

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**

**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département de biologie**



## ***Mémoire de fin d'Etudes***



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

**Spécialité : Ecologie Animale**

### ***Thème***

**Etude faunistique des macroinvertébrés benthiques et  
état de santé écologique de l'assif Sahel et de l'oued  
Boubhir (s.s)**

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup> BOUAZIZ Lydia & M<sup>elle</sup> MAHMOUDIA Kaissa**

**Soutenu devant le jury composé de :**

<b>M<sup>me</sup> CHAOUCHI N.</b>	<b>M. C. 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>R</sup> LAMINE S.</b>	<b>DOCTEUR</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Co promoteur</b>
<b>M<sup>me</sup> HAOUCHINE S</b>	<b>M. A. A</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Examinatrice</b>

**2020-2021**

## *Remerciements*

*Merci à toute l'équipe du laboratoire D'hydrobiologie de l'université Mouloud MAMMERI pour leur accueil particulièrement le professeur LOUNACIA*

*Nos remerciements s'adressent à notre promotrice et enseignante madame SEKHI S pour nous avoir encadrées, dirigées, pour le support et le soutien qu'elle nous a apportés et tout particulièrement pour son partage de connaissances.*

*Nous souhaitons témoigner notre plus vive gratitude à notre copromoteur Monsieur LAMINE S pour son suivi et son aide notamment dans la détermination des Coléoptères et pour nous avoir accompagnées, assistées guidées sur le terrain.*

*Ils nous ont permis d'acquérir un savoir consolidé par la pratique*

*Nos sincères remerciements à Madame CHAOUCHI N qui a accepté de présider le jury.*

*Nous exprimons toute notre profonde gratitude à Madame HAOUCHINE S pour ses conseils, sa bienveillance et pour avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Un grand merci à Mademoiselle KACHMIR L H et Monsieur BABA M pour leur aide sur le terrain et surtout pour nous avoir mis à disposition leur véhicule.*

## *Dédicaces*

*Au terme de la rédaction de ce mémoire, il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude à toute personne y ayant contribué ;*

*À mon cher père, **BOUAZIZ Salem** je te dédie ce modeste travail, ta mémoire suscite en moi le goût de l'effort, j'espère que là où tu es tu es fière de moi.*

*À ma chère maman, **OUERDI Zahia** quoi que je fasse ou dise je ne serais point te remercier comme il se doit, ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles, merci pour tes sacrifices, merci pour ta bravoure, merci de faire de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*À mon cher oncle, **BOUAZIZ Mokrane** tu es mon roc, ton amour me couvre, ta sagesse me guide, ceci est un témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*À mama falou, tel un rayon de soleil tu m'apportes espoir et gaieté merci pour ta joie de vivre.*

*À mes oncles Madjid, Samir et Djamel, merci de croire en moi, merci pour votre soutien indéfectible.*

*À mes chers frères Yani, Mhend, Ammar, Hillal, Hamid, Saïd, Saadi vous êtes mes piliers, je vous souhaite bonheur et réussite que dieu vous protège.*

*À vous **BOUAZIZ lisa**, **NAMOUS Dehbia** et **HOUAMDI Fatima**, merci d'être toujours à mes côtés, sans oublié ma chère binôme **KAISSA**.*

*Lydia.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents NADIA & OMAR, qui ont été toujours à mes côtés et qui représentent pour moi un symbole de patience et de courage. Que Dieu, le tout puissant vous préserve et vous accorde santé.*

*Ma très chère sœur OUIZA sur qui j'ai toujours compté, et qui a été présente avec tout son être, à qui je souhaite plein de succès et bonheur.*

*Mes merveilleux frères SYPHAX & ACHOUR.*

*En particulier ma grand-mère FATMA que Dieu te préserve et te garde. Mes chers oncles et tantes ainsi que toute la famille MAHMOUDIA.*

*BIJOU mon chat adoré.*

*Tous mes ami(es) avec qui j'ai passé d'agréables années, en particulier LYDIA ma chère amie avant qu'elle soit ma binôme.*

***KAISSA. .***

### ***Liste des abréviations***

**°C** : degré Celsius.

**A.N.R.H** : agence nationale des ressources hydrauliques.

**ACP** : analyse en composante principale.

**Alt.** : altitude.

**C%** : pourcentage des Chironomidae.

**CAH** : classification ascendante hiérarchique.

**Cm/S** : centimètre par seconde.

**Dis** : distance.

**E** : indice d'équitabilité.

**EPT** : Epheméroptères Plécoptères Trichoptères.

**EPT/C** : Epheméroptères Plécoptères Trichoptères / Chironomidae.

**Et al.** : et alii.

**GG** : gros galets.

**H'** : indice de diversité.

**km** : kilomètre.

**Larg** : largeur.

**m** : mètre.

**ml** : millilitre.

**mm** : millimètre.

**mm/ an** : millimètre par an.

**MO** : matières organiques.

**O.N.M** : office nationale météorologique.

**Pent** : pente.

**Prof** : profondeur.

**Rec** : recouvrements.

**s.s** : sens strict.

**S/L** : sables et limons.

**sp** : plusieurs espèces

**Temp** : température

**Vaq** : végétation aquatique

**Vit** : vitesse

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).....	4
<b>Figure 2</b> : Les grandes unités morpho-structurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952).5	
<b>Figure3</b> : Précipitations moyennes (en mm) de trois localités de la région d'étude(1994-2014)7	
<b>Figure 2</b> : Températures mensuelles de l'air (°C)(maximales, minimales et mensuelles) à Tizi-Ouzou pour la période 2012-2020(Source O.N.A de Tizi-Ouzou).....	8
<b>Figure 3</b> : Diagramme de BANGOULS et GAUSSEN de la région de Tizi-Ouzou (2000-2015).....	9
<b>Figure 4</b> : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.....	13
<b>Figure 5</b> : Températures ponctuelles de l'eau relevées dans les stations étudiées.....	22
<b>Figure 8</b> : Abondance de la faune globale dans les stations d'études.....	35
<b>Figure 9</b> : Richesse taxonomique dans les stations étudiées.....	36
<b>Figure 10</b> : Abondance relative (%) des taxons récoltés.....	38
<b>Figure 11</b> : Occurrence relative (%) des taxons récoltés.....	38
<b>Figure 12</b> : Abondance des Diptères récoltés.....	40
<b>Figure 13</b> : Répartition des Diptères dans les stations étudiées.....	40
<b>Figure 14</b> : Répartition des Oligochètes dans les stations d'études.....	41
<b>Figure 15</b> : Répartition des Hydracariens dans les stations d'études.....	42
<b>Figure 16</b> : Abondance des Éphéméroptère étudiées.....	43
<b>Figure 17</b> : Répartition des Éphéméroptères dans les stations d'études.....	44
<b>Figure 18</b> : Abondance des Trichoptères.....	45
<b>Figure 19</b> : Répartition des Trichoptères dans les stations étudiées.....	46
<b>Figure 20</b> : Abondance des familles des Plécoptère.....	47
<b>Figure 21</b> : Répartition des Plécoptères dans les stations étudiées.....	48
<b>Figure 22</b> : Abondance des familles de Coléoptère.....	49

<b>Figure 23</b> : Répartition des Coléoptères dans les stations étudiées.....	50
<b>Figure 24</b> : Abondance des familles de Mollusque.....	50
<b>Figure 25</b> : Répartition des Mollusque dans les stations étudiées.....	51
<b>Figure 26</b> : Indice de diversité ( $H'$ ) des stations étudiées.....	55
<b>Figure 27</b> : Indice d'Équitabilité (E) des stations étudiées.....	55
<b>Figure 28</b> : ACP représentation de la distribution des paramètres environnementaux.....	61
<b>Figure 29</b> : Dendrogramme visualisant les relations entre les variables environnementales...	62
<b>Figure 30</b> : Présentation des stations dans l'espace plan factoriel F1 et F2.....	62

*Liste des photographies*

<b>Photos 1</b> : Station SA1 .....	17
<b>Photos 2</b> : Station SAD .....	17
<b>Photos 3</b> : Station SA3.....	17
<b>Photos 4</b> : Station SA2.....	17
<b>Photos 5</b> : Station SA5.....	17
<b>Photos 6</b> : Station SA4 .....	17
<b>Photos 7</b> : Station B2 .....	17
<b>Photos 8</b> : Station B1.....	17

### *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Caractéristiques des stations étudiées.....	16
<b>Tableau 2</b> : Altitudes et pentes des stations étudiées.....	18
<b>Tableau 3</b> : Altitude, largeur du lit et vitesse du courant mesuré aux stations d'étude.....	20
<b>Tableau 4</b> : Nature du substrat dans les stations étudiées.....	23
<b>Tableau 5</b> : Relation richesse EPT et qualité de l'eau.....	28
<b>Tableau 6</b> : Nombre de familles et de genres par groupe zoologique dans les stations étudiée	31
<b>Tableau 7</b> : Répartition de la faune benthique dans l'assif Sahel et oued Boubhir.....	33
<b>Tableau 8</b> : Indice de diversité de Shannon et Weaver $H'$ et indice d'Equitabilité.....	54
<b>Tableau 9</b> : Relation richesse en EPT et qualité de l'eau.....	56
<b>Tableau 10</b> : Valeur du nombre d'individus EPT et valeur du Ratio EPT.....	57
<b>Tableau 11</b> : Valeur de EPT/ nombre d'individus Chironomidae.....	58
<b>Tableau 12</b> : Caractéristiques environnementales des 8 stations étudiées.....	59
<b>Tableau 13</b> : Matrice de corrélation entre variables environnementales (N=12, P < 0.05)....	60

## *Glossaire*

**Abondance** : représente le nombre d'individus du taxon présent par l'unité de surface, il est variable dans le temps et dans l'espace.

**Alticole** : se dit des espèces qui vivent dans les cours d'eau de haute altitude.

**Bio indicateur** : organisme végétal ou animal qui fait l'objet de mesure permettant d'indiquer la présence ou les effets des polluants.

**Biodiversité**: la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autre, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques, et cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces, ainsi que celle d'écosystèmes.

**Biotope** : est un milieu de vie composé d'un ensemble de paramètres physicochimiques pour abriter les différentes formes d'organismes.

**Ecosystème** : est l'unité de base qui permet d'étudier les liens qui existent, d'une part, entre les organismes vivants et d'autre part entre ceux-ci et leur environnement physique.

**Eurytherme** : espèce végétale ou animale qui résiste à de grandes variations de température.

**Eurytope** : se dit des espèces qui ont une large répartition écologique.

**Hydrosystème** : Système composé de l'eau et des milieux aquatiques associés dans un secteur géographique délimité, notamment un bassin versant.

**Le benthos, Macroinvertébrés benthiques, la faune benthique ou limnofaune** : des espèces d'invertébrés qui vivent dans les sédiments.

**Lotique** : Milieu aquatique caractérisé par un mouvement de l'eau ; il correspond à des eaux courantes.

**Occurrence** : autrement appelé indice de fidélité c'est le nombre de prélèvement où l'espèce est présente.

**Perturbation anthropique** : causée par l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme

**Peuplement** : est l'ensemble des populations des espèces appartenant souvent à un même groupe taxonomique dans le même endroit au même temps.

**Polluoresistant** : organisme résistant à la pollution.

**Polluosensible** : organisme sensible à la pollution.

**Potamon** : le nom donné au lit inférieur d'un cours d'eau en hydrogéologie dulcicole.

**Rhitron** : la partie supérieure du cours d'eau.

**Richesse taxonomique** : c'est le nombre d'espèce existant dans un milieu donné.

**Saprophage** : consommation des végétaux ou des animaux morts, c'est en quelques sortes le recyclage de la matière organique avant d'être déminéralisée par les décomposeurs.

**Sténotherme** : espèce végétale ou animale qui ne peut vivre que dans un milieu sujet à de faibles variations de température.

**Taxon** : Unité taxonomique telle qu'une famille, un genre, une espèce.

**Thermophile** : Se dit des organismes qui vivent à des températures élevées.

**Topographie** : technique qui consiste à lever la carte ou le plan d'un terrain, à une échelle réduite.

**Torrent** : type de cours d'eau, présent dans les montagnes, a généralement un débit irrégulier.

**Torrenticole ou rhéophile** : se dit des espèces qui vivent dans les torrents.

**Zoocénose** : la communauté constitué par l'ensemble des populations animales des diverses espèces présentes dans une biocénose.

## *Sommaire*

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I</b> .....	<b>Caractéristique générales de la région d'étude</b>
1. Situation et cadre géographique. ....	3
2. Contexte géologique .....	3
3. Climatologie .....	5
3.1 Précipitations.....	6
3.2 Température de l'air.....	7
3.2.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	9
4. Couvert végétal.....	10
5. Influence humain .....	11
<b>Chapitre II</b> .....	<b>Sites et méthodes d'étude</b>
1. Démarche générale.....	13
1.1 Description des cours d'eau et des stations étudiées.....	13
1.1.1 Assif Sahel.....	14
1.1.2 Oued Boubhir (s.s) .....	15
2 Caractéristiques physiques des stations d'étude.....	18
2.1 Pente.....	18
2.2 Débit.....	18
2.3 Écoulement de L'eau .....	19
2.4 Vitesse du courant .....	19
2.5 Température de l'eau.....	20
2.6 Substrat.....	22
3. Matériels et Méthodes d'échantillonnage benthiques .....	23
3.1 Prélèvement des échantillons benthiques .....	24
3.2 Chasse d'adultes.....	24
3.3 Conservation des échantillons.....	24

3.4 Lavage, tri et détermination.....	24
4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement.....	25
4.1 Indices de diversité.....	25
4.2 Autre métrique .....	28
4.2.1 Indice EPT .....	28
4.2.2 Ratio EPT.....	28
4.2.3 Ratio EPT/ Chironomidae.....	29
5. Traitement statistique des données.....	29
5.1 Logiciels de calcul.....	30
<b>Chapitre III.....</b>	<b>Résultats et discussions</b>
1. Analyse globale de la faune benthique.....	31
2. Abondance stationelle.....	35
3. Richesse spécifique.....	35
4. Abondance et occurrence des taxons .....	37
5 Analyses quantitative et qualitative de la faune benthique.....	39
5.1 Les Diptères .....	39
5.2 Les Oligochètes .....	41
5.3. Les Hydracariens.....	42
5.4. Les Éphéméroptères .....	42
5.5 Les Trichoptères .....	44
5.6 Les Plécoptères.....	46
5.7 Les Coléoptères.....	48
5.8 Les Mollusques .....	50
5.9. Autres groupes zoologiques.....	51
6 Étude de la diversité.....	53
6.1 L'indice de diversité de Shannon-Weaver.....	53

7 Evaluation biologique de la qualité de l'eau et du milieu .....	56
7.1 Indice EPT.....	56
7.2 Ratio EPT.....	57
7.3 Ratio du nombre d'individus EPT/Nombre d'individus Chironomidae .....	58
8. Structure mésologique .....	59
<b>Conclusion .....</b>	<b>63</b>

## **Références bibliographique**

### **Annexes**

### **Abréviation**

### **Glossaire**

# **Introduction**

## Introduction

L'eau, élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, présent dans toute interaction vitale, il est un vecteur important dans le développement durable. Malheureusement, cette ressource primordiale est menacé d'un côté par sa rareté à la forme douce, et de l'autre par l'impact de pollution générée par l'activité humaine.

D'une façon globale, lorsqu'on aborde la biodiversité, il est primordial de faire référence à la diversité biologique des écosystèmes aquatiques continentaux qui est proportionnellement élevée par rapport à celle des autres écosystèmes. Les habitats d'eau douce couvrent moins de 1% de la surface terrestre et ils hébergent plus de 25% de tous les vertébrés décrit plus de 126 000 espèces animales et près de 2 600 plantes macrophytes (DARWALL et *al.*, 2008). Ils sont pourtant reconnus par la communauté scientifique comme étant gravement menacés au niveau global (REVENGA & KURA, 2003 ; LÉVÊQUE et *al.*, 2005 ; DUDJEAN et *al.*, 2006).

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes et dans le cycle de matière organique. Les réseaux hydrographiques du monde entier ont été plus ou moins modifiés par les activités humaines (EVERARD & POWELL, 2002).

En Algérie du Nord, la complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés avec une perte de la diversité et/ou des déséquilibres démographiques (LOUNACI, 2005).

L'étude des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Afrique du Nord a été entreprise ces dernières décennies afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie (facteur de répartition des espèces, distribution spatial...) ainsi que la biogéographie.

Des essais faunistiques viennent s'ajouter par la suite aux divers travaux qui ont été réalisés sur cette partie d'Algérie du Nord. Les premières études sur la limnologie datent de la

fin du XIX<sup>ème</sup>: MORTON (1896), BEDEL (1895, 1925), PIC (1905), LESTAGE (1925), PURI (1925), NAVAS (1929), POISSON (1957, 1961).

Plus récemment, divers programmes hydrobiologiques ont été lancés par les laboratoires de l'UMMTO (Tizi-Ouzou), Tlemcen et de l'USTHB (Alger). Les principaux travaux : GAGNEUR *et al.* (1986) sur les Oligochètes d'Algérie, LOUNACI (1987) sur la faune des cours d'eau de l'oued Aissi, AÏT-MOULOUD (1988) sur la dérive des macroinvertébrés benthiques de l'oued Aissi, GAGNEUR & ALIANE (1991) sur les Plécoptères de la Tafna, MOUBAYED *et al.* (1992) sur les Diptères Chironomidae d'Algérie, LOUNACI-DAOUDI (1996) sur les macroinvertébrés du réseau hydrographique du Sébaou, THOMAS (1998) sur les Ephéméroptères d'Algérie, du Maroc et de Tunisie, LOUNACI *et al.* (2000a, 2000b) sur la faune benthique du bassin de l'oued Sébaou, MEBARKI (2017) sur la faune benthique des réseaux hydrographiques d'Algérie du Nord, LOUNACI & VINÇON (2005) sur les Plécoptères de Kabylie, LOUNACI (2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura SEKHI (2010) sur les macroinvertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (wilaya de Naâma), HAOUCHINE (2011) sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie et LAMINE (2021) sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura.

L'objectif de ce travail est d'une part, de contribuer à l'étude des données faunistiques de l'assif Sahel et de l'oued Boubhir (s.s) et de déterminer l'organisation spatiale et la structure des macroinvertébrés benthiques en fonction des caractéristiques environnementales, d'autre part, d'évaluer la qualité hydrobiologique de l'eau et du milieu par les voies biologiques.

L'ensemble de ce travail est reparti sur trois chapitres :

- ❖ Le premier résume les principales caractéristiques générales de la région d'étude : géographie, climatologie, végétation et perturbations anthropiques ;
- ❖ La deuxième traite essentiellement les sites d'étude et méthodes d'échantillonnage employées : description des réseaux hydrographiques et caractéristiques physiques des sites étudiés.
- ❖ Le troisième s'intéresse à l'étude de la faune récoltée : structure et analyse de la faune, évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques ; ainsi, qu'à la discussion des différents résultats obtenus.

# **CHAPITRE I**

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

## 1 Situation et cadre géographique

La Kabylie du Djurdjura constitue notre région d'étude. Elle est située dans le centre Nord de l'Algérie à une centaine de kilomètres, à l'Est d'Alger, et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen. Elle s'étend depuis les sommets du massif du Djurdjura, principalement Thala Guilef 1450 m, Tikjda 1450 m, Tizi N'Kouilal 1470 m et le col de Tirourda jusqu'aux piémonts et aux plaines de Tizi-Ouzou (Vallée du Sébaou).

Le Sébaou, principal cours d'eau de Kabylie, s'étale sur une superficie de 2500 km<sup>2</sup> et d'une longueur de 117 km (YAKOUB, 1996). Il est délimité (figure 1):

- au Nord, par la Méditerranée ;
- au Sud, par la chaîne calcaire du Djurdjura ;
- à l'Est, par le massif de l'Akfadou ;
- et à l'Ouest, par le massif de Djebel Belloua et Djebel Aissa Mimoun.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau de la région de la Kabylie de Djurdjura, notre intérêt s'est porté sur l'assif Sahel et oued Boubhir (s.s).

## 2 Contexte géologique

Différentes études géologiques et hydrogéologiques ont été réalisées sur la Kabylie dont : FLANDRIN (1952), THIEBAULT (1952), RAYMOND (1976), GELARD (1979) et YAKOUB (1996).

Selon les structures, on distingue les formes suivantes :

- **La dorsale de Djurdjura** : elle constituée en grande partie de terrains calcaires, de roches cristallines et cristallophylliennes de nature magmatiques (granites et pegmatite) et métamorphiques (micaschistes et quartzites), qui lui confèrent toutes sa résistance à l'érosion linéaire mais fortement karstifié.

La lithologie de cette chaîne est à l'origine de nombreux écoulements superficiels et saisonniers, et favorise l'existence du phénomène de karstification donnant lieu souvent à des sources en altitude et le développement d'importants gouffres qui sont d'un intérêt hydrogéologique important.

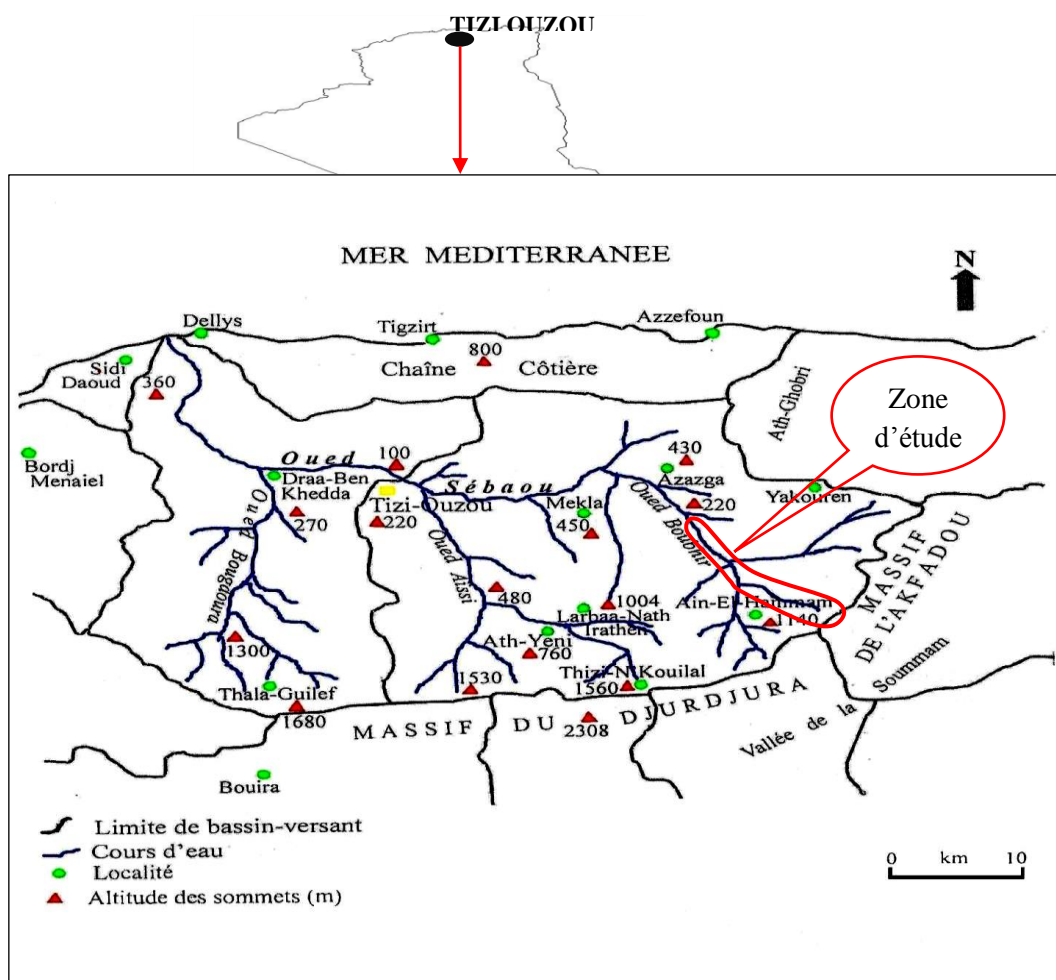


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).

- **Le socle Kabyle** : représenté par diverses formations cristallophylliennes: les Schistes, les Micaschistes, les Gneiss, les Granites et les Pegmatites. De par sa topographie, le socle Kabyle favorise la convergence des eaux de pluies vers les principaux affluents de l'oued Sébaou (YAKOUB, 1996).
- ✓ **Le miocène** : des écoulements de surface qui alimentent les oueds permises par la nature imperméable de marnes et d'argiles et occupent le fond des vallées.
- ✓ **Le quaternaire** : il est constitué d'un matériel hétérogène (galets, graviers, sable, limons) et représente, lorsqu'il existe, d'importantes accumulations : les nappes alluviales. Il est bien représenté dans la dépression de Meschtras et tout au long des oueds.

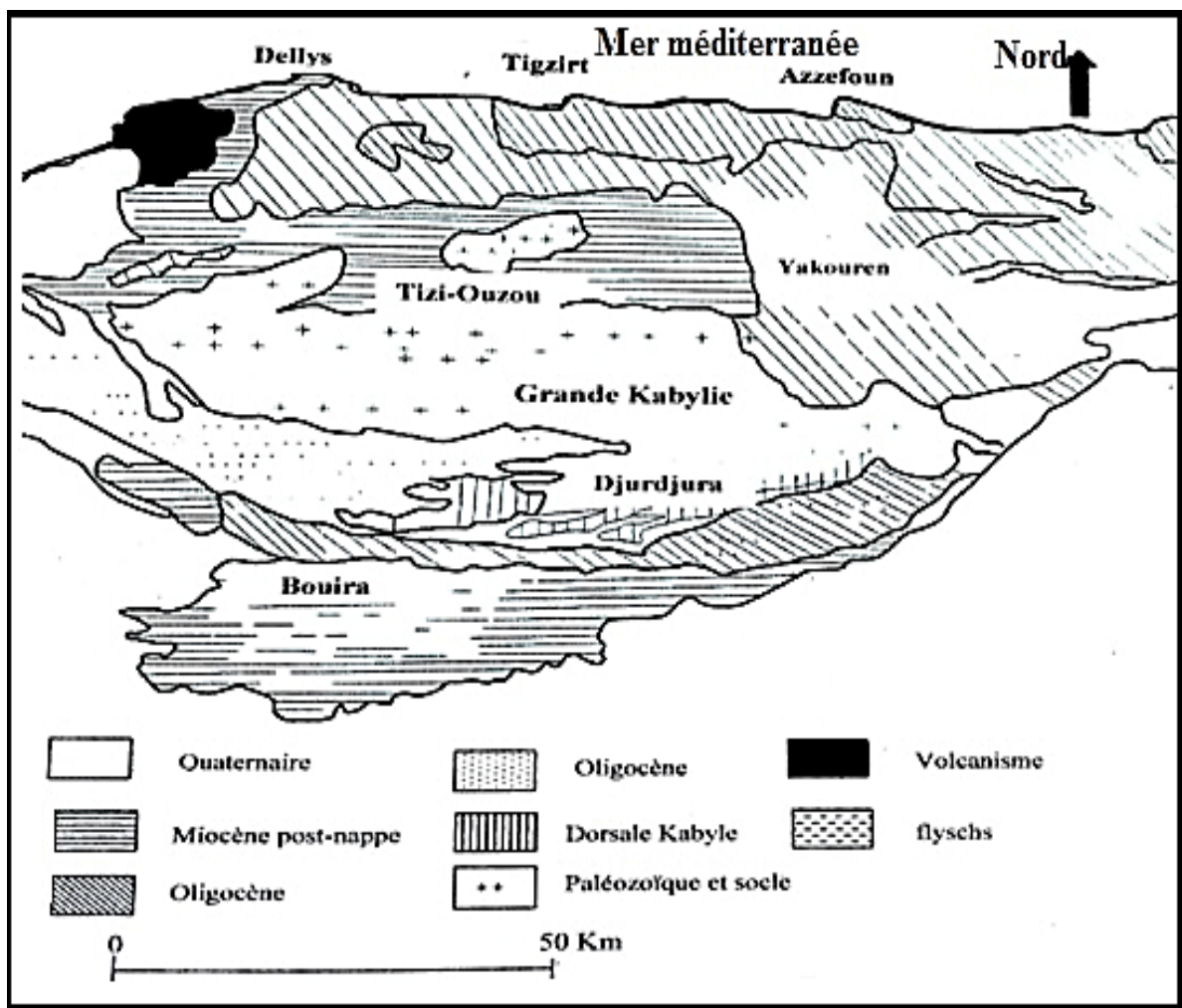


Figure 2 : Les grandes unités morpho-structurales de la Grande-Kabylie (FLANDRIN, 1952).

### 3 Climatologie

Le climat est 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 (DOUCET, 1997).

Il dépend de nombreux facteurs tels que la température, les précipitations, l’humidité relative de l’air et du vent (FAURIE et al, 2003).

Le climat de notre zone d’étude est influencé par une tendance continentale subdésertique provenant du Sud et une tendance marine au Nord et les vents prédominants proviennent du Nord et Nord-Est.

Du point de vue climatique, la Kabylie se caractérise par la sécheresse de la saison estivale (sécheresse totale, bien marquée, se prolongeant de Juillet à Septembre) et des hivers relativement humides avec des précipitations torrentielles à grande irrégularité interannuelle (ABDESSELAM, 1995).

### 3.1 Précipitation

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. Elle est conditionnée par la direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides.

C'est un facteur très important qui est déterminé par sa durée de chute et son intensité. La pluviosité est caractérisée par une répartition inégale d'un point à un autre et d'une saison à une autre. Elle augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides. Elle augmente également d'Ouest en Est, et à l'inverse elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud (SELTZER, 1946 ; QUEZEL, 1957 ; CHAUMONT & PAQUIN, 1971).

La pluviométrie est plus importante au Djurdjura de par sa hauteur (2308 m), sa proximité relative à la mer (45 à 50 km) et par son orientation Est-Ouest qui lui permet de recevoir la masse principale des pluies en hiver dont une partie tombera sous forme de neige (à partir de 700-800 m d'altitude). Les quantités de pluies reçues accompagnées de neige varient de 1500 à 2000 mm/an au versant Nord, tandis que la zone littorale et les piémonts, présentent des précipitations moindres qui oscillent entre 800 et 900 mm/an. (DERIDJ ,1990 ; ABDESSELAM, 1995).

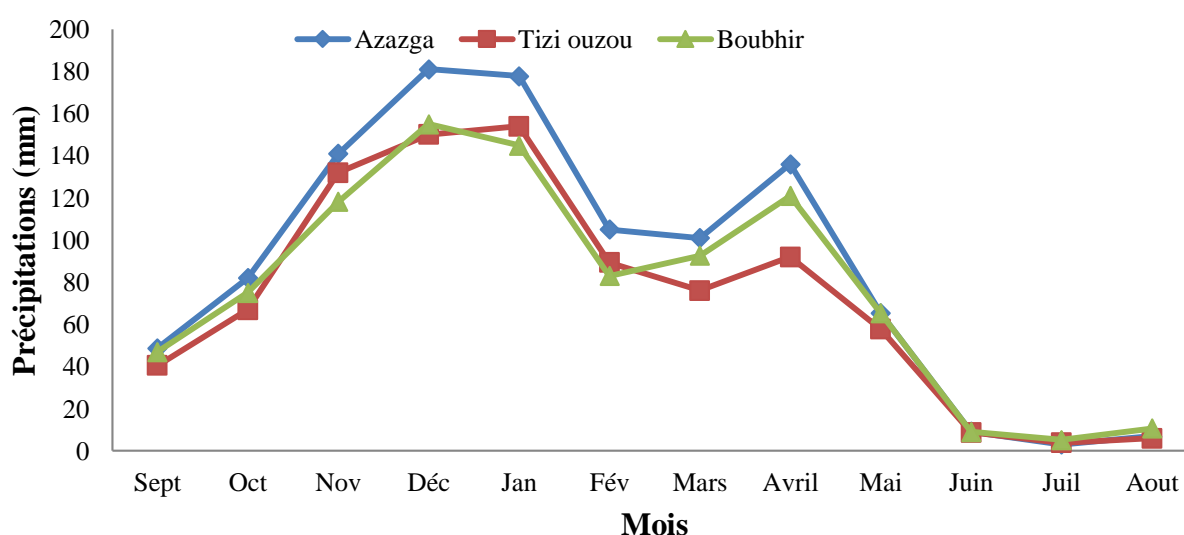
Par ailleurs, la Grande-Kabylie peut être considérée comme l'une des régions les plus arrosées d'Algérie, ce qui constitue un atout hydrologique important pour l'alimentation de l'oued Sébaou et ses affluents.

Du au déficit d'un réseau météorologique de la zone d'étude, nous avons été contraints d'utiliser les données météorologiques des régions périphériques de cette dernière (Azazga, Tizi-Ouzou et Bouhbir) pour la période (1994-2014). Les données nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou et sont consignées dans (l'annexe 1).

La figure 3 a permis de déduire que les précipitations les plus importantes avec plus de 80 % du total pluviométrique, surviennent de Novembre à Avril avec deux pics :

- ❖ le premier plus important en Décembre et Janvier avec respectivement de 162mm et 158,8 mm (moyenne des trois régions).
- ❖ et le second en Avril avec 116,3 mm (moyenne des trois régions).

Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre des valeurs minimales de l'ordre de 4,03 mm et 7,9 mm (moyenne des trois régions) pour les mois de Juillet et Août respectivement, puis remontent en Septembre.



**Figure 3 :** Précipitations moyennes (en mm) de trois localités de la région d'étude (1994-2014)

### 3.2 Température de l'air

Selon BARBAULTT (2008), la température de l'air est un facteur important, elle devient contraire à la vie vers les valeurs supérieures à 60 °C et celles inférieures à 0 °C. La première limite correspond au seuil critique d'altération de la structure des protéines, le second au seuil de détérioration par gel des structures cellulaires.

De ce fait, elle contrôle l'ensemble des précipitations, des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition des espèces végétales et animales.

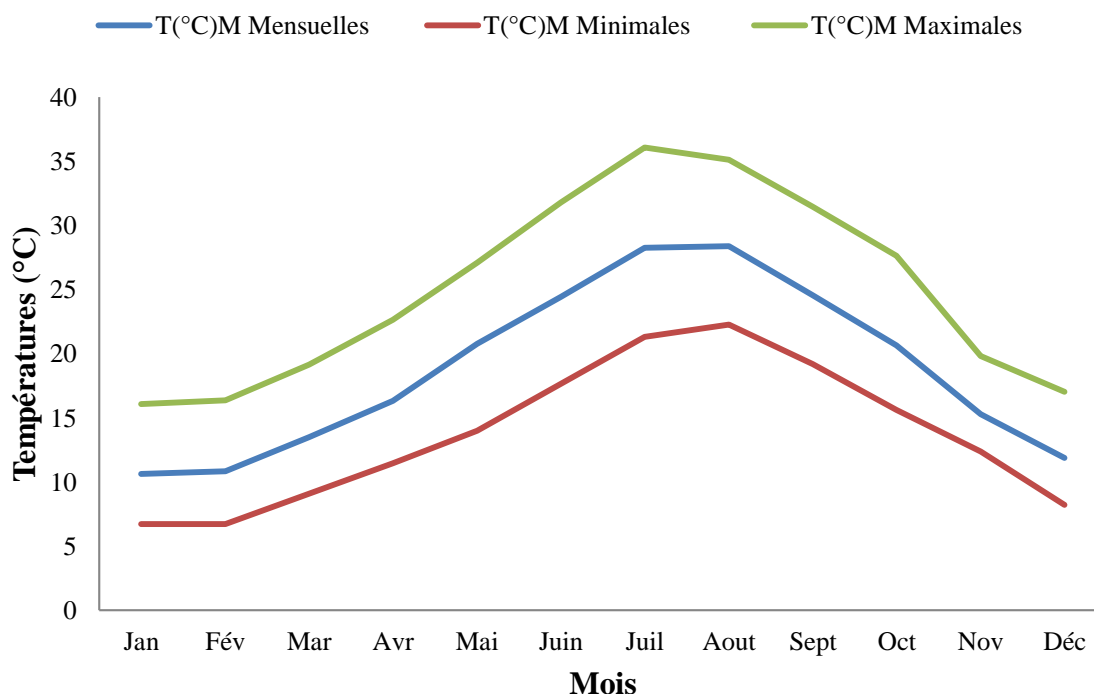
Dans l'annexe 2, nous reportons les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées par l'unique station à Tizi-Ouzou durant la

période allant de 2012 à 2020 fournies par l'Office National de la Météorologie de Tizi-Ouzou.

Les moyennes annuelles des températures de l'air sont variables d'une année à une autre. La température moyenne annuelle à Tizi-Ouzou est de 21,36 °C. Une des caractéristiques thermiques de la région d'étude est l'écart élevé (29,35 °C) entre la température moyenne minimale des mois les plus froids (Janvier, Février avec 6,73 °C) et la température moyenne maximale du mois le plus chaud (Juillet avec 36,08 °C).

La figure 4 montre que :

- Les mois de Juillet et Août sont les plus chauds. Leurs températures moyennes enregistrées respectivement sont de 28,24 °C et 28,38 °C, leurs maximales atteignent les 36,08°C et 35,11 °C.
- Les mois de Janvier et Février sont les plus froids avec des températures moyennes respectives de 10,64 °C et 10,84 °C, leurs minimales sont 6,73 °C et 6,73 °C.



**Figure 3 :** Températures mensuelles de l'air (°C) (maximales, minimales et mensuelles) à Tizi-Ouzou pour la période 2012-2020 (Source O.N.A de Tizi-Ouzou).

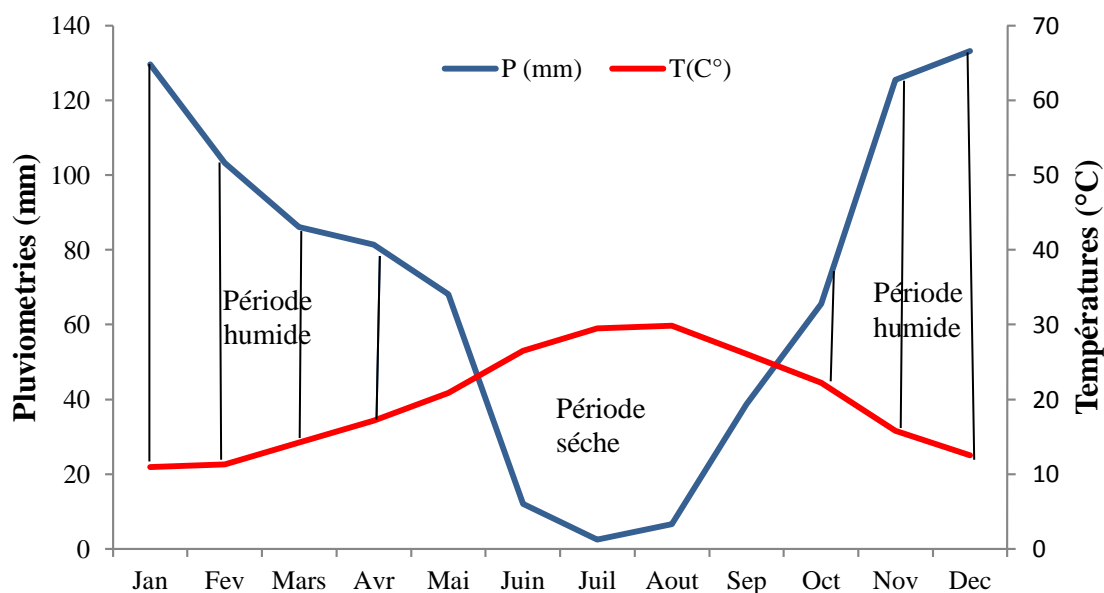
### 3.2.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon DAJOZ (2000), le diagramme ombrothermique est un mode de représentation classique du climat d'une région. FAURIE et *al.*, (2003), met en évidence les régimes thermiques et pluviométriques d'un site donné.

D'après BAGNOULS & GAUSSEN (1953), le diagramme est conçu de telle sorte que l'échelle de la pluviométrie (P) exprimée en (mm) est inférieure ou égale au double de celle de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius (°C). ( $P \leq 2T$ ). Ainsi, ce diagramme permet de distinguer les mois secs dans l'année (annexe 3).

L'analyse du diagramme ombrothermique (figure 5) montre clairement que :

- La période sèche dure 3 mois, elle s'étend du début Juin jusqu'à fin Septembre ;
- La période humide est de 9 mois, elle s'étale de Janvier jusqu'au début Mai et de fin Septembre à fin Décembre.



**Figure 4 :** Diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Tizi-Ouzou (2000 – 2015).

#### 4. Couvert végétal

C'est un facteur écologique très important qui influe sur les écoulements superficiels, il est aussi le meilleur bio-indicateur de l'état de santé du milieu de son degré de naturalité ou de perturbation.

Près des cours d'eau, les végétaux constituent une importante ressource en matières organique consommable pour certaines catégories d'animaux aquatiques (ALLAD & AIT BACHIR, 2005). Les végétaux jouent ainsi un rôle important dans la répartition de la faune benthique et empêchent le réchauffement excessif des eaux en été par l'isolation et un rôle protecteur contre l'érosion. La flore de la Kabylie est sans doute l'une des flores les plus privilégiée sur le plan biodiversité en raison de son appartenance au Hot Spot du bassin méditerranéen.

En Kabylie du Djurdjura, l'hétérogénéité topographique a imprimé au paysage végétal un caractère très morcelé lequel se présente sous forme de mosaïque assez complexe (LOUNACI, 2005). La couverture végétale est dense et varie en fonction de la lithologie, de l'altitude et de l'exposition des versants.

- Dans les sommets supérieurs à 1100 m le couvert est parsemé par une végétation constituée principalement de pelouses accrochées à xérophytes épineuses et rampantes : ronces (*Rubus* sp.) et genets (*Genista* sp.) avec quelques pieds de cèdre (*Cedrus atlantica*).
- Entre 500 m et 1100 m d'altitude, c'est le domaine des forêts de chêne vert (*Quercus rotundifolia*) de frêne (*Fraxinus* sp.), quelques pieds de cèdres (*Cedrus atlantica*) et le chêne-liège (*Quercus suber*) qui se trouve dispersé et olivier (*Olea europea*), la forêt se présente sous forme d'un maquis très dense, mais qui subit beaucoup de perturbations anthropiques (incendies, coupes, surpâturages).
- Dans les piémonts (200m et 500 m), c'est l'olivier qui domine parmi les arbres d'arboriculture fruitière, mais on peut trouver aussi le merisier (*Cerasus avium*), du frêne (*Fraxinus* sp.), du figuier (*Ficus carica*) et des cerisiers (*Prunus cerasus*).
- En plaine la végétation est essentiellement présentée par les cultures de grandes productivités : vignes, figuiers, orangers et pommiers.

Le long des cours d'eau, sur les berges on rencontre :

- Sur les altitudes supérieures à 1100 m, la végétation bordante est représentée essentiellement par la strate herbacée et d'épineux (ronces et genets), le dyss (*Ampelodes maura*) et de nombreuses lianes.
- Entre 500 m et 1100 m, la végétation est constituée par une ripisylve représentée par l'aulne (*Ulmus glutinosa*), le merisier (*Carasus avium*) et de nombreuses lianes ayant comme support les strates arborescentes.
- Pour les stations de plaines, on observe le peuplier noir (*Populus nigra*) et le peuplier blanc (*Populus alba*).

La végétation aquatique quant à elle est composée principalement de mousses dans les parties supérieures des cours d'eau et d'algues filamenteuses et des macrophytes dans les parties aval.

## 5. Influence humaine

D'après RODIER (2010), la pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine. Elle peut être d'origine urbaine (différents usages domestiques de l'eau), agricole (engrais, pesticides, pompes des eaux), ou industrielle (industries agro-alimentaires, métallurgie, industries chimiques, centrales nucléaires).

Aujourd'hui, la pollution atteint une bonne partie des réseaux hydrographiques de notre région d'étude. Ceci est dû, d'une part, à l'industrialisation rapide du nord de l'Algérie et d'autre part, à l'extension rapide des zones urbaines qui déversent inévitablement les eaux usées, épurées ou non, dans les cours d'eau.

Dans notre région d'étude, l'impact anthropique varie d'une station à une autre, il présente plusieurs origines :

**Origine agricole :** en amont, l'activité agricole et l'élevage domestique ont conservé un caractère traditionnel où l'élevage et les cultures non irriguées sont pratiquement les seules activités agricoles est relativement faible, et cela est due à la nature accidentée des terrains et la non accessibilité, son impact sur le cours d'eau est faible.

En plaines et les vallées, une agriculture moderne avec utilisation irrationnelle des engrais chimiques, herbicides, et insecticides. Après le drainage des sols, l'eau revient aux cours d'eau riche en éléments eutrophisants, ce qui perturbe le milieu aquatique et déstabilise sa faune.

En aval, le besoin en eau pour l'irrigation à multiplier les points de pompages tout au long de l'oued Boubhir et cela a des conséquences importantes surtout en saison estivale, l'infiltration des eaux dans le sous-sol et le pompage des eaux de surface car la réduction du débit va jusqu'à la mise à sec du lit, ce qui empêche plusieurs insectes benthiques d'accomplir leurs cycles biologiques.

S'ajoute à cela la pollution par les margines, par leurs composition grasse et sombre, les margines forment un film opaque et imperméable empêchant les échanges gazeux entre l'air et l'eau et la pénétration de la lumière, cela provoque l'asphyxie et les perturbations des activités métaboliques de la faune et de la flore aquatique.

**Origine urbaine** : l'extension rapide des zones urbaines et la mauvaise gestion des eaux usées, déchets ménagers, ainsi que les réseaux d'assainissement, de plusieurs villages (Tawriat Bar, Iguer Amran, Agouni Ifilker, Berkis, Amoukrez, Bouzeguene, Sahel) finissent dans le cours d'eau. En été, les quantités d'effluents sont importantes par rapport au faible débit de l'eau et les températures hautement élevées inhibent le processus d'autoépuration.

À ces perturbations s'ajoute une origine mécanique d'où l'extraction de sable et de graviers dans les cours d'eau, entraînant ainsi une déstabilisation du lit avec une modification de sa morphologie ainsi qu'une mise en suspension des éléments fins.

De plus, nous pouvons souligner que les perturbations exercées sur les cours d'eau sont d'une part, à l'origine de la détérioration des conditions de vie du milieu, conduisant ainsi à des changements profonds de la faune et de la flore aquatique, d'autre part, elles constituent une menace sur le plan sanitaire et limitant la potabilité des eaux des nappes traditionnellement utilisées comme sources d'eau potable.

## **Chapitre II**

### **Sites et méthodes d'étude**

Ce chapitre est constitué d'une description des cours d'eau étudiés, des sites d'échantillonnages ainsi qu'une présentation générale du contexte environnemental et méthodes d'étude employées.

## 1. Démarche générale

Les cours d'eau peuvent être considérés comme des mosaïques de micro habitats caractérisés par des conditions environnementales différentes (TOWNSEND & HILDREW, 1994).

Cette étude est réalisée dans le but d'établir des listes faunistiques d'invertébrés benthiques et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune fondée sur l'échantillonnage des habitats représentatifs. Une seule campagne de prélèvements a été réalisée le 10 Avril 2021.

### 1.1 Description des cours d'eau et des stations étudiées

Dans le cadre de ce travail, notre intérêt s'est porté sur le principal affluent du sous bassin versant de l'oued Boubhir à savoir assif Sahel et l'oued Boubhir (s.s).

Parmi les stations prospectées, 8 ont été retenues en tenant compte de certains paramètres tels que : l'altitude, la pente, la diversité des biotopes, l'amont et l'aval des agglomérations afin d'estimer l'importance de l'impact humain, et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations.

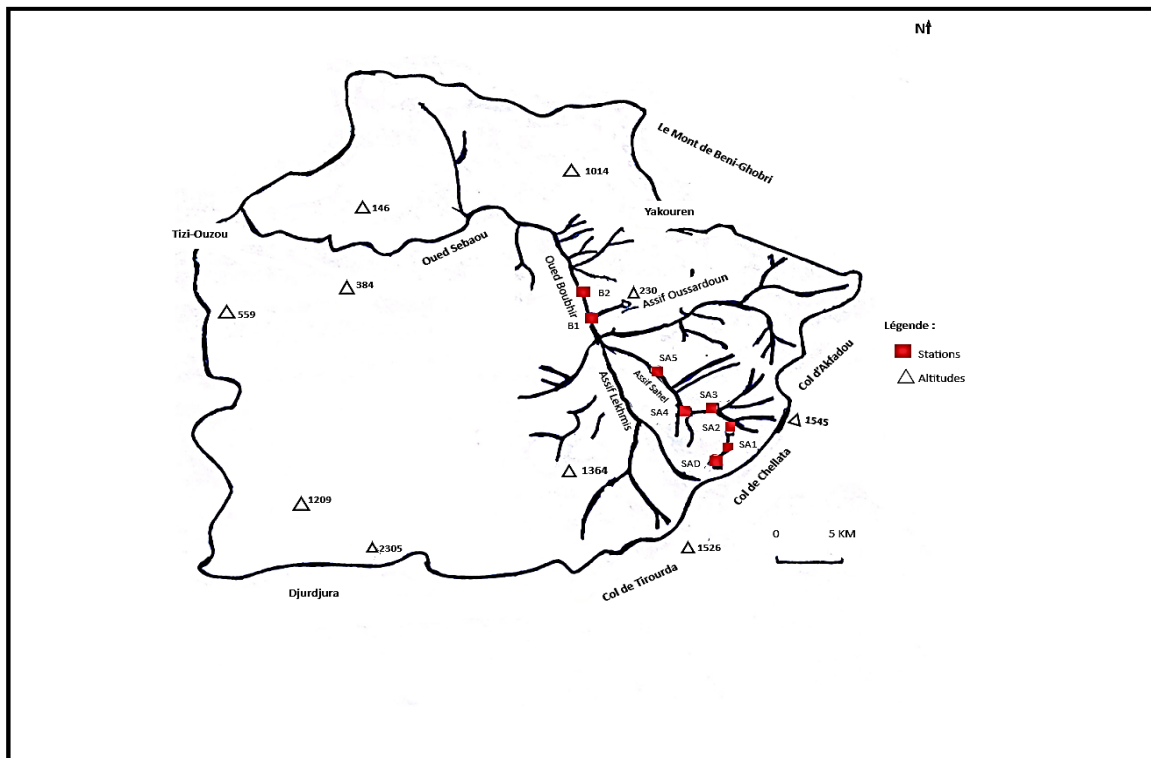
Les stations retenues se répartissent comme suit :

- 6 stations sur assif Sahel : SAD, SA1, SA2, SA3, SA4 et SA5
- 2 stations sur l'oued Boubhir (s.s) : B1 et B2.

Les stations sont indiquées par des carrés sur la figure 6. Pour chaque station nous indiquons :

- la localité la plus proche ;
- l'altitude ;
- la pente à la station ;
- la section mouillée ;
- la profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- la vitesse du courant ;
- la température ponctuelle de l'eau ;

- la nature du substrat ;
- la végétation
- et les influences anthropiques lorsqu'il y en a.



**Figure 1** : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.

### Assif Sahel

Assif Sahel est un cours d'eau de montagne qui prend naissance dans le col de Chellata. Il se caractérise dans sa partie supérieure par une pente de l'ordre de 5,6 %. Il collecte les écoulements de petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluie et de fonte des neiges. Il coule en orientation Sud- Nord sur une distance de 17 km à une altitude qui varie entre 1150 et 200 m, ce qui confère par endroits un régime hydrologique de type torrentiel. De dimension réduite en amont, il s'élargit dans sa partie inférieure, atteignant 3 m de large au niveau du village de Sahel.

Six stations sont retenues sur ce cours d'eau : SAD, SA1, SA2, SA3, SA4 et SA5. (Photo 1 a photo 6).

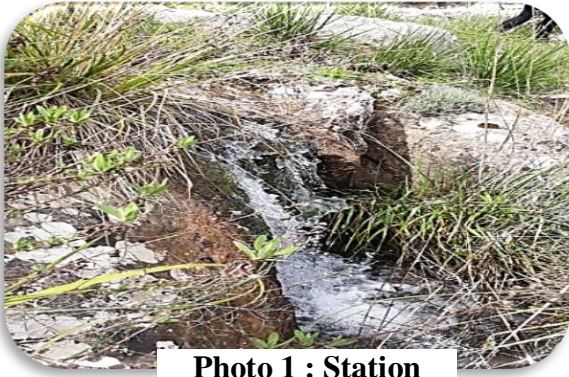
**Oued Boubhir (s.s)**

L'oued Boubhir constitue le prolongement de l'assif Sahel. Il prend naissance à 20 km au Sud-Ouest d'Azazga et coule du Sud au Nord, entre 350 m et 150 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 2 % et la largeur de son lit majeur peut atteindre par endroit plus de 50 m. L'importance de son débit est due aux écoulements en provenance du col de Tirourda, de Chellata (assif El-Khemis et assif Sahel) et de l'Akfadou, (Assif Ousserdoun). Deux stations sont retenues sur ce parcours : B1 et B2 (photos 7 et 8).

Le tableau 1 résume les caractéristiques environnementales des différentes stations étudiées.

Tableau 1: Caractéristiques des stations étudiées

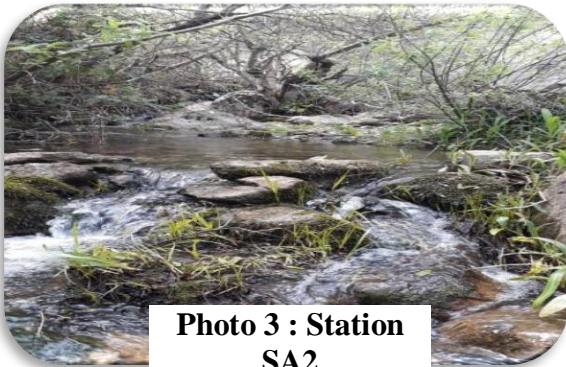
Stations	Assif Sahel						Oued Boubhir (s.s)	
	SAD	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	B1	B2
<b>Localisation</b>	200 m en aval de la source Addardar	500m en aval de SAD (torrent de montagne)	1,5 km de la source (torrent de montagne)	2.5km en aval de la source a 200m du village de Berkis	3,5 km en aval de la source et à 100 m du village de Mansoura	200 m en aval du lieu-dit pont Sahel et à 8 km en aval de la source Addardar	50 m en amont du pont de Boubhir, et 12 Km en aval de la source.	Elle est située à 2 Km en aval de B1
<b>Altitude (m)</b>	1200	1170	1140	870	580	460	200	190
<b>Pente (%)</b>	25	20	18	13	10	6	1	0,8
<b>Profondeur moyenne (cm)</b>	15	20	25	30	30	35	40	45
<b>Vitesse du courant</b>	Moyenne	Très rapide	Très rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide
<b>Température (°C)</b>	8	10	11	12	15	17	22	23
<b>Largeur du lit (m)</b>	0,8	3	2,5	2	6	8	25	19
<b>Substrat</b>	Gravier, matière organique et débris végétaux	Graviers, Galets, dalles, blocs et débris végétaux	Blocs, Gravier, Galets, Limon, Sable et débris végétaux	Gros galets, sable et matières organiques très importantes	Hétérogène (Roches, dalles, galets et graviers)	Hétérogène (dalles et sable)	Dominance du sable et limon, gros galets, présence de matières organiques	Dominance du sable et limon, gros galets, présence de matières organiques
<b>Végétation aquatique</b>	Macrophytes, mousse	Macrophytes, mousse	Mousse et algues	Mousse et algues	Mousse+++ et algues	Mousses et peu d'algues	Algues filamenteuses	Algues filamenteuses et quelques macrophytes
<b>Recouvrement (%)</b>	10	70	70	30	30	0	0	0
<b>Végétation bordante</b>	Strates herbacée et arbustive	Strates arborée, herbacée, arbustive	Strates arborée, herbacée, arbustive	Strates arborée, herbacée, arbustive	Strates arborée, herbacée, arbustive	Strates arborée, herbacée, arbustive (loin des rives)	Strates arborescente, arbustive et herbacée	Strates arborescente et herbacée
<b>Influences anthropiques</b>		Pompage de l'eau pour l'irrigation	Pompage de l'eau pour l'irrigation	Rejets des ordures ménagères sur les rives, réseau d'assainissement des villages Taourirt bar, Iguer Amar et Agouniifilker et pompage de l'eau	Rejet urbain, Réseau d'assainissement des villages Berkiss et Amokréz, pompage de l'eau pour l'irrigation et pâturage modeste.	Décharge sauvage sur les rives, réseau d'assainissement des villages Taourirt bar, Iguer Amar, Agouniifilker, Berkiss, Amokréz et Sahel.	pompage de l'eau pour l'irrigation, engrais et pesticides, déchets ménagers sur les rives et pâturage	pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage et utilisation d'engrais et pesticides pour l'agriculture



**Photo 1 : Station  
SAD**



**Photo 2 : Station  
SA1**



**Photo 3 : Station  
SA2**



**Photo 4 : Station  
SA3**



**Photo 5 : Station  
SA4**



**Photo 6 : Station  
SA5**



**Photo 7 : Station B1**



**Photo 8 : Station B2**

**Photos 1 à 8 : Représentation photographique des stations d'étude.**

## 2 Caractéristiques physiques des stations d'étude

### 2.1 Pente

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

Compte tenu de la longueur des cours d'eau étudiés et de la différence d'altitude entre les ruisseaux et les secteurs de piémont et de basse altitude, on observe d'importantes variations de pente (tableau 2).

**Tableau 2** : Altitudes et pentes des stations étudiées.

Station	SAD	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	B1	B2
Altitude (m)	1200	1170	1140	870	580	460	200	190
Pente (%)	25	20	18	13	10	6	1	0,8

Le tableau 2 met en évidence trois catégories de secteurs en fonction de la pente :

- Le secteur le plus pentu correspond à celui des stations d'altitude : SAD (alt. 1200 m), SA1 (alt. 1170 m) et SA2 (alt. 1140 m) avec une pente comprise entre 18 et 25 %.
- Le secteur à pente moyenne correspond à celui des stations : SA3 (alt. 870 m), SA4 (alt. 580 m) et SA5 (alt. 460 m) avec une pente comprise entre 6 et 13 %. La rupture de pente peut être considérée au niveau de la station SA5 avec une pente de 6%.
- La pente diminue donnant sur l'oued Boubhir qui correspond au secteur des stations B1 et B2, un profil qui s'approche de l'horizontalité, l'eau coule sur un lit large relativement plat de pente moyenne de l'ordre de 0,8 %.

### 2.2 Débit

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

Le débit varie au cours de l'année et présente des successions des crues et des étiages car il dépend de plusieurs facteurs, tel que l'altitude, la distance la source, la nature des terrains traversés, l'origine des eaux (fonte des neiges ou pluies), le taux de ruissellement, et aussi le rapport entre les précipitations et l'évapotranspiration.

En Algérie, les écosystèmes lotiques se distinguent par des cycles annuels très sporadiques associés aux changements climatiques saisonniers. Les cours d'eau sont très affectés, car ils sont principalement contrôlés par la périodicité et l'intensité des précipitations.

Selon LOUNACI (2005), les cours d'eau de montagne, d'altitude supérieure à 1000 m, présentent un régime hydrologique pluvionival de Décembre à mi-Avril et pluvial de mi-Avril à début Juin. Les fortes pluies, à l'origine des crues, augmentent la vitesse du transport des substances solides et dissoutes et beaucoup d'organismes sont alors emportés. De plus, la composition chimique des eaux se trouve ainsi modifiée. Dans les zones de piémont et de plaine, le régime hydrologique est plutôt pluvial.

Le régime hydrologique des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura est caractérisé par de grandes fluctuations du débit. Les crues sont soudaines et violentes, les étiages prononcés (LOUNACI, 2005).

### **2.3 Écoulement de l'eau**

Sur le plan écologique, l'écoulement de l'eau joue un rôle important. Il agit sur les peuplements aquatiques. Les conséquences de l'action du courant sur la nature du fond sont d'une extrême importance. Il agit sur la distribution des habitats et communautés, il exerce une influence sur le comportement animal et le métabolisme des communautés (LEVEQUE, 1996).

L'écoulement de l'eau est considéré comme un facteur abiotique qui agit sur la répartition des peuplements aquatiques. Il est caractérisé par un profil de vitesse qui dépend du débit, des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, de l'apport des affluents ainsi que de la taille des éléments du substrat et de la profondeur de la lame d'eau.

### **2.4 Vitesse du courant**

La vitesse du courant est une composante du milieu connue par son action sélective sur les peuplements benthiques, elle varie d'une station à une autre, elle se ralentit de l'amont

à l'aval du fait de la pente qui est décroissante en cette direction, de la profondeur de la lame d'eau, de l'apport des affluents ainsi l'élargissement du lit.

Les mesures de vitesses du courant sont effectuées en surface à l'aide d'un flotteur lâché en dérive sur une distance connue. Le temps pris par le flotteur à parcourir cette distance permet de calculer la vitesse.

Les relevés de la vitesse de l'eau qui ne présentent que des valeurs indicatrices, sont portés sur le (tableau 3). Elles sont classées selon l'échelle de BERG :

- Vitesse très lente :  $\leq 10$  cm/s ;
- Vitesse lente :  $\leq 10$  à  $25$  cm /s ;
- Vitesse moyenne :  $25$  à  $50$  cm/s ;
- Vitesse rapide :  $50$  à  $100$  cm/s ;
- Vitesse très rapide :  $> 100$  cm/s.

**Tableau 3** : Altitude, largeur du lit et vitesse du courant mesuré aux stations d'étude.

Station	SAD	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	B1	B2
<b>Largeur du lit(m)</b>	0,8	3	2,5	2	6	8	25	19
<b>Vitesse du courant (cm/s)</b>	30	110	130	100	90	100	70	60
<b>Classe selon Berg</b>	Moyenne	Très rapide	Très rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide

- La lecture du tableau 3 montre que la plupart des stations d'étude présente une vitesse du courant qualifiée de rapide (secteur des stations SA3, SA4, SA5, B1 et B2 dont l'altitude est comprise entre 870 m et 190 m).
- Les stations SA1 et SA2 enregistrent les vitesses du courant les plus élevés qualifié de très rapide.
- La station SAD dénote la vitesse la plus faible qui est qualifiés de moyenne.

## 2.5 Température de l'eau

La température de l'eau est considérée comme étant un facteur écologique primordial dans les eaux courantes. Elle conditionne la durée du cycle biologique des êtres vivants ainsi

que la composition faunistique d'un cours d'eau et possibilités de développement (ANGELIER, 2000).

De nombreux auteurs tels que LAVANDIER (1979), THOMAS (1981), ANGELIER et al. (1985) et VINÇON (1987) ont déduits que la répartition de la faune benthique dans les cours d'eau Pyrénéens est due à l'action de la température. Celle-ci varie régulièrement selon le profil longitudinal d'un cours d'eau. Chaque station d'un réseau hydrographique donné à son propre régime thermique qui est déterminé par de nombreux paramètres tels que : la température atmosphérique, l'altitude, la distance à la source, le régime hydrologique, la saison, la largeur du lit et l'ensoleillement qui lui dépend de la densité du couvert végétal.

La température de l'eau est très utile pour les études limnologiques car elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, notamment l'oxygène, la détermination du pH et la dissociation des sels (RODIER, 1996). De plus, elle joue un rôle primordial dans le déterminisme de la distribution longitudinale des zoocénose (LOUNACI, 2005).

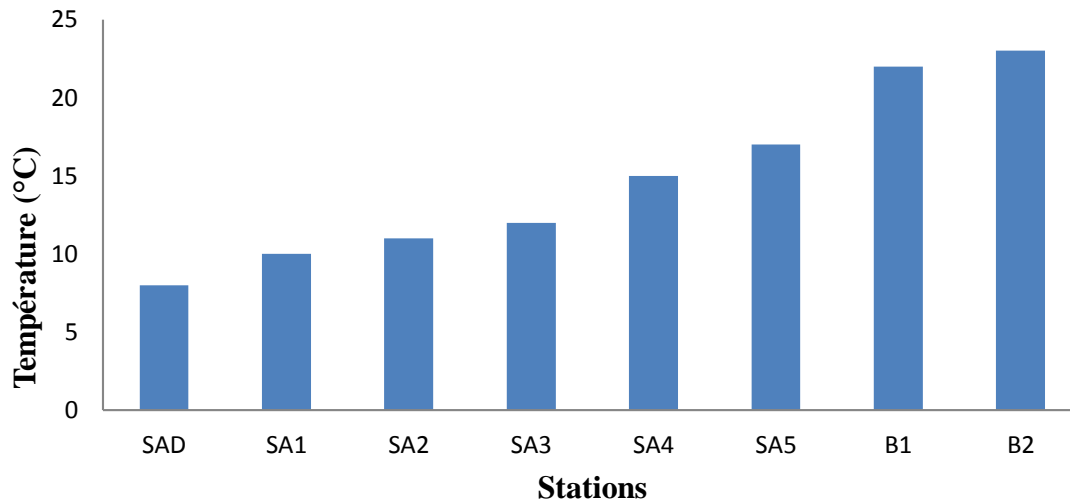
Dans l'impossibilité de réaliser des mesures de température journalières, nous nous sommes limités à réaliser des relevés ponctuels dans les stations étudiées, mesurées à l'aide d'un thermomètre à mercure.

Les mesures ponctuelles de la température de l'eau dans les stations d'études sont consignées dans l'annexe 4.

Du point de vue thermique, la lecture de l'annexe 4 et de la figure 7 nous permet de distinguer deux groupes de stations :

**Groupe 1** : renferme les stations des ruisseaux de montagne (SAD, SA1, SA2) pour lesquelles la température de l'eau se situe entre 8 °C et 12 °C. Ce sont les stations des cours d'eau alimentées par les sources, les torrents de la montagne, la fonte des neiges et /ou les stations des ruisseaux ombragés.

**Groupe 2** : ce sont les stations de moyenne et basse altitude : SA4, SA5, B1 et B2 leurs températures de l'eau varient entre 15 °C et 23 °C. Cela est dû à l'insolation et l'absence du recouvrement végétal le long des cours d'eau, et l'élargissement du lit qui est à l'origine de ces élévations de températures.



**Figure 2 :** Températures ponctuelles de l'eau relevées dans les stations étudiées.

## 2.6 Substrat

Le substrat joue un rôle important dans la répartition de la faune benthique, car la plupart des macroinvertébrés sont spécifiques pour un type bien précis de micro-habitat. Il est considéré comme un appui vital pour cette faune auquel elle est intimement associée pendant une partie de sa vie.

La diversité de la communauté reflète la diversité des substrats. Tous les substrats les plus instables sont les moins colonisés. Les mousses et les végétaux sont des appuis très favorables car ils servent également de nourriture et d'habitats.

On distingue deux grands types de substrat : le substrat minéral et le substrat végétal.

**Le substrat minéral** : quatre catégories de tailles sont distinguées selon le diamètre moyen des éléments fins qui les composent : galets, graviers, sables et limons.

**Le substrat végétal** : il peut être utilisé comme support inerte et comme ressource trophique.

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

<b>Station</b> <b>Paramètre</b>	<b>SAD</b>	<b>SA1</b>	<b>SA2</b>	<b>SA3</b>	<b>SA4</b>	<b>SA5</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
<b>Galet-gravier</b> <b>(%)</b>	85	80	80	60	65	70	25	25
<b>Sable-limons(%)</b>	15	20	15	20	25	15	50	50
<b>Matière</b> <b>organique</b> <b>(%)</b>	0	0	5	20	10	15	25	25
<b>Végétation</b> <b>aquatique</b> <b>(%)</b>	5	5	10	15	15	15	20	25

La distribution des stations en fonction de l'altitude et de la nature du substrat (tableau 4) montre une hétérogénéité du substrat au sein de tous les étages altitudinaux :

- Dans les stations de haute altitude (ruisseaux de montagne :(SAD, SA1, SA2, SA3, SA4 et SA5), le substrat est à dominance de gros galets et de graviers, quant à la végétation aquatique elle est composée de mousses.
- En revanche dans les stations de basse altitude : (B1, B2), le substrat est plutôt à dominance de sable et limon avec une abondance de matière organique et de végétation aquatique (algues filamenteuse).

### 3 Matériels et Méthodes d'échantillonnage benthiques

L'échantillonnage est réalisé à l'effet de rassembler la diversité la plus représentative de macroinvertébrés, et ce pour chaque station examinée. Cette dernière est définie commettant le tronçon de cours d'eau dont la longueur est sensiblement égale à dix fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement (GENIN et *al.*, 2003).

Ainsi, le prélèvement représente une étape cruciale pour le bon suivie du travail de recherche et l'obtention de résultats fiables.

### 3.1 Prélèvement des échantillons benthiques

Les récoltes des macroinvertébrés dans un milieu lotique s'effectuent à l'aide de filet Surber, ce dernier est doté d'un cadre métallique carré de 30 cm de diamètre, avec le prolongement d'une toile de 1 m de long et des mailles de 0,3 mm permettant l'écoulement de l'eau tout en retenant les petites larves.

Les prélèvements benthiques sont réalisés dans des zones préalablement choisies. Le filet est placé sur le fond du lit, son ouverture face au courant dans des zones peu profondes inférieure à 40 cm et la surface d'échantillonnage est de l'ordre de 0.05 m<sup>2</sup>. 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 solidement fixées sont détachées à l'aide d'une pince et la faune interstitielle est récupérée par raclage du fond, le courant entraîne ainsi les organismes dans le filet.

### 3.2 Chasse d'adultes

La chasse d'adulte est utilisée couramment dans le cadre d'identification spécifique de certains taxons difficiles à séparer au stade larvaire tels les Éphéméroptères (*Ecdyonurus*, *Rhithrogena...*), les Plécoptères (*Leuctra*, *Nemoura...*) et la plupart des Diptères.

Cette chasse est réalisée grâce à la méthode (la chasse à vue et à la pince) qui consiste à capturer à l'aide d'un filet Fauchoir ou bien saisir à l'aide d'une pince entomologique souple les insectes repérés à vue en bordure du cours d'eau ou sur la végétation et sur les pierres, puis recueillis dans des piluliers remplis d'alcool.

### 3.3 Conservation des échantillons

Des sachets en plastique servent à recueillir les échantillons issus du prélèvement benthique puis fixés dans du formol à 8 % et ceux de la chasse d'adultes sont recueillis dans des flacons puis fixés dans de l'alcool à 70 % sur le lieu de prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés sur chaque prélèvement.

### 3.4 Lavage, tri et détermination

C'est une opération réalisée au laboratoire et très importante car elle consiste à extraire la faune du substrat contenue dans l'échantillon. Où les échantillons conservés sont rincés abondamment à l'eau, sur une série de tamis de mailles et de taille décroissante (5 à 0,2 mm), afin d'éliminer au maximum de substrat fin restants et les éléments grossiers (graviers,

plantes, feuilles...). Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béchers de 250 ml.

Un pré-tri et une détermination jusqu'à la famille ou au genre sont effectués sous une loupe binoculaire. Les organismes sont manipulés à l'aide de pinces fines dans des boîtes à pétri à fond quadrillé.

La faune de macroinvertébrés récoltés est identifiée jusqu'à l'espèce à l'aide de clés d'identification disponibles : TACHET et *al* (1980 et 2010).

## 4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement

### 4.1 Indices de diversité

De nombreux indices sont couramment utilisés à savoir : la richesse spécifique, l'abondance relative, l'indice de Shannon-Weaver, l'indice d'équitabilité et l'occurrence des espèces qui sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité du peuplement.

Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

La richesse taxonomique également dite richesse spécifique correspond au nombre d'espèces ou taxons présents dans chaque prélèvement (BOULUNIER et *al.*, 1998 ; RAMADE, 2003).

#### ❖ Abondance des espèces

L'abondance représente le nombre d'individus du taxon (**i**) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). C'est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$$P_i = n_i / N$$

**P<sub>i</sub>** : La probabilité de rencontre de l'espèce de rang (**i**).

**n<sub>i</sub>** : Nombre d'individus de l'espèce **i**.

**N** : Nombre total d'individus.

En fonction de  $P_i$  (%) les espèces ont qualifiées comme suite :

- $0\% \leq P_i < 20\%$  : espèce rare.
- $20\% \leq P_i < 40\%$  : espèce rare dispersée.
- $40\% \leq P_i < 60\%$  : espèce peu abondante.
- $60\% \leq P_i \leq 80\%$  : espèce abondant.
- $P_i > 80\%$  : espèce très abondante.

#### ❖ Occurrence des espèces

La fréquence d'occurrence est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés ( $P_i$ ) où l'on trouve l'espèce ( $i$ ) et le nombre total de relevés réalisés ( $P$ ) dans une même station. Appelée aussi indice de constance DAJOZ (1985).

Elle est calculée par la formule :

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

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

$P$  = nombre total de prélèvement.

En fonction de la valeur de  $C$  (%), nous qualifions les espèces de la manière suivante :

- $C \geq 50\%$  : espèce constante.
- $50\% < C \leq 25\%$  : espèce accessoire.
- $C < 25\%$  : espèce accidentelle.

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

L'indice de SHANNON & WEAVER (1948) présente l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative des différents taxons (BOURNAUD & KECK, 1980). Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression :

$$H' = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

**P<sub>i</sub>** :  $n_i/N$ .

**N<sub>i</sub>** = nombre d'individus de l'espèce de rang *i*.

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

**Log<sub>2</sub> x** =  $\log x / 0,30$ .

L'indice de SHANNON & WEAVER varie de 0 à 5. Lorsqu'il tend vers 0 cela veut dire que le milieu est représenté par une seule espèce. Lorsqu'il tend vers 5, il traduit que le milieu est très diversifié. Cet indice a pour unité le 'Bit'.

### ❖ Équitabilité

L'indice de Shannon-Weaver (**H'**) est souvent suivi par l'indice de d'équitabilité (**H' max**) qui détermine soit le rapprochement (la structure de la communauté des macroinvertébrés est équilibrée) ou bien l'éloignement (non équilibrée).

Qui se calcule ainsi :  $H'_{\max} = \log_2 S$

**H'** : la diversité spécifique observée = l'indice de Shannon-Weaver.

**H max** : le logarithme du nombre total d'espèce (S) dans l'échantillon.

Parallèlement à l'indice de SHANNON-WEAVER et afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant deux richesses spécifiques différentes (Ramade, 2003), nous utilisons l'équitabilité comme le rapport :

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

**H'** = indice de Shannon-Weaver.

**S** = Richesse spécifique.

**log<sub>2</sub>** = logarithme à base 2.

L'équitabilité varie entre 0 et 1, tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

## 4.2 Autre métrique

### 4.2.1 Indice EPT

C'est le nombre total des familles de trois ordres Ephemeroptères, Plécoptères et Trichoptères (sauf Hydropsychidae) qui définit une richesse d'organismes benthiques considérés comme sensibles à une dégradation de la qualité d'habitats, la valeur de celle-ci augmente quand la qualité de l'eau et de l'habitat s'améliore (LENAT, 1988 ; PLAFKIN *et al.*, 1989).

Néanmoins, cet indice peut prêter à confusion car les macroinvertébrés sont sensibles au stress, aussi bien naturel qu'anthropique.

Les différentes classes de qualité de l'eau en fonction de la richesse en nombre de famille EPT sont consignées dans le tableau 5.

**Tableau 5** : Relation richesse EPT et qualité de l'eau.

Richesse en nombre de familles EPT	Qualité de l'eau
>7	Non altéré
4-7	Faiblement altéré
1-3	Modérément altéré
0	Sévèrement altéré

Les cours d'eau de très bonne qualité biologique hébergent souvent une grande richesse des taxons EPT. Plusieurs espèces d'insectes aquatiques sont intolérantes à la pollution et donc ne se retrouvent pas dans les eaux polluées. La richesse EPT est largement utilisée pour évaluer les impacts anthropogéniques sur les écosystèmes aquatiques ; elle mesure la richesse des organismes sensibles à la pollution (PLAFKIN *et al.*, 1989).

### 4.2.2 Ratio EPT

Cet indice permet d'estimer la qualité d'habitat et de l'eau par l'importance relative (abondance des trois ordres majeures d'insectes aquatiques) ayant une faible tolérance à la pollution, et il est donné comme suit :

$$\text{Ratio EPT} = \text{nombre d'individus EPT} / \text{nombre d'individus total.}$$

(PLAKFIN *et al.*, 1989) distinguent trois classes d'abondance des taxons EPT :

- **% EPT  $\geq$  50%** : (bonnes conditions écologiques).
- **% EPT = 49.9-25%** : (conditions moyennes).
- **%EPT < 25%** : (mauvaises conditions).

#### 4.2.3 Ratio EPT/ Chironomidae

Ce ratio réfère à une proportion du nombre de taxons sensibles (Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) sur le nombre de Chironomidae (tolérants). Ainsi, le ratio EPT/Chironomidae évalue la balance de la communauté étant donné que les EPT sont plus sensibles alors que les Chironomidae sont plus tolérants aux stress environnementaux. (PLAFKIN *et al.*, 1989). Deux classes sont distinguées :

- **Ratio EPT/ Chironomidae < 1** : la communauté est déséquilibrée, (le nombre de Chironomidae est supérieur à celui des EPT, ce qui indique un stress environnemental, étant donné que les Chironomidae ont tendance à augmenter en densité relative et dominer la communauté lorsqu' il y'a une forte pollution de métaux lourds et/ou matière organiques).
- **Ratio EPT/ Chironomidae > 1** : communauté équilibrée, (nombre des Chironomidae est inférieur à EPT, niveau bas de polluants ainsi que de matières organiques, et la concentration de l'oxygène dissous est élevée).

### 5. Traitement statistique des données

La méthode statistique utilisée dans ce travail est l'analyse en composantes principales (ACP).

- **Analyse en composantes principales (ACP)**

L'objectif de l'ACP est la représentation d'une manière synthétique et graphique **P** individus dans un espace a dimensions réduites généralement dans 2 ou 3 dimensions, sachant que l'on part d'un espace à **n** dimensions, **n** étant le nombre de variables mesurées.

Cette analyse part du principe de création de nouvelles variables synthétiques non corrélées entre elles et de variance décroissante à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, dans le but de minimiser la perte d'information.

- **Classification ascendante hiérarchique (CAH)**

La classification ascendante hiérarchique (**CAH**) se base sur la mesure de la similarité entre individus ou sur leurs déssimilarités, elle est destinée à reproduire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères.

La CAH procède en fait à la construction de classes (paquets) par agglomérations successives des objets deux à deux, qui fournissent une hiérarchie de partition des objets. Elle se base sur la similitude des individus.

### **5.1 Logiciels de calcul**

Le logiciel Statistica 6.4<sup>1</sup> permet de réaliser diverses analyses factorielles (ACP, AFC, CAH), ainsi que leurs représentations graphiques.

# **CHAPITRE III**

## **Résultats et discussion**

### 1. Analyse globale de la faune benthique

L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macro-invertébrés en place (CEREGHINO, 1992).

Le benthos est constitué d'invertébrés vivant dans le fond des cours d'eau, certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fouisseurs, ils se répartissent d'une façon hétérogène en fonction de la nature du substrat et des conditions environnementales. Donc, tout changement des conditions environnementales entrainera des perturbations dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique.

La présente étude faunistique a permis de recenser dans le benthos un total de 28 196 individus répartis en 16 groupes zoologiques, 56 familles et 68 genres. (Tableaux 6 et 7).

**Tableau 6 :** Nombre de familles et de genres par groupe zoologique dans les stations étudiées

Groupes zoologique	Nombre de familles	Nombre de genres
<b>Oligochètes</b>	3	3
<b>Mollusques</b>	4	4
<b>Crustacés</b>	2	2
<b>Hydracariens</b>	1	1
<b>Ephéméroptères</b>	5	7
<b>Plécoptères</b>	4	7
<b>Odonates</b>	1	1
<b>Hétéroptère</b>	2	2
<b>Coléoptères</b>	11	16
<b>Trichoptères</b>	5	7
<b>Diptères</b>	13	13
<b>Planaires</b>	1	1
<b>Planipennes</b>	1	1
<b>Lépidoptères</b>	1	1
<b>Arachnides</b>	1	1
<b>Collemboles</b>	1	1
<b>Total (16)</b>	<b>56</b>	<b>68</b>

Sur les 68 taxa d'invertébrés benthiques récoltés, 57 taxa (soit 83,82 %) sont des insectes et 11 taxa (soit 16,42 %) appartiennent aux autres classes : Planaires, Oligochètes, Mollusques, Crustacés et Hydracariens.

Le groupe le plus diversifié est celui des Diptères avec (13 familles) suivis par les Coléoptères (11 familles), s'ajoutent les Éphéméroptères et les Trichoptères (5 familles chacun), les Mollusques et les Plécoptères avec (4 familles chacun), ils sont suivis par les Oligochètes (3 familles), les Crustacés et les Hétéroptère (2 familles).

Enfin, les Hydracariens, les Odonates, les Planaires les Planipennes, les Lépidoptères, les Arachnides et les Collembolés qui ne sont représentés que par une seule famille.

Dans notre travail de recherche l'effectif du peuplement benthique montre que les Diptères et les Oligochètes sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 18 830 individus (soit 66,78 %) et 4 999 individus (soit 17,73 %) de la faune totale. Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 85 % de la faune récoltée.

Ensuite Les Hydracariens, les Ephéméroptères, les Trichoptères occupent respectivement la 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 1 395 individus (soit 4,95 %), 1 339 individus (soit 4,75 %), 819 individus (soit 2,90 %) de la faune récoltée.

Par contre les Plécoptères, les Coléoptères et les Mollusques sont faiblement représentés avec 487 individus (soit 1,73 %), 218 individus (soit 0,77 %) et 37 individus (soit 0,13 %) de la totalité de la faunistique récoltée.

Enfin, les Planipennes, les Collembolés, les Crustacés, les Hétéroptères, les Lépidoptères, les Arachnides, les Planaires, et les Odonates sont rares. Ils constituent respectivement 19 individus (soit 0,06 %), 16 individus (soit 0,05 %), 12 individus (soit 0,04 %), 7 individus (soit 0,02 %), 6 individus (soit 0,02 %), 6 individus (soit 0,02%), 3 individus (soit 0,01%) et 3 individus (soit 0,01%) du benthos.

Tableau 7 : Répartition de la faune benthique dans l'assif Sahel et oued Boubhir

Groupe faunistique	SAD	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	B1	B2	Ab	Abr(%)	Occ	OccR (%)
<b>Altitude</b>	<b>1200</b>	<b>1170</b>	<b>1140</b>	<b>870</b>	<b>580</b>	<b>460</b>	<b>200</b>	<b>190</b>				
<b>Oligochètes</b>												
<b>Naididae</b>				10	200	100	1916	2756	4982	17,67	5	62,5
<b>Tubificidae</b>		3		7					10	0,03	2	25
<b>Lumbricidae</b>		3		4					7	0,02	2	25
<b>Total</b>		<b>6</b>		<b>21</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>1916</b>	<b>2756</b>	<b>4999</b>			
<b>Mollusques</b>												
<b>Ancylidae</b> <i>Ancylus</i>	3		3	3	3	4			16	0,05	5	62,5
<b>Planorbidae</b> <i>Planorbis</i>	3	3	3	3	3				15	0,05	5	62,5
<b>Hydrobiidae</b> <i>Hydrobiia</i>	3								3	0,01	1	12,5
<b>Physidae</b> <i>Phisia</i>					3				3	0,01	1	12,5
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>4</b>			<b>37</b>			
<b>Crustacés</b>												
<b>Gammaridae</b> <i>Gammarus</i>		3		3					6	0,02	2	25
<b>Potamidae</b> <i>Potamon</i>	3	3							6	0,02	2	25
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>6</b>		<b>3</b>					<b>12</b>			
<b>Hydracariens</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>57</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>124</b>	<b>828</b>	<b>344</b>	<b>1395</b>	<b>4,94</b>	<b>8</b>	<b>100</b>
<b>Ephéméroptères</b>												
<b>Beatidae</b>												
<i>Baetis</i>	224	251	319	8	57	248			1107	3,92	6	75
<i>Centrophluim</i>			60						60	0,21	1	12,5
<i>Acentrella</i>	3		15						18	0,06	2	25
<b>Caenidae</b> <i>Caenis</i>	3	4	3	3	30	91			134	0,47	6	75
<b>Leptophlebiidae</b> <i>Habrophlebia</i>		13							13	0,04	1	12,5
<b>Heptageniidae</b> <i>Heptagenia</i>						4			4	0,01	1	12,5
<b>Oligoneurida</b> <i>Oligoneuriella</i>		3							3	0,01	1	12,5
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>271</b>	<b>397</b>	<b>11</b>	<b>87</b>	<b>343</b>			<b>1339</b>			
<b>Plécoptères</b>												
<b>Nemouridae</b>												
<i>Protonemoura</i>	77	104	152		3				336	1,19	4	50
<i>Nemoura</i>	27	7	12		3		28		77	0,27	5	62,5
<i>Amphinemoura</i>	3	5	10						18	0,06	3	37,5
<b>Perlodidae</b> <i>Perlodes</i>	3	3	10						16	0,05	3	37,5
<b>Leuctridae</b> <i>Leuctra</i>	3	5	3		3				14	0,04	4	50
<b>Perlidae</b>												
<i>Perla</i>		3	11						14	0,04	2	25
<i>Marthamea</i>	3		9						12	0,04	2	25
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>127</b>	<b>207</b>		<b>9</b>		<b>28</b>		<b>487</b>			
<b>Odonates Gomphidae</b> <i>Gomphus</i>						3			3	0,01	0	12,5
<b>Hétéroptère</b>												
<b>Velidae</b> <i>Velia</i>							4		4	0,01	1	12,5
<b>Mesoveliidae</b> <i>Mesovelia</i>				3					3	0,01	1	12,5
<b>Total</b>				<b>3</b>			<b>4</b>		<b>7</b>			
<b>Coléoptères</b>												
<b>Dytiscidae</b> <i>Dytiscus</i>	3							24	27	0,09	2	25
<b>Gyrinidae</b>												
<i>Gyrinus</i>		3			3	3	36	48	93	0,32	5	62,5
<i>Aulonogyrus</i>					3	3			6	0,02	2	25
<b>Elmidae</b>												
<i>Elmis</i>	8	3	5						16	0,05	3	37,5
<i>Limnius</i>	3	4	6						13	0,04	3	37,5
<i>Potamophilus</i>	3	3							6	0,02	2	25
<i>Oulimnius</i>	3								3	0,01	1	12,5
<i>Dupaphilus</i>	3								3	0,01	1	12,5

**Tableaux 7 (suite) : Répartition de la faune benthique dans l'assif Sahel et oued Boubhir.**

Groupe faunistique	SAD	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	B1	B2	Ab	AbR(%)	Occ	OccR(%)
<b>Altitude</b>	<b>1200</b>	<b>1170</b>	<b>1140</b>	<b>870</b>	<b>580</b>	<b>460</b>	<b>200</b>	<b>190</b>				
<b>Coléoptères</b>												
<b>Hydraenidae</b> <i>Hydraena</i>	3	3	4	3		3			16	0,05	5	62,5
<b>Helodidae</b> <i>Hydrocyphon</i>	9								9	0,03	1	12,5
<b>Staphylinidae</b> <i>Staphylinus</i>		3	3	3					9	0,03	3	37,5
<b>Hydrophilidae</b> <i>Hydrophilus</i>	5								5	0,01	1	12,5
<b>Dryopidae</b> <i>Dryops</i>						3			3	0,01	1	12,5
<b>Limnebiidae</b> <i>Limnebius</i>	3								3	0,01	1	12,5
<b>Haliplidae</b> <i>Peptodyts</i>		3							3	0,01	1	12,5
<b>Chrysomelidae</b> <i>Macrolea</i>				3					3	0,01	1	12,5
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>218</b>			
<b>Trichoptères</b>												
<b>Hydropsychidae</b>												
<i>Hydropsyche</i>	92	31	215		9	6	76	96	525	1,86	7	87,5
Hydroptilidae												
<i>Hydroptila</i>	53	45	125		3				226	0,80	4	50
<i>Allotrichia</i>							20	8	28	0,09	2	25
<i>Stactobia</i>							4		4	0,01	1	12,5
<b>Rycophilidae</b> <i>Rycophila</i>			4		3	4		8	22	0,07	5	62,5
<b>Brachycentridae</b> <i>Micrasema</i>	5	6							11	0,03	2	25
<b>Polycentropidae</b> <i>Poycentropus</i>		3							3	0,01	1	12,5
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>85</b>	<b>344</b>		<b>15</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>112</b>	<b>819</b>			
<b>Diptères</b>												
<b>Simuliidae</b>	111	59	40	62	303	620	7584	2120	10899	3,86	8	100
<b>Chironomidae</b>	157	83	51	260	210	290	4930	1376	7357	2,60	8	100
<b>Ceratopogonidae</b>	3	3		3	10	10	252	16	297	1,05	7	87,5
<b>Psychodidae</b>		3		3			76	8	90	0,31	4	50
<b>Stratiomidae</b>	3	11	28		3				45	0,15	4	50
<b>Limoniidae</b>	5	14	10		3	3			35	0,12	5	62,5
<b>Anthomyidae</b>							24	8	32	0,11	2	25
<b>Tipulidae</b>					3		20		23	0,08	2	25
<b>Dixidae</b>		3	5					8	16	0,05	3	37,5
<b>Thaumaleidae</b>	3	3	9						15	0,05	3	37,5
<b>Athericidae</b>	7			3					10	0,03	2	25
<b>Ephydridae</b>								8	8	0,02	1	12,5
<b>Tabanidae</b>	3								3	0,01	1	12,5
<b>Total</b>	<b>292</b>	<b>179</b>	<b>143</b>	<b>331</b>	<b>532</b>	<b>923</b>	<b>12886</b>	<b>3544</b>	<b>18830</b>			
<b>Planaires</b>					3				3	0,01	1	12,5
<b>Dugesidae</b> <i>Dugesia</i>												
<b>Planipennes</b> <b>Neurorthidae</b> <i>Neurorthus</i>		3	16						19	0,06	2	25
<b>Lépidoptères</b>		3				3			6	0,02	2	25
<b>Arachnides</b>	3	3							6	0,02	2	25
<b>Collemboles</b>							16		16	0,05	1	12,5
<b>Totaux</b>	<b>852</b>	<b>621</b>	<b>1188</b>	<b>487</b>	<b>884</b>	<b>1522</b>	<b>15814</b>	<b>6828</b>	<b>28196</b>			
<b>Richesse taxonomique</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>14</b>				

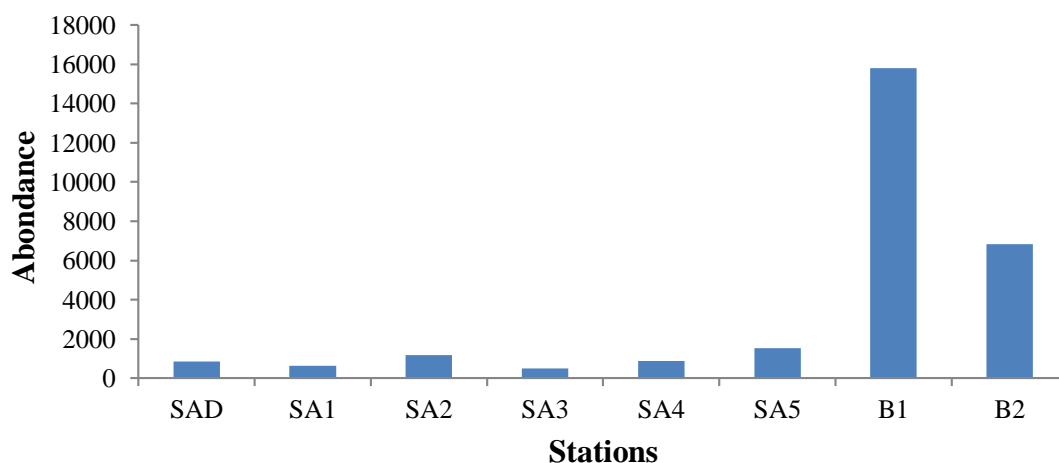
Ab : abondance des taxons / Ab R : abondance relative Occ : occurrences / Occ R : occurrence relative / RS : richesse taxonomique.

## 2. Abondance stationnelle

L'abondance stationnelle des taxons varie d'une station à une autre avec un minimum de 487 individus (SA3 à 870 m d'altitude) et un maximum de 15814 individus (B1 à 190 m d'altitude).

Les stations B1 (200 m d'altitude) et B2 (190 m d'altitude) présentent des abondances élevées, ce qui est dû essentiellement à la prolifération des Diptères avec respectivement 12886 individus (soit 81,48% du totale stationnel) et 3544 individus (soit 51,90%) et des Oligochètes Naididae. En effet, les stations B1 et B2 sont les plus soumises aux activités anthropiques (pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage, déchets ménagers sur les rives et utilisation d'engrais et pesticides pour l'agriculture).

Pour les autres stations, l'abondance stationnelle est comprise entre 487 individus (SA3) et 1522 individus (SA5).



**Figure 8 :** Abondance de la faune globale dans les stations d'études

## 3. Richesse spécifique

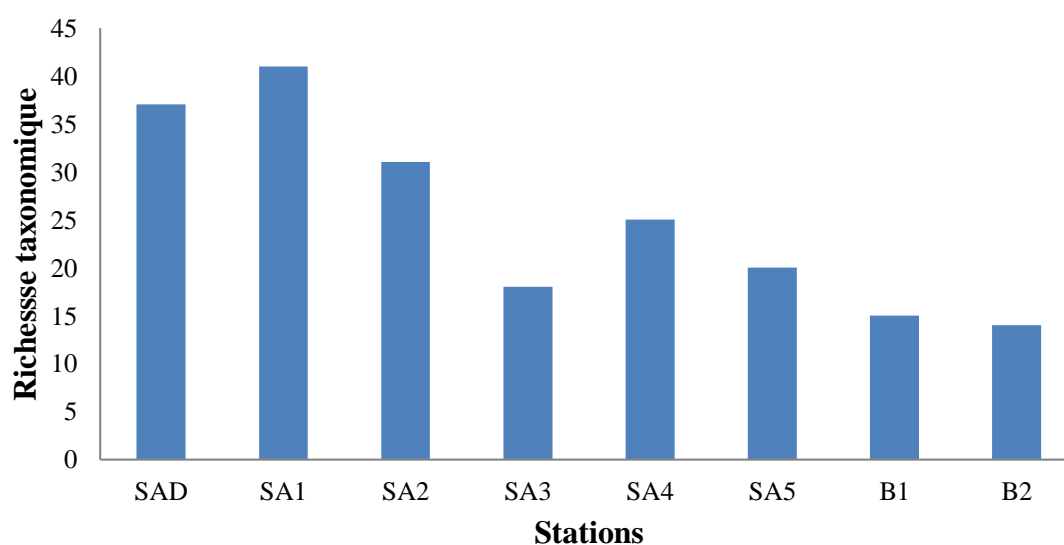
La figure 9 met en évidence les fluctuations de la richesse spécifique d'une station à une autre tout le long du cours d'eau. Le nombre de taxons diffère entre un minimum de 14 taxons récoltés dans la station B2, et un maximum de 41 taxons recensés dans la station SA1.

Les stations dont l'altitude est supérieure à 1000 m (secteur des stations SAD, SA1 et SA2) enregistre une richesse taxonomique élevée, elle est comprise entre 31 taxons (SA2 à

1140 m) et 41 taxons (SA1 à 1170 m). Elle est due essentiellement à la prolifération des taxons les plus polluo-sensible, sténothermes d'eau froide et rhéophile : Plécoptères, Coléoptères, Trichoptères. Les stations de ce secteur se caractérisent dans leur globalité par une pente élevée, substrat grossier à dominance de bloc et gros galets, un courant rapide très rapide un recouvrement assez important, température de l'eau ne dépasse pas 11 °C et l'action anthropique absente ou très négligeable.

Entre 870 et 460 m d'altitude (secteur des stations SA3, SA4 et SA5), la richesse taxonomique est relativement moins importante, elle est comprise entre un minimum de 18 taxa enregistré dans la station SA3 de montagne (870 m d'altitude) et un maximum de 25 taxa recensés à la saltation SA4 de piedmont (580 m d'altitude). Ces milieux à perturbation intermédiaire caractérisés par un substrat hétérogène à dominance de galets et graviers. Ils hébergent les espèces du rhitral avec d'autres éléments à large répartition longitudinale ainsi que des espèces remontantes en altitude, fuyant les habitats d'aval très perturbés.

Enfin, dans les stations potamal, le nombre de taxa récolté est relativement réduit à 14 taxons pour la B2 et 15 taxons pour la B1. Ceci est dû au substrat à dominance de sable riche en matière organique, élévation des températures de l'eau et à l'impact négatif des perturbations anthropiques de ces secteurs qui ne favorisent pas l'installation d'une faune thermophile et polluo-résistante.



**Figure 9** : Richesse taxonomique dans les stations étudiées

#### 54. Abondance et occurrence des taxons

Les figures 10 et 11 visualisent graphiquement l'abondance et l'occurrence des taxons récoltés dans les 8 stations. Ils peuvent être classés en 3 grands groupes :

- **Taxons constants** : ce sont des populations denses et à large valence écologique. Ils sont eurythermes, eurytopes et colonisent tous les types d'habitats : Hydracariens, Simuliidae, Chironomidae (ils sont les plus occurants avec Occ R =100%), *Beatis*, *Caenis*, *Hydropsyche*, *Ryacophila*, *Protonemura*, *Nemoura*, *Leuctra*, *Hydraena*, *Gyrinus*, Ceratopogonidae, Stratiomidae, Limoniidae, Naididae, *Ancylus* et *Planorbis*.
- **Taxons accessoires** : ce sont des populations plus ou moins denses dont la fréquence d'occurrences est  $50\% < C \leq 25\%$ . Ils sont moins fréquents : *Staphilinus*, *Allotrichia*, *Micrasema*, Anthomidae, Tipulidae, Dixidae, Thaumaleidae, Athricidae, *Nororthus*, Lépidophères, Arachnides, Tubificidae, Lumbricidae, *Gammarus*, *Potamon*, *Acentrella*, *Amphinémoura*, *Perlodes*, *Dytiscus*, *Aulonogyrus*, *Elmis*, *Limnius* et *Potamophilus*.
- **Taxons rares** : ou taxons accidentels, à la fois très peu abondants et très peu fréquents : ce sont des éléments très localisés. Ils sont repérés dans une ou deux stations. Ce sont en général les taxons de biotopes bien spécialisés : ruisseaux de sources, biotopes rhéophiles de montagnes : Hydrobiidae, *Phisia*, *Centrophilum*, *Habrophlebia*, *Heptagenia*, *Oligoneuriella*, *Gomphus*, *Velia*, *Mesovelie*, *Oulimnius*, *Dupophilus*, *Limnebius*, *Macrolea*, Tabanidae.

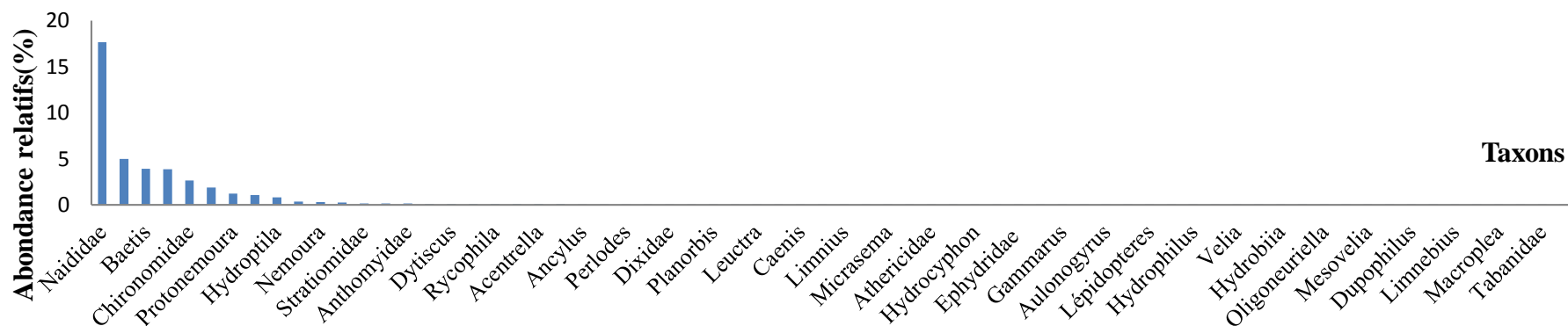


Figure 10 : Abondance relative (%) des taxons récoltés.

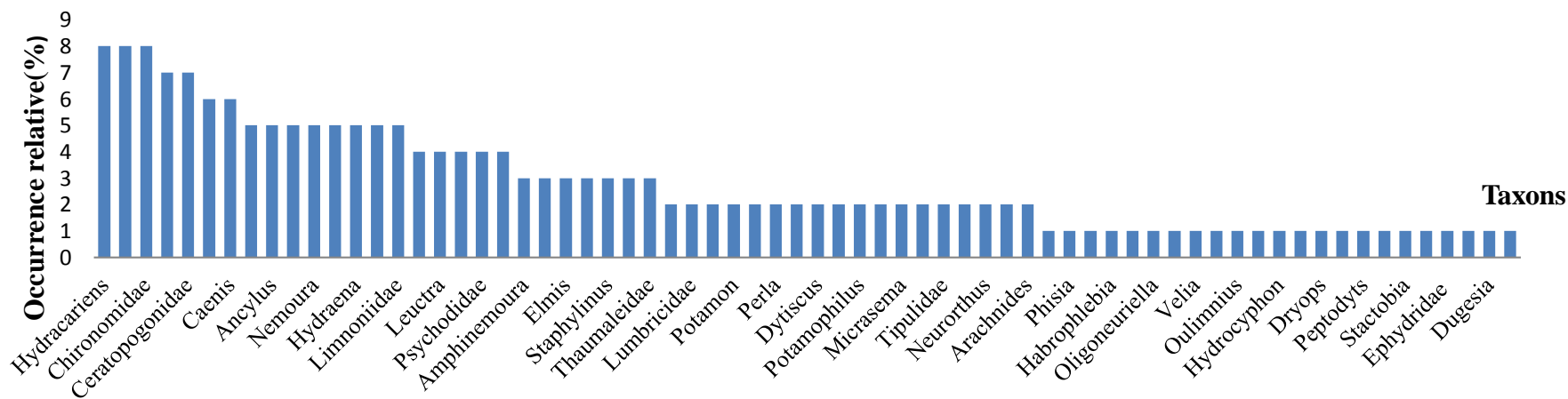


Figure 11 : Occurrence relative (%) des taxons récoltés

## 5. Analyses quantitative et qualitative de la faune benthique

### 5.1 Les Diptères

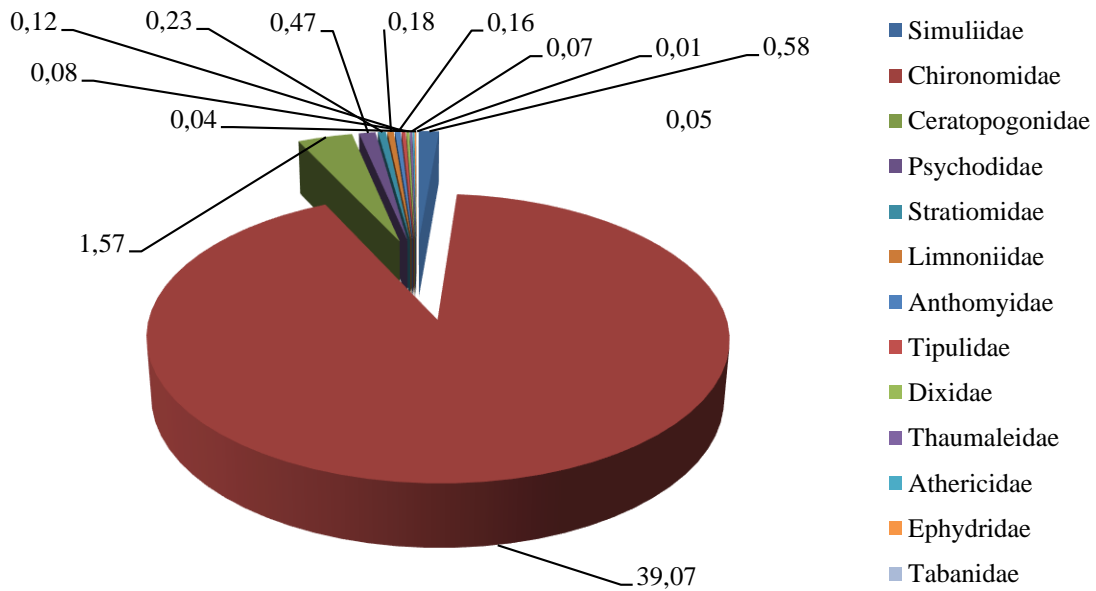
Les Diptères sont un groupe d'invertébrés hétérogène. Les éléments de ce groupe d'insectes se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biologique. Ils ont une grande capacité de coloniser les biotopes les plus variés, ils sont parmi les invertébrés aquatiques les mieux représentés aussi bien en nombre d'espèces que d'individus.

Le matériel biologique récolté est composé de larves, de nymphes, d'exuvies et d'adultes. Les larves de cet ordre d'insectes se distinguent aisément des larves d'insectes holométaboles aquatiques par l'absence de pattes thoraciques. Il peut y avoir des pseudopodes mais ceux-ci ne sont jamais articulés (TACHET et *al.*, 1980).

Les Diptères recensés occupent la 1<sup>ère</sup> place parmi les invertébrés recensés. Les deux familles les mieux représentées sont les Chironomidae (7357 individus) et les Simuliidae (10899 individus), elles constituent ensemble 97 % des Diptères (figure 12). Les Diptères Simuliidae et Chironomidae sont présents dans toutes les stations étudiées, mais les effectifs les plus élevés sont notés dans les deux stations de l'oued Boubhir (s.s) B1 (200 m) et B2 (190 m) dont l'action anthropique est plus importante.

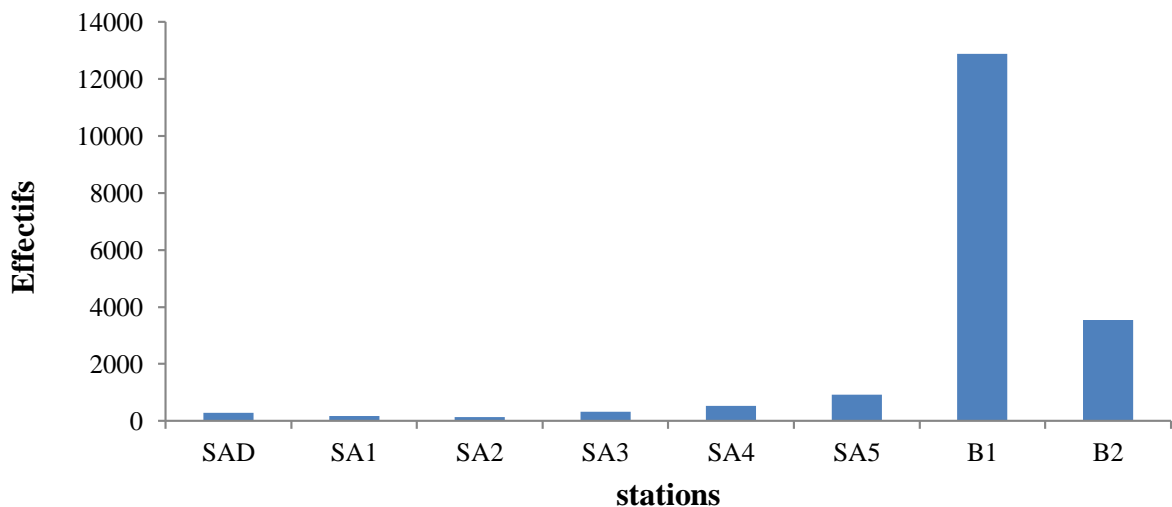
Deux taxons du peuplement se révèlent fréquents, mais leurs représentativités par rapport aux précédents sont relativement moindres. C'est le cas des Ceratopogonidae (279 individus soit 1,58%) et les Psychodidae (90 individus, soit 0,5%).

Quant aux autres familles de Diptères, elles sont peu abondantes et peu fréquentes : les Dixidae (0,08%), Limoniidae (0,19%), Anthomyidae (0,17%), Stratiomyidae (0,25%), Thaumaleidae (0,08%) et Tipulidae (0,12%), Athericidae (0,05%) et Tabanidae (0,02%) du total des Diptères recensés.



**Figure 12 :** Abondance des Diptères récoltés

La répartition des Diptères dans les stations d'études (figure 13) met en évidence leur importance dans la station B1 à 200 m d'altitude avec 12886 individus et dans une moindre mesure la station B2 (190 m) avec 3544 individus. Ces effectifs sont essentiellement dus à la prolifération des Chironomidae et des Simuliidae. En effet Selon AIT MOULOUD (1988), les Chironomidae peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluées et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matière organique.



**Figure 13 :** Répartition des Diptères dans les stations étudiées

## 5.2 Les Oligochètes

Les Oligochètes fréquentent tous types d'habitat depuis la source jusqu'à l'aval, selon ECHAUBARD & NEVEU (1975), ils sont abondants dans les eaux riches en matière organique.

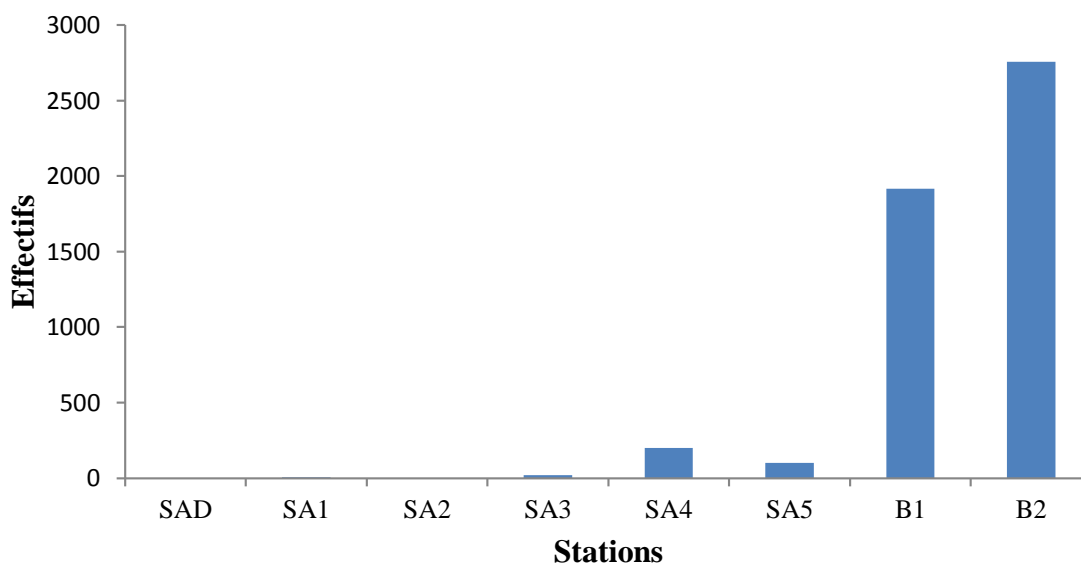
Dans les stations d'eau étudiées, nous avons récolté 4999 individus, ils occupent la 2<sup>ème</sup> place, (soit 17,73% de la faune totale), Ils sont répartis en trois familles les Naididae, les Lumbricidae et les Tubificidae.

Les Naididae avec 4982 individus (soit 17,66% de la faune totale) sont assez réponsus dans presque toutes les stations étudiées, cette prolifération est liée à l'abondance de matières organiques et la température élevée.

Quant aux Tubificidae et Lumbricidae, ils sont rares.

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

Les Oligochètes présentent un développement très important de leurs populations au niveau des stations de basse altitude avec B1 (1916 individus) et B2 (2756 individus) (La figure 14). Ce développement est vraisemblablement lié aux températures élevées et à la présence de matière organique, des facteurs importants pour le développement des immatures.

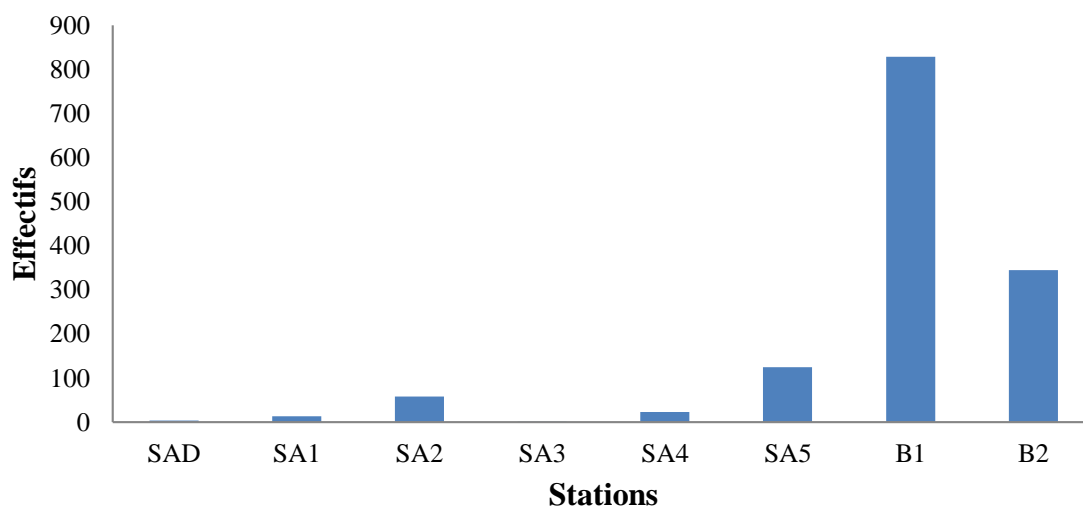


**Figure 14** : Répartition des Oligochètes dans les stations d'études

### 5.3 Les Hydracariens

Les Hydracariens sont très abondants et très occurrents dans nos prélèvements, ils occupent la troisième place, avec un total de 1395 individus soit 4,95% de la faune totale.

Le maximum d'effectif (figure 15) est observé à la station B1 avec 828 individus.

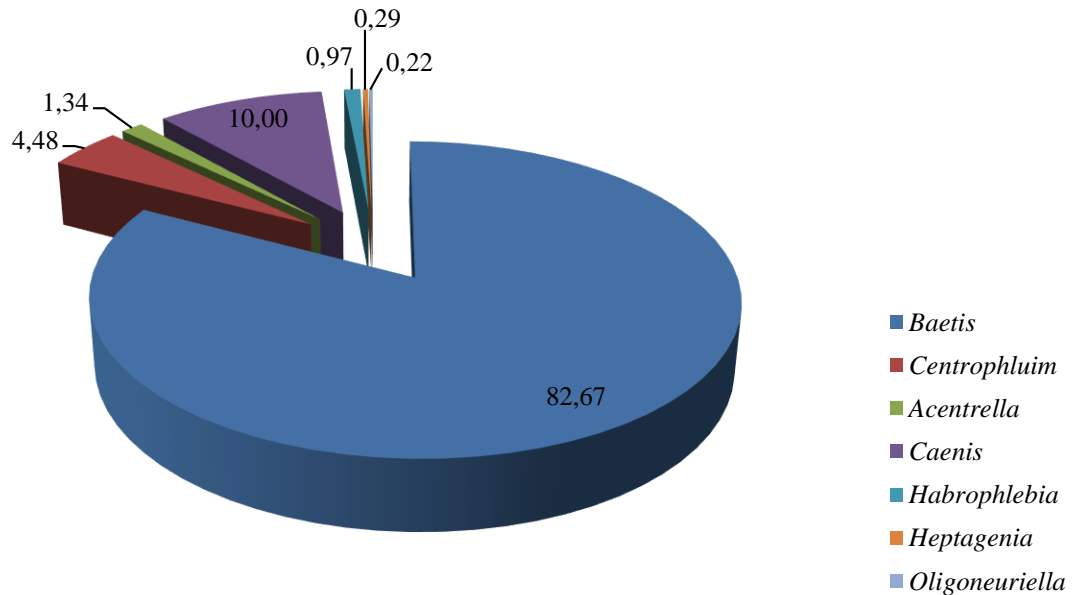


**Figure 15 :** Répartition des Hydracariens dans les stations d'études.

### 5.4 Les Éphéméroptères

Elles occupent souvent les principaux biotopes des torrents, ruisseaux et rivières et elles constituent le premier rang des insectes aquatiques (THOMAS, 1981). Leur développement larvaire complet dure en moyenne dix à vingt jours en fonction de la température de l'eau (ELLIOT & MINSHALL, 1968).

Les Éphéméroptères occupent la 4<sup>ème</sup> place parmi la faune benthique récoltée. Les prospections réalisées ont permis de recenser 1339 individus soit 19.24% de la faune totale, répartis en cinq familles et sept genres : Baetidae (*Beatis*, *Centroptilum* et *Acentrella*), Caenidae (*Caenis*), Heptagéniiidae (*Heptagenia*), Oligoneuridae (*Oligoneuriella*) et Leptophlebiidae (*Habrophlebia*).



**Figure 16 :** Abondance des Éphéméroptère étudiées

La famille Baetidae est la plus abondante dans nos stations. Elle est représentée avec un total de 1185 individus (soit 92,98 % de total des Ephéméroptères) et répartie en 3 genres : *Baetis*, *Acentrella*, et *Centrophtilum*.

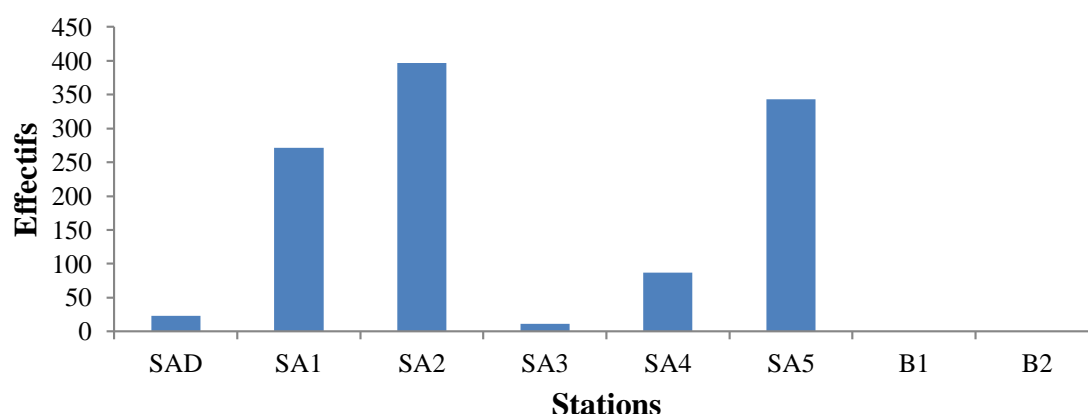
Le genre *Beatis* est eurytherme et eurytope contrairement aux genres *Centrophtilum* et *Acentrella* qui semblent inféodés au secteur amont (1200 m d'altitude), ils semblent être sténothermes d'eau froide.

En effet les Baetidae se comportent comme des espèces pionnières, très aptes à coloniser un substratum en grande partie déserté par les espèces fragiles. BENMOUSSA et *al.* (2014). Les éléments du genre *Baetis* ont un caractère d'eurytopie et résistant à la pollution (VERNEAUX, 1973 ; SOWA, 1975).

Ensuite les Caenidae sont représentés par un seul genre : *Caenis*, ils colonisent les habitats de basse altitude à vitesse du courant modérée, en effet, les éléments de cette famille sont des organismes rampants et fouisseurs, à large valence écologique et tolérants à la présence de matières organiques. L'effectif le plus élevé est noté à station SA5 à 460 m d'altitude avec 91 individus. En effet, cette dernière est soumise aux différentes influences anthropiques (décharge sauvage sur les rives et réseaux d'assainissement des villages avoisinant) qui favorisent le développement des éléments de ce genre.

Les genres *Habrophlebia* (Leptophlebiidae) et *Oligoneurella* (Oligoneuridae) sont localisés, ils ne sont récoltés qu'à la station SA1 (1170 m d'altitude) avec respectivement 13 et 3 individus. Ils sont polluo-sensibles et sténothermes d'eau froide. L'exemple typique de remontée des espèces vers les zones d'altitudes fuyant les milieux perturbés. LOUNACI (2005). Les *Heptagenia* sont localisées en piémont à 460 m d'altitude (SA5) avec seulement 4 individus.

La répartition des Éphéméroptères dans les différentes stations étudiées (figure 17) met en évidence leur importance au niveau de la station SA2 avec 397 individus, puis la station SA5 avec 343 individus et la SA1 avec 271 individus. Les stations SAD, SA3 et SA4 présentent des effectifs compris entre 11 et 230 individus. Les stations aval B1 et B2 sont exemptes d'Éphéméroptères.



**Figure 17** : Répartition des Éphéméroptères dans les stations d'études.

### 5.5 Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes aquatiques qui occupent une place très importante dans l'appréciation de la bonne qualité de l'eau, c'est un ordre dont les larves et les nymphes sont aquatiques. En générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution. Cependant la famille des Hydropsychidae a une tolérance à la pollution (MOISAN *et al.* 2006).

Selon LOUNACI (2005), les Trichoptères des cours d'eau de la Kabylie sont rhéophiles et fréquentent les cours d'eau bordés d'une végétation assez denses.

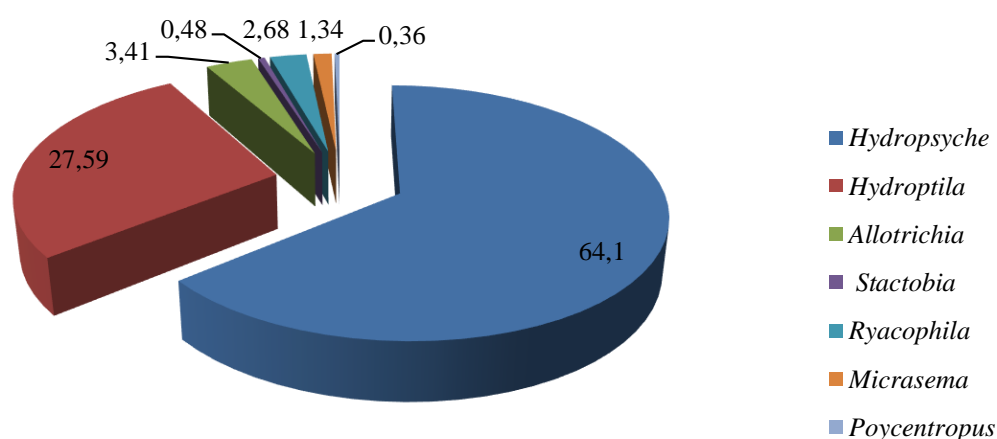
Les Trichoptères répertoriés dans ce travail comptent 819 individus (soit 2,90 % de la faune totale récoltée). Ils appartiennent à 5 familles et 7 genres (figure 18). Le peuplement trichoptérologique est largement dominé par les Hydropsychidae notamment le genre

*Hydropsyche* qui totalise à lui seul 525 individus (soit 64,10% du peuplement). Selon LOUNACI (2005), le genre *Hydropsyche* est le Trichoptère le plus abondant et le plus fréquent des cours d'eau d'Algérie.

Les Hydroptilidae avec 258 individus (soit 31 % du peuplement trichoptérelologique). Ils appartiennent à trois genres *Hydroptila* qui est recensé en amont (SAD, SA1, SA2) et les genres *Allotrichia* et *Stactobia* qui sont notés en aval (B1, B2) DECAMPS (1968), GUIDICELLI et al. (1985) signalent l'importance des Hydrophilidae en fonction du développement des algues dont se nourrissent les larves ainsi que leur préférence des cours d'eau chauds.

Les Ryachophilidae (*Ryachophila*) comptent 22 individus ils sont largement distribués eurythermes et eurytopes. Selon SEKHI et al. (2019) ils occupent des biotopes très variés caractérisés par des substrats fins, riches en sable et gravier.

S'ajoute le taxon Polycentridae (*Polycentropus*) avec seulement 3 individus (soit 0,37%) et Brchycentridae (*Micrasema*) avec 11 individus (soit 1,34%).



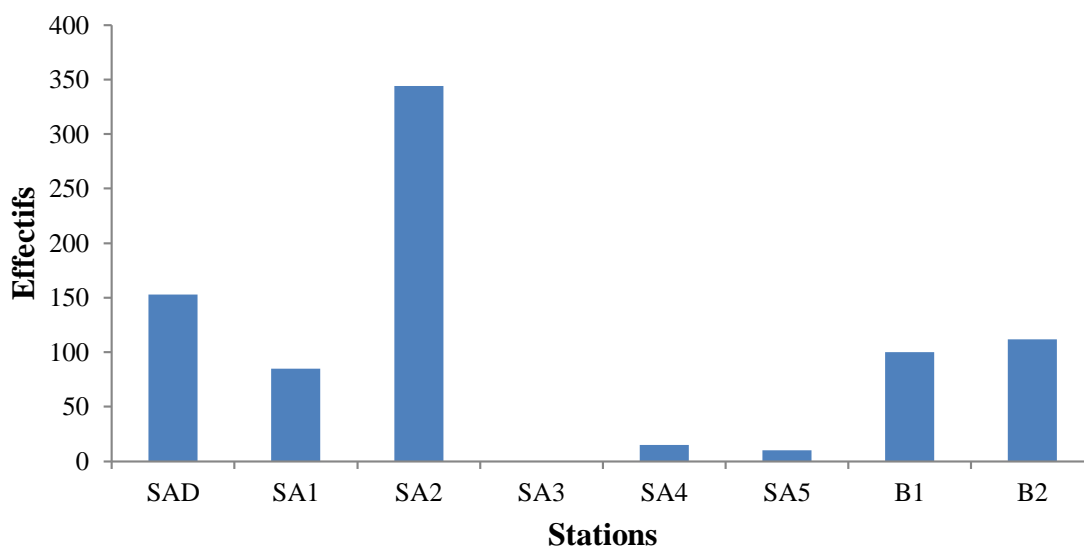
**Figure 18 :** Abondance des Trichoptères

La distribution longitudinale des Trichoptères le long des cours d'eau étudiés (figure 19) met en évidence leur importance à la station SA2 avec 344 individus dont 215 individus (soit 62,5% des Trichoptères) sont représentés par le genre *Hydropsyche*. Ce dernier est eurytherme et a large valence écologique

De plus, ECHAUBARD (1975) et GUIDICELLI et al. (1986) ont montré qu'en général, la répartition des densités des trichoptères suite aux agressions anthropiques et/ou

climatique peut apparaître sur une large et assez longue durée pour la plupart des espèces à l'exception des Hydropsychidae. En effet, les éléments de cette famille sont polluo-résistants et très aptes à recoloniser un substrat déserté par les espèces fragiles.

Autre particularité, les Brachycentridae (*Micrasema*) et les Polycentropidae (*Polycentropus*) sont inféodés au secteur amont du réseau hydrographique étudié (SAD à 1200 m et SA1 à 1170 m d'altitude).



**Figure 19** : Répartition des Trichoptères dans les stations étudiées.

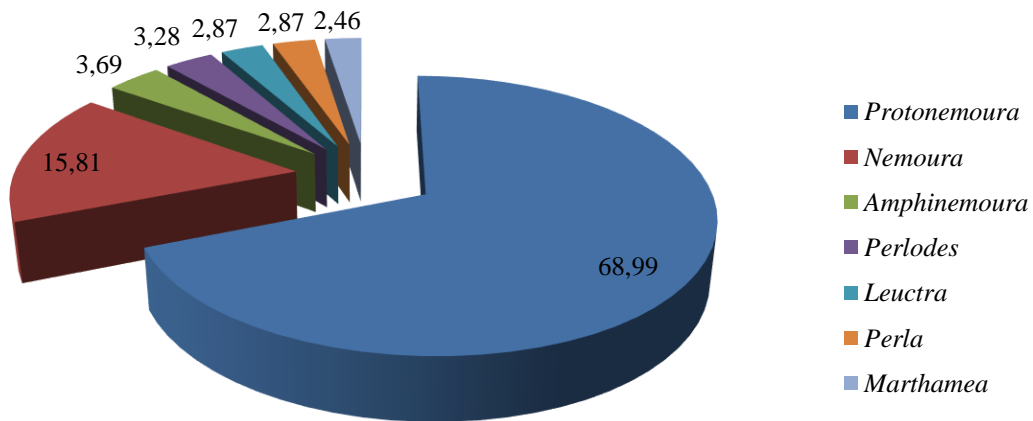
## 5.6 Les Plécoptères

Les Plécoptères sont des espèces polluo-sensibles qui ne se développent pas dans les milieux affectés par une quelconque perturbation. (MEBARKI, 2001). Ce sont de bons bio-indicateurs. La composition spécifique en Plécoptères est en effet révélatrice pour partie de l'état de santé des cours d'eau (RUFFONI, 2009). Les études hydrobiologiques récentes (BOUZIDI & GUIDICELLI, 1994 ; GAGNEUR & ALIANE, 1991 ; BOUMAIZA, 1994 ; BERRAHOU et al. 2001 et LOUNACI & VINÇON, 2005) démontrent la faible diversification du peuplement des Plécoptères dans les écosystèmes lotiques d'Afrique du Nord. En effet, la plupart des familles et des genres sont pauvres en espèces. Par contre, ces taxons ont une grande variété spécifique dans les cours d'eau européens. La baisse importante de cette diversité est due aux températures plus élevées qu'en Europe.

Dans les cours d'eau étudiés, les Plécoptères totalisent 487 individus (soit 1,73 %). Ils sont représentés par 4 familles et 7 genres (figure 20). La famille des Nemouridae est la plus

diversifiée avec 431 individus (soit 88,56 % des Plécoptères). Elle est représentée par 3 genres : *Protonemura*, *Amphinemura* et *Nemoura*.

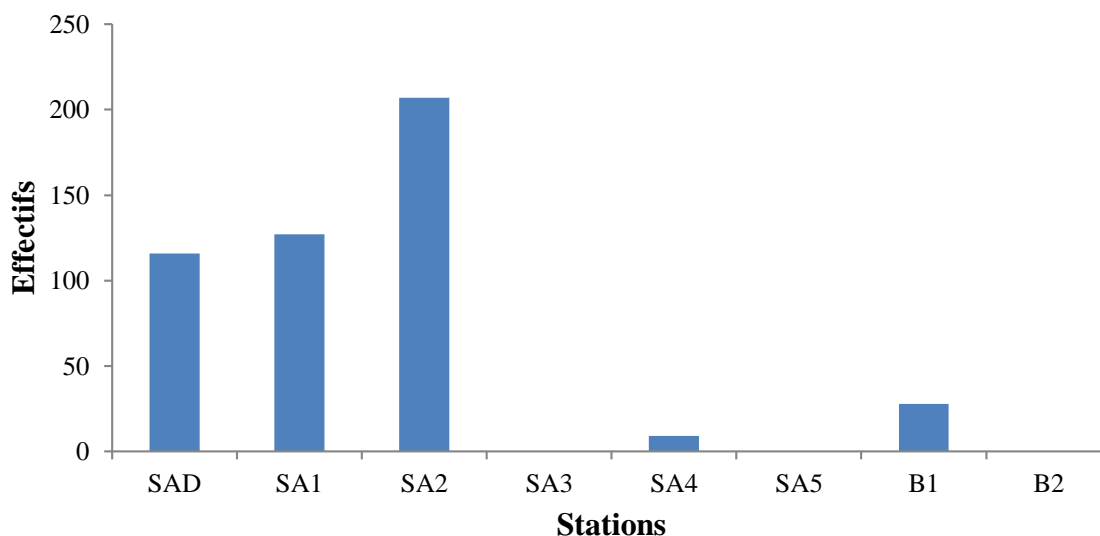
La famille des Perlidae se place en deuxième position avec 26 individus récolté (soit 5,34%), elle est représentée par deux genres *Perla* (14 individus) et *Marthamea* (12 individus). Elle est suivie par la famille des Leuctridae avec 14 individus (soit 2,87% des Plécoptères récoltés). Elle est représentée par un seul genre *Leuctra*. Les Perlodidae comptent 16 individus (soit 3,28 %), Cette famille est représentée par l'unique genre *Perlodes*.



**Figure 20 :** Abondance des familles des Plécoptère

Les plécoptères sont récoltés majoritairement dans les stations amont entre 1200 m et 1140 m d'altitude, secteur des stations SAD, SA1 et SA2, où le substrat est grossier, température de l'eau est basse, recouvrement important et absence de perturbations anthropiques. Ces caractéristiques abiotiques des stations de source et leurs émissaires, constituent des milieux privilégiés au développement des Plécoptères qui sont qualifiés de rhéophile, sténotherme d'eau froide et polluo-sensible.

En effet, d'après LOUNACI (2000), ce sont les cours d'eau d'altitude (920-1300 m) à température maximale peu élevée (12-18 °C) et de moyenne montagne (altitude 480 m, température maximale  $\leq$  à 16 °C) bordés de végétation très dense, qui semblent constituer les habitats privilégiés des Plécoptères.



**Figure 21** : Répartition des Plécoptères dans les stations étudiées

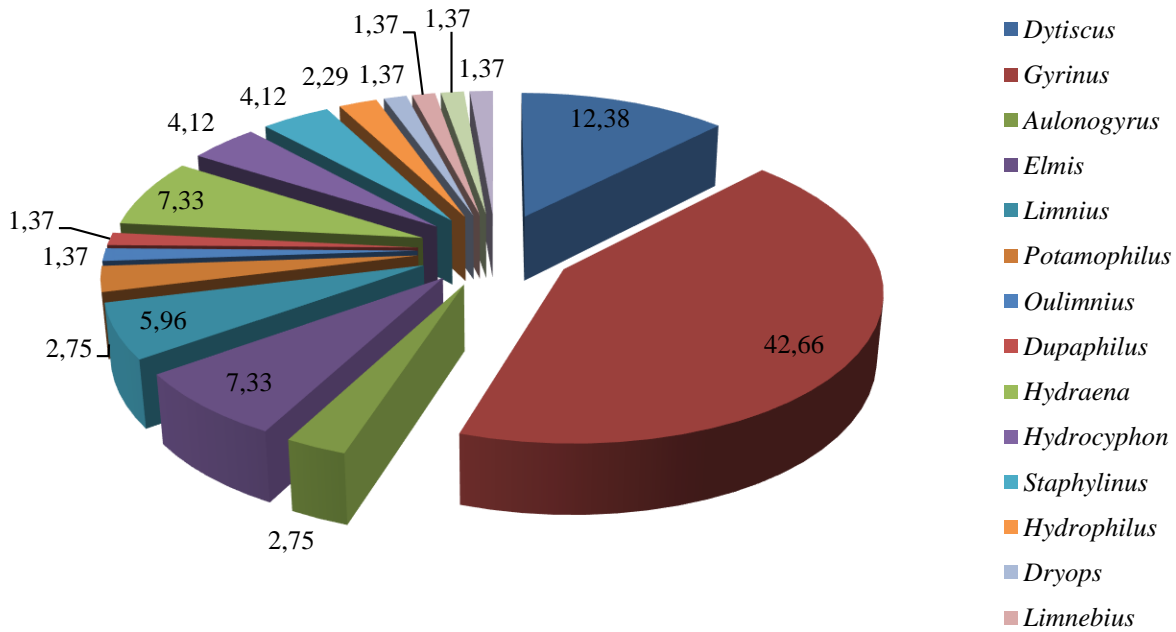
### 5.7 Les Coléoptères

Les Coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotopes. Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres. Certaines familles possèdent quelques représentants dont seule la phase larvaire est aquatique (Helodidae, Sphaeridiidae) ou seule la phase adulte est aquatique (Hydraenidae) alors que d'autres sont strictement aquatiques (Dryopidae, Elmidae, Hydrochidae) (BERTRAND, 1972; BERTHELEMY, 1979).

Selon ANGUS (1973), MOUBAYAD (1986), LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, la température de l'eau et les potentialités trophiques sont les facteurs de répartition les plus influents sur les éléments de ce groupe d'insectes.

Dans notre étude, les Coléoptères totalisent 218 individus appartenant à 10 familles et 16 genres. Ainsi, ils constituent le groupe le plus diversifié comparé aux Epheméroptères, aux Plécoptères et aux Trichoptères.

Les Gyrinidae sont les plus abondants (93 individus), ils sont suivis par la famille des Dytiscidae qui compte 27 individus. Se place en troisième position la famille des Elmidae et Hydraenidae avec 16 individus chacune. Les autres familles présentent des effectifs  $\leq 13$  individus.

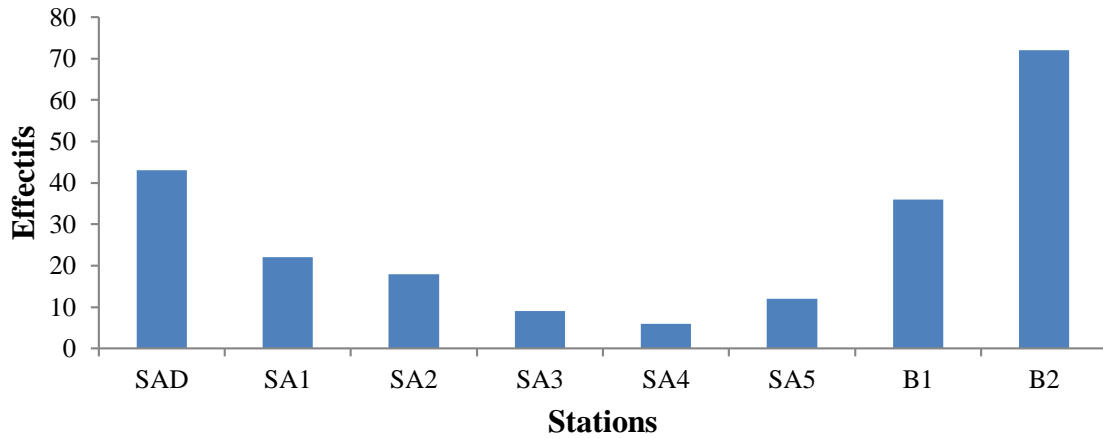


**Figure 22 :** Abondance des familles de Coléoptères

La famille des Gyrinidae avec le genre *Gyrinus* est répartie entre 1170 m et 190 m d'altitude. Il est à large valence écologique.

La famille des Elmidae est représentée par cinq genres : *Elmis*, *Limnius*, *Potamophilus*, *Oulimnius* et *Dupaphilus*, ils sont récoltés exclusivement entre 1200 m et 1140 m d'altitude. Ils sont sténopes, rhéophiles et sténothermes d'eau froide et polluo-sensibles.

La répartition longitudinale des Coléoptères récoltés (figure 23) met en évidence leur importance à la station B2 (190 m d'altitude) avec 72 individus appartenant aux *Dytiscus* (Dytisidae avec 24 individus) et *Gyrinus* (Gyrinidae avec 48 individus). Ces genres semblent thermophiles, potamophiles et polluo-resistant.

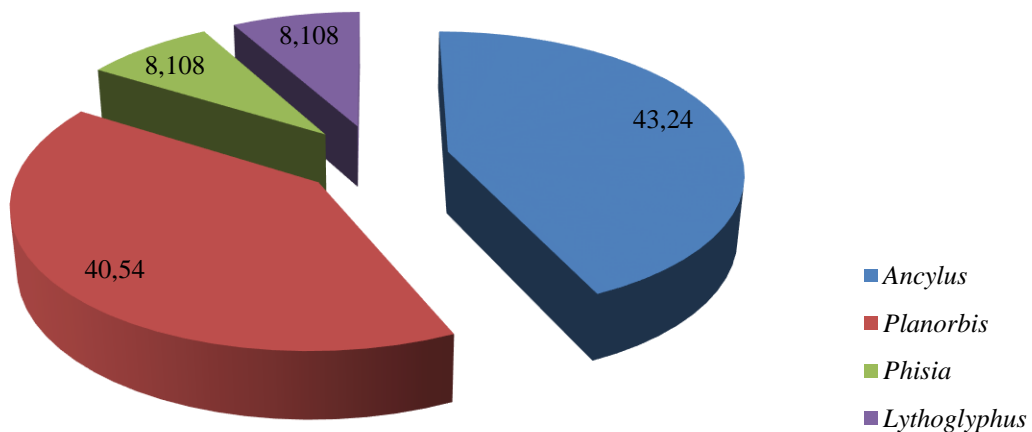


**Figure 23** : Répartition des Coléoptères dans les stations étudiées

### 5.8 Les Mollusques

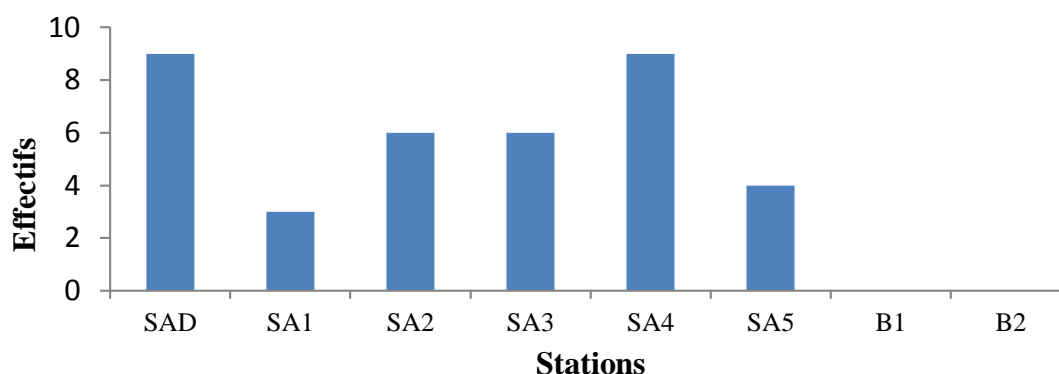
D'après la littérature, la prolifération des Mollusques est sous la dépendance directe des facteurs du milieu : teneur en calcium, nature de la végétation, vitesse du courant et la nature du substrat et ne sont jamais abondants en milieux aquatiques-continentaux.

Dans les cours d'eau étudiés, les Mollusques ne représentent que 0,13% de la faune total recensée. Ils comptent 37 individus repartis en quatre genres : Ancyliidae (*Ancylus*), Planorbidae (*Planorbis*), Physidae (*Phisia*) et Hydrobiidae (*Lythoglyphus*).



**Figure 24** : Abondance des familles de Mollusque.

Ils sont récoltés dans la plupart des stations d'étude entre 1200 et 460 m d'altitude. Ils sont absents dans les stations B1 et B2 (figure 25).



**Figure 25** : Répartition des Mollusque dans les stations étudiées

### 5.9 Autres groupes zoologiques

Les Planipennes, les Collemboles, les Crustacés, les Héteroptères, les Lépidoptères, les Arachnides, les Planaires et les Odonates sont faiblement représentés dans les cours d'eau étudiés.

#### Les Planipennes

Les Planipennes comportent par 19 individus (soit 0,06% de la faune totale). Ils sont représentés par la famille les Neurorthidae et l'unique genre *Neurorthus*, récoltés dans deux stations : SA1 et SA2.

#### Les Collemboles

Sur l'ensemble des stations étudiées, 16 individus ont été capturés (soit 0.05% de la faune totale) à la station B1 (200 m d'altitude).

#### Les Crustacés

Les Crustacés sont représentés par 12 individus (0,042% de la faune totale). Ils appartiennent à deux familles et deux genres : les Gammaridae (*Gammarus*) et les Potamonidae (*Potamon*). Dans les stations prospectées, *Gammarus* et *Potamon* montrent une préférence pour les stations SAD, SA1 et SA3 caractérisées par une température de l'eau basse, un substrat grossier (galets, graviers) riche en débris végétaux.

### Les Hétéroptères

Les Hétéroptères se rencontrent pratiquement en toutes saisons. À l'état adulte, ils hibernent et reprennent leurs activités dès que la température s'adoucit. Ils peuplent divers biotopes des milieux aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières. Ils s'observent sur les rives des cours d'eau (POISSON, 1957).

Les Hétéroptères sont représentés avec 7 individus (soit 0,01 % de la faune benthique totale) répartis en 2 familles et deux genres : Mésoveliidae (*Mesovelgia*) à la station (SA3) et Velidae (*Velia*) à la station B1.

### Les Lépidoptères

Les Lépidoptères sont rares avec 6 individus (0,02%). Dans deux stations SA1 à 1170 m d'altitude et SA5 à 460 m d'altitude.

### Les Arachnides

Dans les stations prospectées, les Arachnides sont très rares avec 6 individus récoltés dans les stations d'altitudes à 1200 m et 1170 m pour les stations SAD et SA1 respectivement.

### Les Planaires

Les Planaires sont très rares dans nos prélèvements avec 3 individus (0,01%). Ils sont représentés par une seule famille Dugesidae avec le genre *Dugesia*, récolté à la station SA4 à 580 m d'altitude.

### Les Odonates

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

Les Odonates sont rares dans nos stations, nous avons recensés 3 individus (soit 0,01% de la faune totale), représenté par la famille des Gomphidae et le genre *Gomphus* récolté à la station SA5.

## 6. Étude de la diversité

### 6.1 L'indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de diversité et d'Équitabilité est élevé lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée.

La lecture du tableau 8 illustrée par les figures 26 et 27 montrent que les profils des indices  $H'$  et  $E'$  calculés dans les stations étudiées et fluctuent d'une station à l'autre entre 0,79 et 3,32 pour  $H'$  et entre 0,26 et 0,92 pour  $E'$ .

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations alticol SA1 avec ( $H'=3,32$  et  $E'=0,92$ ) et la station SA2 avec ( $H'=2,26$  et  $E'=0,75$ ). Ces stations d'altitude qui sont très proches de la source, présentent un substrat très grossier, un courant rapide, des températures d'eau les plus basses et absence d'activités anthropiques. Par conséquent, hébergent les taxons du rhithral avec d'autres éléments sténothermes d'eau froide à large répartition altitudinale.

Tandis que pour les stations SA3, SA4 et SA5, nous enregistrons respectivement des valeurs faibles pour l'indice  $H'$  (2,26 ; 0,79 et 1,68) et  $E'$  (0,26 ; 0,52 et 0,47). Ces secteurs sont caractérisés par une pollution (décharge sauvage, rejet d'ordures ménagères sur les rives et réseaux d'assainissement des villages voisins), ce qui diminue la capacité d'accueil du milieu dont subsistent uniquement les formes tolérantes à la pollution.

Les stations de l'oued Boubhir B1 et B2 présentent respectivement des valeurs  $H'$  0,94 et 1,40 et  $E'$  0,31 et 0,54. Ces stations ont une diversité assez faible compte tenu de la présence de perturbations d'origine anthropique (emploi d'engrais et pesticides pour l'agriculture, pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage).

En effet, dans ces stations (SA3, SA4, SA5, B1 et B2) la prolifération des Diptères (Chironomidae et Simuliidae), Oligochètes et Beatidae favorisée par le développement d'algues filamenteuses, de plus la diminution de la qualité de l'eau a pour effet la disparition des insectes polluo-sensibles tels que les Plécoptères.

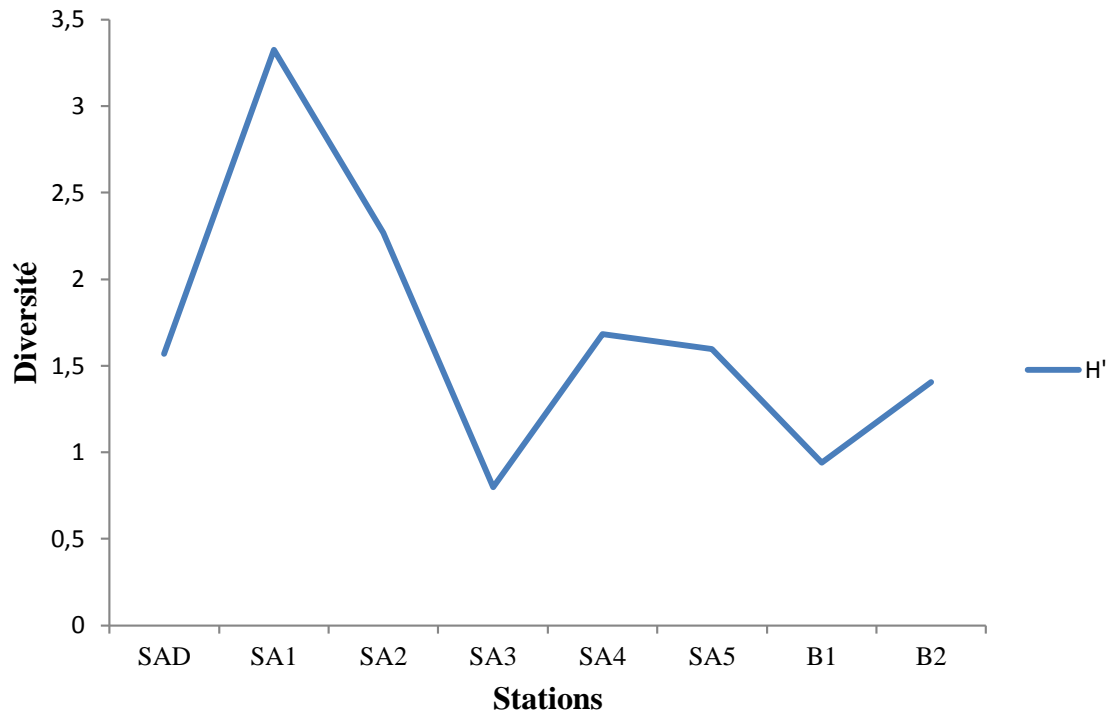
La station SAD exemple de pollution et qui présente des indices de diversités faibles est dû aux conditions mésologiques particulières : pente élevée, fond érodé, température de l'eau la plus basse. En effet, ne subsistent de ce torrent de montagne que les taxons très adaptés, rhéophiles, sténothermes d'eau froides et polluo-sensibles.

La station SAD exempte de pollution et qui présente des indices de diversités faible est dû aux conditions mésologique particulières : pente élevée, fond érodé, température de l'eau la plus basse. En effet, ne subsistent de ce torrent de montagne que les taxons très adaptés, rhéophiles, sténotherme d'eau froide et polluo-sensible.

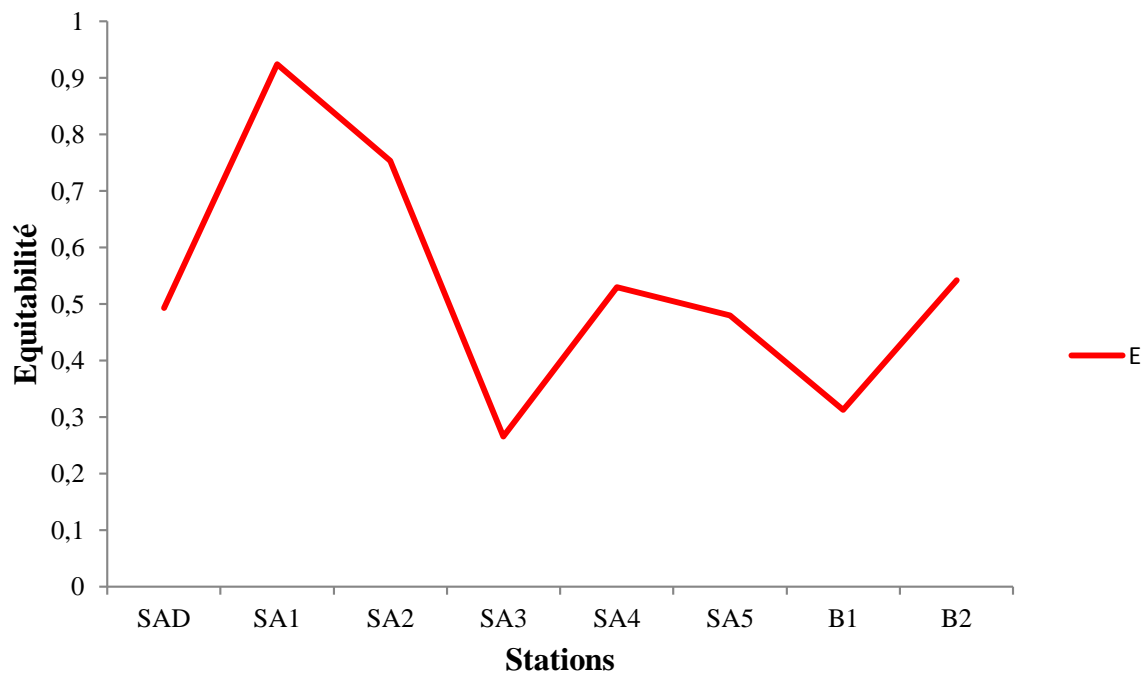
Pour finir, l'hétérogénéité des milieux est l'un des facteurs prépondérants qui conditionnent l'importance de la diversité, vu que la plupart des macros invertébrées sont spécialisées pour un type bien défini de micro habitat. En effet, les macroinvertébrés qui se développent dans des milieux stables auront toujours une diversité spécifique supérieure : cas de la station SA1 avec  $H'=3,32$  et  $E=0,92$ .

**Tableau 8 :** Indice de diversité de Shannon et Weaver  $H'$  et indice d'Equitabilité

	<b>SAD</b>	<b>SA1</b>	<b>SA2</b>	<b>SA3</b>	<b>SA4</b>	<b>SA5</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
<b>H'</b>	1,57	3,32	2,26	0,79	1,68	1,59	0,94	1,40
<b>E</b>	0,49	0,92	0,75	0,26	0,52	0,47	0,31	0,54



**Figure 26 :** Indice de diversité ( $H'$ ) des stations étudiées



**Figure 27 :** Indice d'Équitabilité (E) des stations étudiées

## 7. Evaluation biologique de la qualité de l'eau et du milieu

### 7.1 Indice EPT

L'indice EPT n'est pas une méthode standardisée mais elle est très utilisée par les professionnels car elle présente l'avantage de mener des contrôles rapides dans la bio-évaluation (MEBARKI, 2017).

Les résultats de l'application de l'indice EPT dans les stations étudiées sont consignés dans le tableau 9.

**Tableau 9** : Relation richesse en EPT et qualité de l'eau

Station	Nombre de famille EPT	Richesse en EPT	Qualité de l'eau
SAD	9	>7	Non altéré
SA1	11	>7	Non altéré
SA2	8	>7	Non altéré
SA3	2	1-3	Modérément altéré
SA4	6	4-7	Faiblement altéré
SA5	3	1-3	Modérément altéré
B1	2	1-3	Modérément altéré
B2	2	1-3	Modérément altéré

D'après le tableau 9, on peut déduire que les stations SAD, SA1 et SA2 présente un nombre de famille en EPT compris entre 8 et 11, par conséquent la richesse en est >7 et la qualité d'eau est qualifiées de non altérée.

En effet, ces stations ne subissent pas (ou très faiblement) d'impacts atrophiques, ce qui permet l'installation d'une faune polluo-sensible, rhéophile et sténotherme d'eau froide (surtout les Plécoptères).

La station SA4 (580 m d'altitude) présente une richesse en EPT égale à 6 et la qualité de l'eau est faiblement altère, ce qui est dû à la disparition de quelques Plécoptères et Trichoptères les plus polluo-sensible suite aux perturbations anthropiques.

Les stations SA3, SA5, B1 et B2, présentent une richesse en EPT comprise entre 2 et 3 avec une qualité de l'eau modérément altérée. Ces stations sont soumises aux impacts

anthropiques qui sont néfastes (rejets urbains, réseaux d'assainissement de plusieurs villages y compris le pompage de l'eau pour l'irrigation) ce qui se traduit par la disparition de tous les Plécoptères et les Trichoptères.

## 7.2 Ratio EPT

L'analyse du ratio EPT nous permet de déduire 3 groupes concernant distincts :

La station SA1 et SA2 dénotent un ratio en EPT (%) respective de 72,78 % et 61,70%. Ces valeurs appartiennent à la classe ratio EPT  $\geq 50$  % ce qui correspond aux bonnes conditions écologiques.

Une baisse du ratio EPT est notée au niveau de la station SAD (47,75%) et les conditions du milieu sont moyennes. Cette petite régression par rapport au groupe précédent n'est qu'un reflet des conditions mésologiques très particulières (pente élevée, fond érodé...).

Les stations SA3, SA4, SA5, B1, B2 qui subissent différents agression anthropique (Décharge sauvage sur les rives, réseau D'assainissement des villages, pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage, utilisation d'engrais et pesticides pour l'agriculture) présente une ratio EPT  $< 25$  %. Par conséquent, les conditions écologiques sont mauvaise.

**Tableau 10** : Valeur du nombre d'individus EPT et valeur du Ratio EPT.

	Nombre d'individus EPT	Faune globale	Ratio EPT%	Condition de milieu
<b>SAD</b>	<b>407</b>	<b>852</b>	<b>47,75</b>	Conditions écologique moyennes
<b>SA1</b>	<b>452</b>	<b>621</b>	<b>72,78</b>	Bonne conditions écologiques
<b>SA2</b>	<b>733</b>	<b>1188</b>	<b>61,70</b>	Bonne conditions écologiques
<b>SA3</b>	<b>11</b>	<b>487</b>	<b>2,25</b>	Mauvaises conditions écologiques
<b>SA4</b>	<b>102</b>	<b>884</b>	<b>11,53</b>	Mauvaises conditions écologiques
<b>SA5</b>	<b>347</b>	<b>1522</b>	<b>22,79</b>	Mauvaises conditions écologiques
<b>B1</b>	<b>52</b>	<b>15814</b>	<b>0,32</b>	Mauvaises conditions écologiques
<b>B2</b>	<b>16</b>	<b>6828</b>	<b>0,23</b>	Mauvaises conditions écologiques

### 7.3 Ratio du nombre d'individus EPT/Nombre d'individus Chironomidae

Cet indice nous permet de constater que les stations alticoles ne sont pas trop impactées. En effet nous avons une prédominance des groupes polluo-sensibles, tandis que les stations de moyenne montagne et de piémont sont plus touchée par la pollution d'où la dominance des taxons tolérants (polluo-resistants).

Le rapport EPT/Chironomidae est faible ( $<1$ ) dans la SA3, SA4, B1 et B2 avec des valeurs respectives (0,042; 0,485; 0,017 et 0,011). Ces dernières sont caractérisées par l'abondance des Chironomidae, cela est dû aux conditions environnementales détériorées dans ces stations qui subissent beaucoup de pollution de différentes origines.

Par contre, le rapport est élevé ( $>1$ ) dans les stations SAD, SA1 et SA5 ce qui reflète de bonnes conditions de ces milieux loin des activités perturbatrices avec des communautés équilibrées. De plus, la station SA2 présente la valeur la plus élevée avec 14,37 ce qui indique un niveau très bas de pollution et des taux d'oxygène dissous élevé.

**Tableau 11** : Valeur de EPT/ nombre d'individus Chironomidae

	<b>EPT</b>	<b>C</b>	<b>EPT/C</b>	<b>L'Etat de la faune</b>
<b>SAD</b>	407	157	<b>2,59</b>	Communauté équilibrée
<b>SA1</b>	450	83	<b>5,42</b>	Communauté équilibrée
<b>SA2</b>	733	51	<b>14,37</b>	Communauté équilibrée
<b>SA3</b>	11	260	<b>0,042</b>	Communauté déséquilibrée
<b>SA4</b>	102	210	<b>0,485</b>	Communauté déséquilibrée
<b>SA5</b>	347	290	<b>1,196</b>	Communauté équilibrée
<b>B1</b>	52	2930	<b>0,017</b>	Communauté déséquilibrée
<b>B2</b>	16	1376	<b>0,0116</b>	Communauté déséquilibrée

L'application des différents indices d'évaluation de la qualité de l'eau et du milieu (EPT, ratio EPT et ratio EPT /C) montre que en général, les stations alticoles (1140 m et 1200 m) présentent une richesse plus élevée en EPT, un ratio EPT  $> 50\%$  ainsi qu'un ratio EPT/C  $> 1$ .

Cet ensemble de résultat traduit une qualité de l'eau non altérée, un milieu présentant de bonne condition écologique permettant l'installation d'une communauté équilibrée.

Inversement, dans la plupart des stations affectées par la pollution, les communautés sont déséquilibrées et les conditions écologiques sont mauvaises, ce qui se traduit par une richesse en EPT  $< 7$ , le ratio EPT  $< 25\%$  et EPT/C  $< 1$  qui sont faible.

### 8. Structure mésologique

Afin de tenir compte de l'hétérogénéité des variables environnementales, une ACP (analyse de la composante principale) a été réalisée.

Dans ce travail, 12 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 8 stations (tableau 12)

**Alt** : altitude (m), **Pent** : pente (%), **Dis** : distance à la source (km), **Larg** : largeur du cours d'eau (m), **Prof** : profondeur moyenne de la lame d'eau (cm), **Vit** : vitesse du courant selon l'échelle de BERG (cm/s), **Vaq** : végétation aquatique (%), **GG/G** : gros galets et graviers (%), **S/L** : sables et limons (%), **Tem** : Température en °C, **Rec** : recouvrement (%), **MO** : matières organiques.

**Tableau 12** : Caractéristiques environnementales des 8 stations étudiées

	<b>Alt</b>	<b>Pent</b>	<b>Dis</b>	<b>Larg</b>	<b>Prof</b>	<b>Vit</b>	<b>Vaq</b>	<b>GG</b>	<b>S/L</b>	<b>Temp</b>	<b>Rec</b>	<b>MO</b>
<b>SAD</b>	1200	25	0,2	0,8	15	30	5	85	15	8	10	0
<b>SA1</b>	1170	20	0,5	3	20	110	5	80	20	10	70	0
<b>SA2</b>	1140	18	1,5	2,5	25	130	10	80	15	11	70	5
<b>SA3</b>	870	13	2,5	2	30	100	15	60	20	12	30	20
<b>SA4</b>	580	10	3,5	6	30	90	15	65	25	15	30	10
<b>SA5</b>	460	6	8	8	35	100	15	70	15	17	0	15
<b>B1</b>	200	1	12	25	40	70	20	25	50	22	0	25
<b>B2</b>	190	0,8	14	19	45	60	25	25	50	23	0	25

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres environnementaux a montré que certaines variables sont intercalées (tableau 13) :

- Altitude, pente, substrat grossier et recouvrement, variables linéaires liées par une relation de plus en plus croissante.

- Distance à la source, largeur du lit, la profondeur, température de l'eau, matières organiques, végétations aquatiques et substrat fin, liées par une relation décroissante.
- Quant à la vitesse du courant, son niveau de liaison est assez faible et ne représente pas de liaison linéaire avec les autres paramètres.

**Tableau 13** : Matrice de corrélation entre variables environnementales (N=12, P < 0.05).

	Alt	Pent	Dis	Larg	Prof	Vit	Vaq	GG	SL	Temp	Rec	MO
Alt	1,00											
Pent	0,98	1,00										
Dis	-0,95	-0,94	1,00									
Larg	-0,88	-0,86	0,93	1,00								
Prof	-0,95	-0,98	0,94	0,83	1,00							
Vit	0,24	0,06	-0,28	-0,31	-0,05	1,00						
Vaq	-0,93	-0,95	0,91	0,80	0,98	-0,15	1,00					
GG	0,88	0,88	-0,91	-0,93	-0,90	0,30	-0,92	1,00				
SL	-0,80	-0,77	0,86	0,94	0,78	-0,38	0,80	-0,96	1,00			
Temp	-0,97	-0,97	0,98	0,93	0,97	-0,19	0,94	-0,93	0,87	1,00		
Rec	0,73	0,61	-0,70	-0,60	-0,58	0,71	-0,61	0,59	-0,50	-0,64	1,00	
MO	-0,88	-0,91	0,86	0,78	0,93	-0,14	0,94	-0,91	0,76	0,87	-0,64	1,00

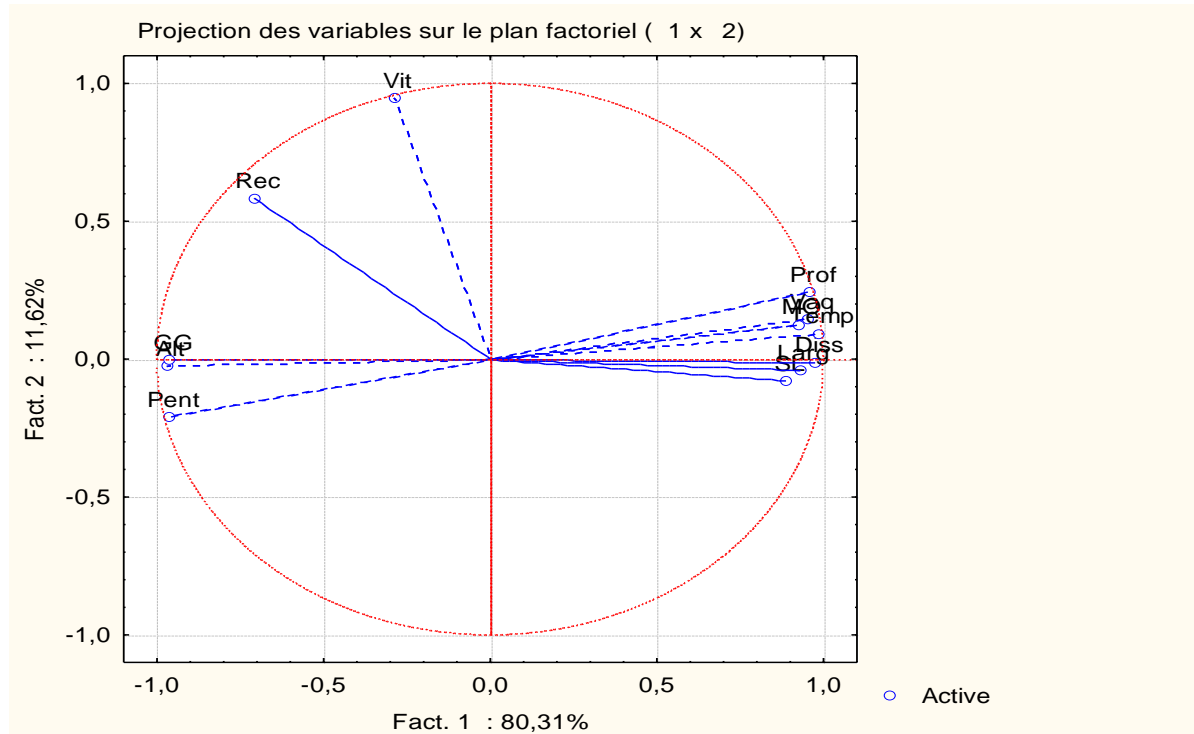
Pour connaître l'importance relative des variables mésologiques, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée. Elle permet d'extraire sur le premier axe factoriel F1 :80,31% de la variabilité totale du nuage de points, tandis que le deuxième axe F2 représente 11.62% de la variabilité (figure 28).

A partir de l'interprétation des axes, la structure des variables environnementale obtenue par l'ACP est un gradient assimilable à un gradient amont-aval.

Les variables distance à la source, température de l'eau, profondeur de l'eau, végétation aquatique, matière organique, largeur du lit mineur et substrat composé de sable sont très liés à l'axe 1 (en position positive), les extrémités des vecteurs sont proches du cercle de corrélation et leurs valeurs augmentent de l'amont à l'aval.

Les variables altitude, pente et substrat grossier et recouvrement sont fortement corrélées entre elles et avec l'axe 1 (en position négative) et bien représentées dans le plan F1 – F2 (extrémités des vecteurs proches du cercle de corrélation) décroissent progressivement de l'amont vers l'aval (figure 28).

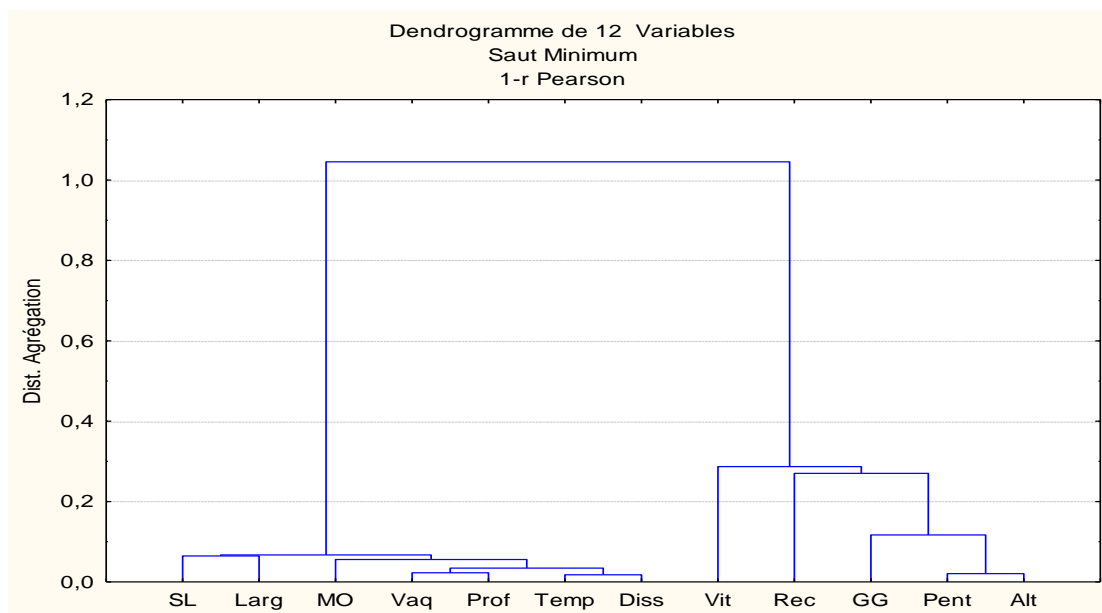
Quant à la variable vitesse du courant, elle ne présente pas de liaisons significatives avec les axes 1 et 2.



**Figure 28 :** ACP représentation de la distribution des paramètres environnementaux.

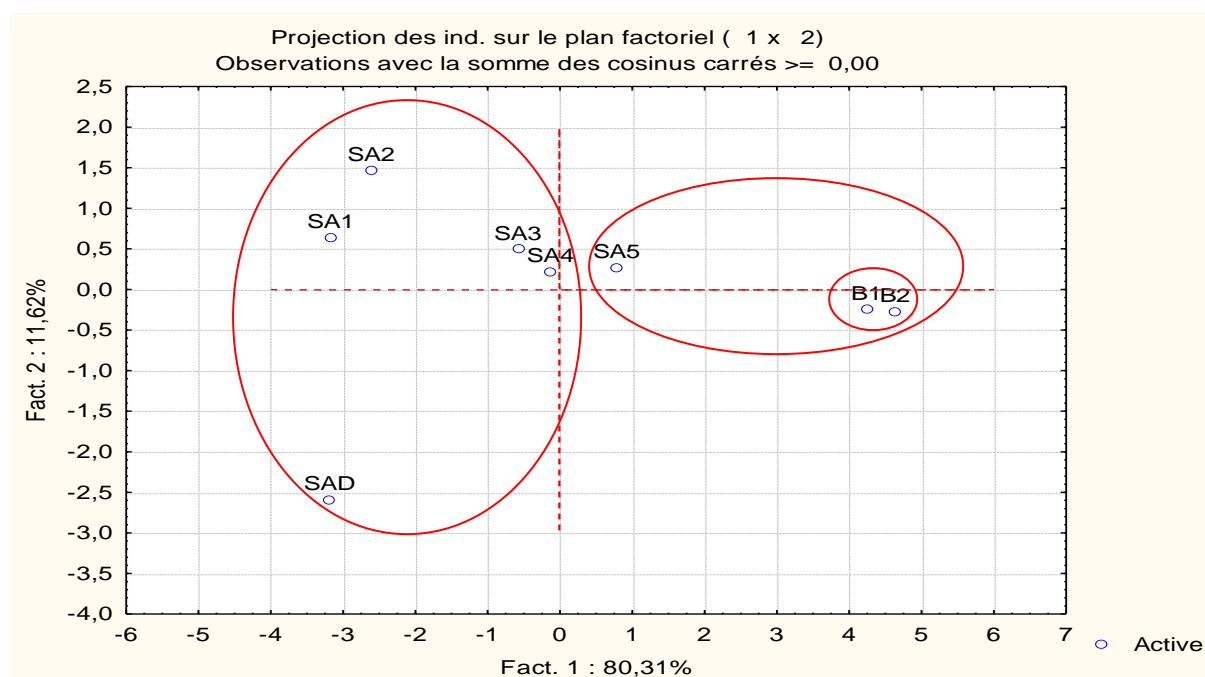
La classification ascendante hiérarchique de l'ensemble des stations étudiées (figure 29) met en évidence deux grands groupes de stations :

- **Groupe 1 :** appartient à ce groupe les stations alticoles, de montagnes et de piémont (SAD, SA1, SA2, SA3, SA4 et SA5) caractérisées par une pente élevée, substrat hétérogène à dominance de gros galets et un recouvrement important.
- **Groupe 2 :** secteurs des stations de basse altitude (B1, B2) liées par les paramètres largeur, substrat fin, profondeur élevée, végétation aquatique abondante, eau riche en matières organique ... etc.



**Figure 29 :** Dendrogramme visualisant les relations entre les variables environnementales.

Les représentations des stations dans l'espace des mêmes facteurs F1 et F2 (figure 30) fait apparaître sur l'axe F1 l'opposition entre la station de piémont (SA5) et de basse altitude (B1 et B2) en position positive et les stations alticoles (SAD, SA1, SA2) et de moyenne montagne (SA3 SA4) en position négative.



**Figure 30 :** Présentation des stations dans l'espace plan factoriel F1 et F2.

# **Conclusion**

## Conclusion

Les prélèvements benthiques réalisés dans les 8 stations localisées sur l'assif Sahel et de l'oued Boubhir (s.s) échelonnées entre 190 m et 1200 m d'altitude ont permis la récolte de 28196 individus repartis en 56 familles et 68 genres.

Sur le plan qualitatif, les Diptères sont les plus diversifiés avec 13 familles recensées. Ils sont suivis par les Coléoptères repartis en 11 familles et 16 genres, les Epheméroptères et les Trichoptères avec 5 familles et 7 genres (chacun). Se placent en 4<sup>ème</sup> position, les Plécoptères avec 4 familles et 7 genres. Viennent ensuite les Mollusques avec 4 familles et 4 genres, les Oligochètes 3 familles et 3 genres, les Crustacés et les Hétéroptères avec 2 familles et 2 genres (chacun). Les autres groupes zoologiques sont représentés par une seule famille et un genre.

Sur le plan quantitatif, les Diptères et les Oligochètes sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 66,78 % et 17,73 % de la faune totale. Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 85 % de la faune récoltée. Les Hydracariens, les Epheméroptères, les Trichoptères et les Plécoptères occupent respectivement la troisième, quatrième, la cinquième et la sixième place par ordre d'abondance numérique. Les autres groupes zoologiques (Planipennes, Odonates, Hétéroptères, Mollusques, Collembolés, Lépidoptères, Arachnides et les Planaires) sont faiblement représentés.

L'analyse des corrélations entre différents paramètres environnementaux a montré que certaines variables sont inter-corrélées.

L'analyse de la structure faunistique des peuplements étudiés nous montre que la limnofaune a pu garder sa stabilité en amont, ce qui n'est pas le cas en aval, et cela revient aux impacts négatifs des différentes activités anthropiques (rejets des ordures ménagères, réseaux d'assainissement des villages voisins, pompage de l'eau pour l'irrigation, pâturage et utilisation d'engrais et pesticides pour l'agriculture).

L'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité montrent une fluctuation de diversité dans les stations étudiées, avec des valeurs qui varient de 0,79 à 3,32 pour l'indice de H' et de 0,26 à 0,92 pour l'indice E. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations SA1 et SA2 qui présentent un peuplement bien diversifié et bien équilibré. Les stations SA3 et B1 enregistrent des valeurs plus faibles que les précédentes, ce qui est due aux différentes agressions anthropiques, le peuplement dans ces stations est déséquilibré et à dominance de taxons polluo-résistants.

L'analyse des facteurs environnementaux réalisée par une analyse en composante principale (ACP) fait apparaître des corrélations entre les variables environnementales.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) de l'ensemble des stations met en évidence 2 groupes :

**Groupe 1** représenté par les stations des ruisseaux de montagne (SAD, SA1, SA2, SA3, SA4 et SA5) caractérisées fondamentalement par certains paramètres (pente élevée, substrat hétérogène à dominance de gros galets, un recouvrement important)

**Groupe 2** renferme les stations de plaine (B1, B2) liées par les paramètres (largeur, substrat fin, profondeur élevée, végétation aquatique abondante, eau riche en matières organique).

L'évaluation biologique de la qualité de l'eau et du milieu par les différents indices EPT, ratio EPT et ratio EPT/C, montre que les stations alticoles exemptes de pollution (ou très négligeable) présentent une richesse plus élevée en EPT, ratio EPT > 50 % et un ratio EPT/C > 1. Inversement, les stations de piémont et de basse altitude qui subissent les différentes agressions anthropiques, enregistrent des valeurs plus faibles des différents indices avec dominance des Chironomidae dans le peuplement. Dans l'ensemble, ces indices semblent donner une bonne appréciation de la qualité de l'eau et du milieu et constituent ainsi un outil exceptionnel pour le contrôle de l'état de santé des cours d'eau.

En perspective, les stations alticoles doivent être protégées de toute perturbation anthropique puisqu'elles hébergent une faune très riche et diversifiée à dominance de taxons polluo-sensibles et sténothermes d'eau froide. Ces sites aquatiques sont considérés comme zone refuge pour une biodiversité originelle et très particulière. Il serait souhaitable de multiplier les recherches dans ces zones afin de découvrir des nouvelles espèces qui seraient probablement endémiques de la zone géographique étudiée.

Enfin, la sensibilisation environnementale reste un enjeu majeur dans la préservation de la biodiversité.



# **BIBLIOGRAPHIE**

- **ABDESSELAM M. 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse doct. ; Univ. Franche-Comté : 233 p.
- **AÏT MOULOUD S. 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macroinvertébrés dans l'oued Aïssi : faunistique, éco. et biogéo. Thèse Magister U.S.T.H.B. Institut des Sciences de la Nature, d'Alger, 118 p.
- **ANGELIER E. 2000.** Eco. des eaux courantes, édition Technique et document. 199 p.
- **ANGELIER E., ANGELIER M.L. & LAUGA. J. 1985.** Recherches sur l'éco. des Hydracariens (Hydrachnella, Acari) dans les eaux courantes. *Ann. Limnol.* 21 (1) : 25-64.
- **ANGUS R.B. 1973.** Pleistocène Helophorus (Coleoptera, Hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the western Ukraine, with a reinterpretation of Lomnick's species, description of a new Siberian species, and comparison with British weichselian faunas. *Phil. Trans. Roy.Soc., London, Bio. Sc.*, 265 (869): 299-326.
- **ANONYME.** Données climatiques de l'Office Nationale de la Météorologie. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation O. N. M.
- **ANONYME.** Données hydrobiologiques de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation. A.N.R.H.
- **BAGNOULS F. & GAUSEN H. 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Toulouse*, 74 p.
- **BARBAULT R. 2008.** Ecologie générale ; structure et fonctionnement de la biosphère. Edition Dunod; 6ème édition: 390 p.
- **BERRAHOU A., CELLOT B. & RICHOUX P. 2001.** Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ses principaux affluents (Maroc), *Ann. Limnol.* 37(3) : 223-235.
- **BERTHELÉMY C. 1979.** Elmidae de la région paléarctique occidentale: systématique et répartition (Coleoptera, Dryopidea). *Ann. Limnol.*, 15 (1) : 103 p.
- **BERTRAND H. 1972.** Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F. Paillard, Imp. Paris : 804 p.

- **BOULUNIER T. NICHOLAS J.D. 1998.** Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *The eco. society of America*: 1018 p. *Eco.*73 (3).
- **BOUMAIZA M. 1994.** Recherches sur les eaux courantes de Tunisie : faunistique, éco. et biogéo. Thèse Doct. ès-sciences, Univ. Tunis II : 429 p.
- **BOURNAUD M. & KECK G. 1980.** Diversité spécifique et structure des peuplements macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le Furans (Ain). *Acta Oecologica, Oecol. Gener*, vol. 1, n°2, 131-150.
- **BOUZIDI A. & GUIDICELLI J. 1994.** Eco. et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas Marocain. *Rev. Fac. Sci. Mar.*, 8 : 23 – 43.
- **CAYROU J. COMPIN A, GIANIN & CEREGHINO. 2009.** Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques et leur utilisation pour la typologie des cours d'eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (France), *Ann. Limnol.* 36(3) : 189-202.
- **CERRIGHINO R., 1992.** Influence des variations artificielles du débit sur la faune.
- **CHAUMONT M & PAQUINC. 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000 avec notice explicative. *Bull. soc. Hist. Nat. Afr. Nord* : 24 p.
- **DAJOZ R. 1985.** Précis d'éco. Eco. fondamentale et appliquée. 5ème édition. Gauthier Villard. Paris : 505 p.
- **DAJOZ R. 2000.** Précis d'éco., Ed. Dunod, Paris, 6ème édition, 542 p.
- **DECAMPS P. 1968.** Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. *Ann. Limnol.*, 4 : 1-50 .
- **Derridj A. 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Doct. es- sciences. Paul Sabatier, Toulouse : 288 p.
- **DOUCET R. 1997.** La science agricole : climat, sols et productions végétales du Québec, Berger, Canada p.1-10.
- **DUDGEAN D., ARTHINGTON A.H., GESSNER M.O., KAWABATA Z.I., KNOWLER D.J., LÉVÊQUE C., NAIMAN R.J., PRIEUR-RICHARD A.H., SOTO D., STIASSNY M.L.J. & SULLIVAN C.A. 2006.** Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological review* 81, 163-

182. Duggen S., Hoernle K., Bogaard P.V., Röpke L. & Phipps Morgan J. 2003. Deep roots of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 422: 602-606.
- **ECHAUBARD M., & NEVEU A. 1975.** Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couse Pavin (PUY- DE-DOME), dues aux pollutions agricoles et urbaines. Lab. De Zoologie, Bio. animal et écologique. INA-INRA : 24 p.
  - **ELLIOT J.M. & MINSHALL (G.W., 1968.** The invertebrate drift in the River Duddon English Lake District. *OIKOS*.19: 39-52.
  - **EVARD M. & POWELL A. 2002.** Rivers as living systems. *Aq. Cons. Mar. Freshwat. Ecosyst.*, 12 : 329 – 337.
  - **FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX I., HEPTIME J-L. 2003.** *Ecologie : approche scientifique et pratique*, 5ème édition Lavoisier, Paris, 69 p.
  - **FLANDRIN J. 1952.** La chaine de Djurdjura : monographie régionales. XIX (ème) congrès géologique international, 1ère série 19 :1-49 .
  - **GAGNEUR J & ALIANE N. 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In: Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), *Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera*: 311-323 p. – Sandhill Crane Press Inc., Gainesville FL, USA. 311-324.
  - **GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F. 2003.** Cours d'eau et indices biologiques. Pollution- méthodes- IBGN. 2ème édition educagri. 215 p.
  - **GIBON F, M., et ELOUARDE. 2001.** Biotypologie des hydrosystèmes tropicaux- exemples chez les trichoptères africains et malgaches, Institut de recherche pour le développement. Document IRD Montpellier, 2001.
  - **GIUDICELLI J et ORSINI A. 1986.** Trichoptères de corse, biogéo., éco. et distribution des espèces dans les cours d'eau. *Proc. Of the 5th Symp. On Trichoptera*. M. Bournoud & H. Tachet ed. Junk Publishers, 39:201-206.
  - **GUIDECCELLI J., DAKKI M. & DIA A. 1985.** Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22 :2094-2101.

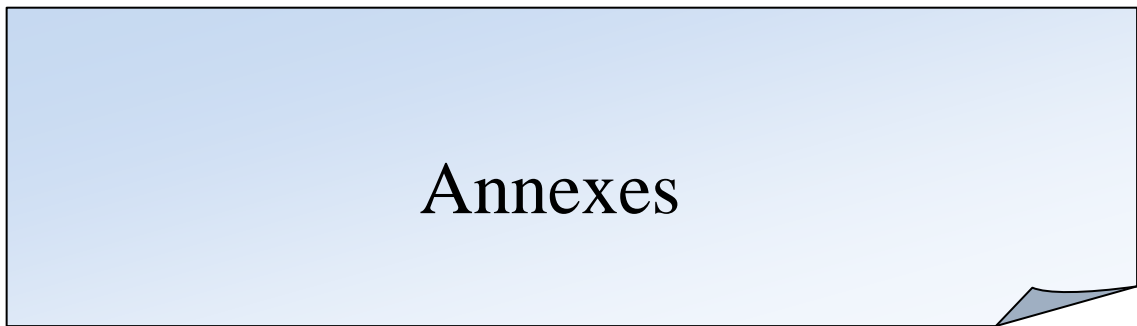
- **HAJJI K., ZAMORA-MUNOZ C., BONNADA N ET EL ALAMI M. 2012.** Quelque note sur l'éco. et distribution des Rhyacophilidea du Rif (du Maroc). Boletín de la sociedad Entomologica Agronomica (S.E.A) ,50 : 559-562.
- **HAOUCHINE S. 2011.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Wilaya de Tizi Ouzou). Mém. Magister, U.M.M.T.O :106 p.
- **JACQUEMIN G. 2001.** Les Ephéméroptères en Lorraine. Etat de l'inventaire. Utilisation comme bioindicateur. Préservation (*INSECTA, EPHEROPTERA*) bio. des insectes, lab. Bio. expérimentale – Immunologie, Univ. H. Poincaré, Nancy1. BP 239 p.
- **LAVANDIER P. 1979.** Eco. d'un torrent Pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse doct. Univ. Paul Sabatier Toulouse : 523 p.
- **LENAT D. 1988.** Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates Journal of the North American Benthological Society 7 (3), 222-233.
- **LÉVÊQUE C., BALIAN E.V. & MARRTENS K. 2005.** An assesement of animal species diversity in continental waters. Hydrobiologia, 542: 39-67.
- **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., 133 p.
- **LOUNACI-DAOUDI D. 1996.** Travaux sur la faunistique, l'éco. et la biogeo. des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, U.M.M.T.O.: 152 p.
- **LOUNACI A. 2005.** Recherche sur la faunistique, l'éco. et la biogeo. des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse doct. d'état en bio. U.M.M.T.O. (Algérie). 208 p.
- **LOUNACI A. & VINÇON G. 2005.** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord [Plecoptera]. *Ephemera*, Vol. 6 (2) : 109-124.

- **MEBARKI M. 2001.** Recherche hydrobiologique de trois réseaux hydrographique de Kabylie (Parc National de Djurdjura, Oued Sébaou, Oued Boghni) : Faunistique, Eco. et biogéo. des macroinvertébrés benthiques. Thèse magister. 24-28.
- **MEBARKI M. 2017.**Bio-éco. et biogeo. des macroinvertébrés benthiques de quelque cours d'eau du Nord de l'Algérie et distribution spatiale des peuplements. Thèse Doct., U.S.T.H.B: 231p.
- **MÉTHOT G PINEL-ALLOUL B& BRISON BIKA BIKA Y & GENOVESE A. 2016.** Evaluation de l'intégrité biologique de quatre ruisseaux du parc de la Gatineau sur la base de la faune benthique (Montréal) :53 p.
- **MIREILLE KOUMBA, HANS KEVIN MIPOUNGA, AUBIN ARMEL KOUMBA, CHRISTOPHE ROLAND ZINGA KOUMBA, BLAISE ROLLINAT MBOYE, JEAN FELICIEN LIWOUWOU, JEAN DANIEL MBEGA & JACQUES FRANÇOIS MAVOUNGOU. 2017.** Diversité familiale des macroinvertébrés et qualité des cours d'eau du Parc National de Moukalaba Doudou (sud-ouest du Gabon), Ento. Faunistique. **70** :107-120.
- **MOUBAYED Z. 1986.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trios réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse Doct. es-Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 496 p.
- **MOUBAYED J., AIT-MOULOUD S. & LOUNACI A 1992.** Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). Nachr Bl. Bayer. Ento., 41 (1) : 21-29.
- **PLAFKIN J.L., BARBOUR M.T.,POTER K.D.,GROSS,S.K.& HUGHES,R.M.1989** Rapid Bioassensment protocols for use in streams and rivers : bentic macroinvertebrates and fish. U.S.Environmental protection Agency 444/4-89-001. Office of water Regulation and Standards, Washington DC, USA, 160 p.
- **POISSON R. 1957.** Héteroptères aquatiques. In P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S. (Paris), 61 : 264 p.
- **QUEZEL P. 1957.** Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. Encycl. Biogeo., Eco. Ed le chevalier, Paris : 463 p.

- **RAAB N & YACINE L. 2018** Contribution à l'étude écologique et biogéographique des Trichoptères de l'Assif Sahel et de l'Oued Boubhir. (Wilaya de Tizi Ouzou). Mém. Master II, U.M.M.T.O :43 p.
- **RAMADE F. 1984.** Eléments d'éco. : Eco. fondamentale. Ed. *Mc Graw-Hill*. Paris: 379 p.
- **RAMADE F. 2003.** Elément d'éco.: Eco. fondamentale. 3ème edition. Dunod. Paris: 190 p.
- **RAYMOND D. 1976.** Evaluation sédimentaire et tectonique du Nord-Ouest de la Grande Kabylie au cours du cycle alpin. Thèse Doct. es Sciences, Paris, 154 p.
- **REVENGA C. & KURA Y. 2003.** Status and Trends of Biodiversity of Inland Water Ecosyst. Secretariat of the convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series N° 11, 120 p.
- **RODIER J. 1996.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles résiduaires, eau de mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- **RODIER J. 2010.** L'analyse de l'eau. Edition DUNOD, 9 ème édition, paris, 159 p
- **RUFFONI A. 2009.** Les Plécoptères (*Insecta, Plecoptera*) Rev. Sci. Bourgogne – Nature. 18-26 p.
- **SEKHI S. 2010.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mém. Magister, U.S.T.H.B :117 p.
- **SEKHI S., HAOUCHINE S., LOUNACI-DAOUDI D., EL ALAMI EL MOUTAOUAKIL & LOUNACI A. 2016.** Contribution a connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie) [Trichoptera]. *Ephemera*, Vol. 17 (1) : 51-69.
- **SELTZER P. 1946.** Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Meteor. Phys. Du Globe, Univ. Alger Fascicule hors-série : 219 p.
- **SHANNON C. E. & WEAVER W. 1963.** The mathematical theory of communication. Urbane: University of Illinois Press: 117 p.
- **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 Hydrbiology*, 17 (3): 223-297.
- **TACHET H ; BOURNAUD M et RICHOUX P. 2006.-** Invertébrés d'eau douce- Systématiques, bio. Eco.- Ed CNRS.587 p.

- **TACHET H ; BOURNAUD M. & RICHOUX PH. & USSEGLIO-POLATERAPH. 2002.** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Eco., Bio. Ed CNRS- Paris. 585 p.
- **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 : 150 p.
- **TACHET H., RICHOUX PH., BOURNAUD M., USSEGLIO-POLATERA PH. 2000.** Invertébrés d'eau douce (systématique, bio., éco.). Editions CNRS. France. 588 p.
- **THIEBAULT J. 1952.** Socle métamorphique en Grande Kabylie : monographie régionale. XIXème congrès international, 1ère série (4) : 43 p.
- **THOMAS A.G.B. 1981.** Travaux sur la taxonomie, la bio. et l'éco. d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doct, Univ. Paul Sabatier, Toulouse: 330 p.
- **TOWNSEND C.R. & HILDREW A.G. 1994.** Longitudinal pattern in detritivores of acidstreams: a consideration of alternative hypotheses. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnologie, 22 p, 1953-1958.
- **VERNEAUX J. 1973.** Recherches écologiques sur le réseau du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse Doct. Etat, Univ. Besançon : 260 p.
- **VINÇON G. 1987.** Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau, en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse Doct. Ingénieur, Univ. Paul Sabatier Toulouse : 381 p.
- **VIVIEN R., LAFONT M. 2015.** Note faunistiques sur les Oligochètes aquatiques de a région genevoise et de suisse. *Revue Suisse de zoologie* 122(2) : 207-212.
- **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 (Wilaya de Tizi-Ouzou). Mém. Master II, U.M.M.T.O :53 p.

- **YAKOUB B. 1996.** Le problème de l'eau en Grande Kabylie : bassin versant de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. U.M.M.T.O: 189 p.



**Annexes**

**Annexe 1 :** Précipitations moyennes mensuelles et totaux pluviométriques (en mm) certaines localités de la région d'étude (période 1994– 2014).

Source : A.N.R.HTizi-Ouzou

Station	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
<b>Azazga (430m)</b>	48.7	82	141	181	177.7	105	101	136	65.3	9.2	3.1	7	<b>1057</b>
<b>Tizi-Ouzou (220m)</b>	40.5	67	132	150	154	89.3	76.1	92	57.7	8.8	3.8	6	<b>877</b>
<b>Boubhir (220m)</b>	47	75	118.2	155	144.9	83	92.7	121	65.3	9.1	5.2	10.7	<b>928</b>

**Annexe 2 :** Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (Maximales, Minimales, Moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (Période 2012 – 2020) Source : O.N.M de Tizi-Ouzou.

Mois T(°C)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>T Moyennes mensuelles</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 Moyennes Minimales</b>	6.73	6.73	9.08	11.45	14.01	17.66	21.31	22.25	19.2	15.61	12.36	8.2
<b>T Moyennes Maximal</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

Tableaux des températures en °C enregistrées à Tizi-Ouzou (de 2012 à 2020). Source : O.N.M de Tizi-Ouzou.

Année															
2012		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2013		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2014		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	12,3	12,8	12,3	17,5	19,2	23,7	27,0	28,0	26,2	21,6	17,3	10,9	228,8	19,1
T°Moy/mensu	mini	8,6	8,6	8,2	11,3	13,2	17,4	20,0	21,5	21,0	16,0	13,5	7,7	167,0	13,9
T°Moy/mensu	MAX	17,6	18,8	17,5	24,3	26,5	30,7	34,7	35,9	33,7	29,0	22,7	15,4	306,8	25,6

Annexes

2015		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2016		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2017		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2018		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2019		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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

2020		JANV	FEVR	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	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	19,9
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

**Annexe 3 :** Les températures et les précipitations enregistrées à Tizi-Ouzou pour la période allant de 2000 à 2015

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>T(°C)</b>	10.94	11.34	14.26	17.16	20.86	26.48	29.72	29.89	26.09	22.20	15.84	12.50
<b>P(mm)</b>	129.60	103.29	86.07	81.34	68.18	12.03	2.52	6.66	38.8	65.62	125.44	133.12

**Annexe 4 :** Température ponctuelles de l'eau en (°C) enregistrée aux stations d'étude

	<b>G1</b>				<b>G2</b>			
<b>stations</b>	<b>SAD</b>	<b>SA1</b>	<b>SA2</b>	<b>SA3</b>	<b>SA4</b>	<b>SA5</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
<b>Altitude(m)</b>	1200	1170	1140	870	580	460	200	190
<b>T (°C)</b>	8	10	11	12	15	17	22	23

## Résumé

L'objectif principal de ce travail est de déterminer l'organisation spatiale et la structure des macroinvertébrés benthiques en fonction des caractéristiques environnementales d'une part et d'autre part, d'évaluer la qualité hydrobiologique de l'eau et du milieu par les voies biologiques des cours d'eau de l'assif Sahel et de l'oued Boubhir (s.s).

La prospection des huit stations échelonnées entre 190 m et 1200m d'altitude, a permis de recenser un total de 28196 individus appartenant à 16 groupes zoologiques, 56 familles et 68 genres.

Les Diptères et les Oligochètes sont nettement dominants. Par contre les Hydracariens, les Ephéméroptères, les Trichoptères, les Plécoptères, les Coléoptères et les Mollusques sont faiblement représentés dans nos récoltes.

Sur le plan qualitatif, les Diptères sont les plus diversifiés avec 13 familles inventoriées. Ils sont suivis par les Coléoptères repartis en 11 familles et 16 genres, les Ephéméroptères et les Trichoptères (5 familles, 7 genres), les Plécoptères (4 familles, 7 genres), les Mollusques (4 familles, 4 genres), les Oligochètes (3 familles, 3 genres), les Crustacés et les Hétéroptères (2 familles, 2 genres) pour chacun. Les autres groupes zoologiques sont représentés par une seule famille et un seul genre.

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres environnementaux a montré que certaines variables sont inter-corrélées.

L'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité montrent une fluctuation de diversité dans les stations étudiées, avec des valeurs qui fluctuent de 0,79 à 3,32 pour l'indice de H' et de 0,26 à 0,92 pour l'indice E.

L'analyse des facteurs environnementaux réalisée par une analyse en composante principale (ACP) fait apparaître des corrélations entre les variables environnementales.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) de l'ensemble des stations met en évidence 2 groupes de stations distincts.

L'évaluation biologique de la qualité de l'eau et du milieu par les différents indices EPT, ratio EPT et ratio EPT/C, montre que ces derniers reflètent bien la qualité de l'eau et du milieu d'accueil.

**Mots clés :** assif Sahel, oued Boubhir (s.s), macroinvertébrés benthiques, qualité de l'eau.

## Summary

The main objective of this work is to determine the spatial organization and the structure of benthic macroinvertebrates according to the environmental characteristics on the one hand and on the other hand, to assess the hydrobiological quality of the water and the environment by biological pathways of the rivers of the Assif Sahel and the Boubhir wadi (s.s).

The prospection of the eight stations staggered between 190 m and 1200 m of altitude, made it possible to identify a total of 28,196 individuals belonging to 16 zoological groups, 56 families and 68 genera.

Diptera and Oligochaetes are clearly dominant. On the other hand, Hydracarians, Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Coleoptera and Molluscs are poorly represented in our harvests.

Qualitatively, Diptera are the most diverse with 13 families inventoried. They are followed by Coleoptera divided into 11 families and 16 genera, Ephemeroptera and Trichoptera (5 families, 7 genera), Plecoptera (4 families, 7 genera), Molluscs (4 families, 4 genera), Oligochaetes (3 families, 3 genera), Crustaceans and Heteroptera (2 families, 2 genera) for each. The other zoological groups are represented by a single family and a single genus.

The analysis of the correlations between the different environmental parameters has shown that some variables are inter-correlated

The Shannon-Weaver index and Equitability show a fluctuation in diversity in the stations studied, with values fluctuating from 0,79 to 3,32 for the H 'index and from 0.26 to 0,92 for the E.

The analysis of environmental factors carried out by a principal component analysis (PCA) reveals correlations between the environmental variables.

The ascending hierarchical classification (CAH) of all the stations shows 2 distinct groups of stations.

The biological evaluation of the water and environment quality by the various EPT indices, EPT ratio and EPT / C ratio, shows that these reflect the quality of the water and the receiving environment.

**Key words:** assif Sahel, wadi Boubhir (s.s), benthic macroinvertebrates, water quality.