atyidae<br/> Grapsidae<br/> Cambaridae</p> <p><b>MOLLUSQUES</b></p> <p>BIVALES<br/> Curbiculidae<br/> Dreissenidae<br/> Sphaeriidae<br/> Unionidae</p> <p>GASTEROPODES</p> <p>Ancylidae<br/> Bithynidae<br/> Bythinclidae<br/> Hydrobiidae<br/> Lymnaciidae<br/> Naritidae</p> | <p>Psysidae<br/> Planorbidae<br/> Viviparidae</p> <p><b>ACHETES(1)</b></p> <p>Erphobedellidae<br/> Glossiphonidae<br/> Hirudinae<br/> Pisciolidae</p> <p>TRICLADES</p> <p>Dendrecalidae<br/> Dugesidae<br/> Planariidae</p> <p><b>OLIGOCHETES</b></p> <p>NEMATHELMIDAE</p> <p><b><u>HYDRACARIENS</u></b></p> <p><b><u>HYDROZOAIRE</u></b></p> <p><b><u>SPONGIAIRES</u></b></p> <p><b><u>BRYOZOAIRE</u></b></p> <p><b><u>NEMERIENS</u></b></p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

