

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département de Biologie Animale et Végétale



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Science de la Nature et de la Vie

Spécialité : Diversité et Ecologie des Peuplements Animaux

Thème

**Contribution faunistique et évaluation
biologique de la qualité de l'eau de l'Assif
Sahel et du Oued Boubhir**

Réalisé par : M^{lle} YAHIAOUI Liza et M^{lle} SI MEHAND Imane

Soutenu le 06/07/2017 devant le jury composé de :

Présidente : Mme HAOUCHINE S., M.A.A UMMTO

Promotrice : Mme SEKHI S., M.A.A. UMMTO

Examineur : Mr Larbes S., M.A.A UMMTO

Promotion 2017

Remerciements

Au terme de ce travail, nos sincères remerciements s'adressent tout d'abord à Madame **SEKHI S.** maitre assistante à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou pour nous avoir encadrer ainsi que pour son aide, pour nous avoir accompagné sur le terrain, ses conseils et son suivi durant la période de la réalisation de notre travail, qu'il trouve ici le témoignage de notre éternelle gratitude.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Madame **HAOUCHINE S.**, maitre-assistante à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté la présidence du jury de ce mémoire.

A Monsieur **Larbes S.**, maitre-assistant à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui a bien voulu examiner ce manuscrit et juger ce travail.

A Monsieur **LAMINE S.**, doctorant à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou nos sincères remerciements pour avoir bien voulu examiner ce manuscrit et juger ce travail et pour ses encouragements, son aide qui nous a été porté sur le terrain et l'intérêt qu'il a porté à cette étude.

Nos remerciements les plus sincères à Monsieur **REBAH Mourad**, qui nous à été d'une grande aide, nous avoir accompagné sur le terrain et d'avoir assuré notre protection.

Merci à l'ensemble des personnes du laboratoire d'hydrobiologie pour leur gentillesse et leur aide.

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

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Maman, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois par ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Papa, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Toute ma famille ;

Toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien tant moral que physique et qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, mes aimables amies et camarades d'études.

Liza

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents, vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse, de patience et de générosité...

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation ;

*A ma sœur **Wahiba** dont le grand plaisir lui revient en premier lieu pour son soutien moral, ses conseils, aides, et encouragements ;*

*A ma sœur **Djamila** et mon frère **Sofiane** ;*

*A mon petit neveu **Adam** qui est notre fierté ;*

A toute ma famille ;

Aux personnes qui ont contribué à ce travail de près ou de loin, qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amies, collègues d'étude, et sœur de cœur.

Imane

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : sites et méthodes d'étude.

Partie I

1- Situation géographique.....	3
2- La géologie	4
3- Le climat.....	4
3-1- Les températures	4
3-1-1- La température de l'air	4
3-1-2- La température de l'eau.....	5
3-2- Les précipitations	7
3-3- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN	8
4- Le couvert végétal.....	8
5- Influence humaine	9
6- Description des cours d'eau et des stations d'études	11
6-1- Assif Sahel	13
6-2- Oued Boubhir.....	14
6-3- Caractéristiques physiques des stations	15
6-3-1- La pente	15
6-3-2- Le débit.....	16
6-3-3- La vitesse du courant	16
6-3-4- Le substrat	17

Partie II

1- Matériels et méthodes d'échantillonnage.....	17
1-1- Echantillonnage benthique	18
1-2- Conservation des échantillons	18
1-3- Tri et détermination	18

Chapitre II : Résultats et discussion

1- Analyse globale de la faune benthique.....	20
2- Abondance et occurrence des espèces.....	24
3- Analyses quantitative et qualitative de la faune benthique.....	26
3-1- Les Diptères	26
3-2- Les Oligochètes	28
3-3- Les Ephéméroptères	29
3-4- Les Trichoptères	31
3-5- Les Plécoptères	33
3-6- Les Coléoptères	35
3-7- Autres groupes zoologiques.....	36
4- Structure mésologique.....	37
5- Etude de la diversité.....	42
5-1- L'indice de diversité de Shannon – Weaver	42
5-2- L'équitabilité.....	42
6- Evaluation biologique de la qualité de l'eau	45
6-1- L'Indice Biologique Globale Normalisé (IBGN)	45
6-2- Limite des IBGN	46
6-3- Répertoire des organismes retenus.....	46
6-4- Calcul de l'IBGN	46
Conclusion générale	53

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 1 (a) : Situation géographique de la région d'étude	3
Figure 1 (b) : les 24 villages de la commune de Bouzeguène.....	4
Figure 2 : Températures moyennes de l'air (en °C) (maximales, minimales, mensuelles) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2000-2016)	5
Figure 3 : Températures de l'eau enregistrées dans les stations d'étude.....	6
Figure 4 : Précipitations moyennes (en mm) de trois localités de la région d'étude (Azazga, Tizi-Ouzou et Boubhir : période 1995-2014)	7
Figure 5 : Diagramme ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou (période 2000-2015)	8
Figure 6 : Réseau hydrographique et emplacement des stations étudiées	12
Figure 7 : Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'étude	22
Figure 8 : Richesse taxonomique aux stations d'études.....	23
Figure 9 : Abondance de la faune benthique dans les stations d'études	24
Figure 10 : Abondance des taxons	24
Figure 11 : Occurrence des taxons	25
Figure 12 : Répartition des familles des Diptères étudiés.....	27
Figure 13 : Distribution des familles des Diptères dans les stations étudiées	27
Figure 14 : Répartition des familles des Oligochètes étudiés.....	28
Figure 15 : Distribution des familles des Oligochètes dans les stations étudiées	29
Figure 16 : Répartition des genres d'Ephéméroptères étudiés	30
Figure 17 : Distribution des genres d'Ephéméroptères dans les stations étudiées.....	31
Figure 18 : Répartition des genres de Trichoptères étudiés.....	32
Figure 19 : Distribution des genres des Trichoptères dans les stations étudiées.....	32
Figure 20 : Répartition des genres de Plécoptères étudiés.....	34
Figure 21 : Distribution des genres de Plécoptères dans les stations étudiées	34
Figure 22 : Répartition des genres de Coléoptères étudiés	35
Figure 23 : Distribution des genres de Coléoptères dans les stations étudiées	36
Figure 24 : Analyse en composante principales des paramètres écologiques	40
Figure 25 : Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables environnementales	41
Figure 26 : Indice de diversité (H') et d'Equitabilité (E) des stations étudiées	44
Figure 27 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées	49

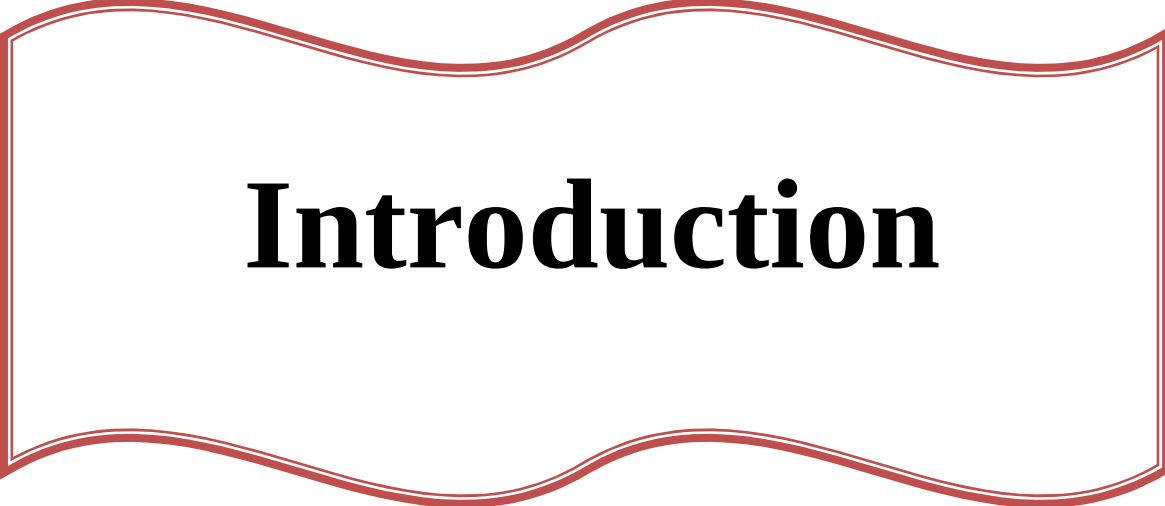
Figure 28 : Analyse hydrobiologique des stations d'études	50
--	-----------

Liste des tableaux

Tableau 1 : Températures ponctuelles de l'eau (en °C) enregistrées aux différentes stations étudiées	6
Tableau 2 : Altitudes et pentes des stations étudiées.....	16
Tableau 3 : Largeur du lit et vitesse du courant mesurées aux stations d'études	17
Tableau 4 : Nature du substrat dans les stations étudiées	17
Tableau 5 : Nombre de famille et de genre par groupe zoologique.....	19
Tableau 6 : Répartition de la faune benthique dans les stations d'études.....	20
Tableau 7 : Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées	38
Tableau 8 : Matrice des corrélations entre variables environnementales	38
Tableau 9 : Indice de diversité de Shannon et Weaver H' et indice d'Equitabilité.....	43
Tableau 10 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (norme AFNOR T90-350 ; 1992)..	47
Tableau 11 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées	48

Liste des photographies

Photo 1 : Station SAD	13
Photo 2 : Station SA1	13
Photo 3 : Station SA2	14
Photo 4 : Station SA3	14
Photo 5 : Station B1.....	15
Photo 6 : Station B2.....	15



Introduction

L'eau, essentielle à la survie et au bien-être des hommes, s'inscrit au cœur du développement des économies et des sociétés, c'est une denrée rare tant pour sa quantité que pour sa qualité, malheureusement ces dernières années sa qualité a connu une grande détérioration et devient difficile à obtenir car les besoins d'eau douce sont de plus en plus croissants. Les pressions qui pèsent sur les ressources en eau sont de plus en plus fortes, principalement en raison du développement des activités humaines et notamment l'urbanisation, la croissance démographique, l'augmentation du niveau de vie, la concurrence croissante pour les ressources en eau et la pollution. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver ces pressions.

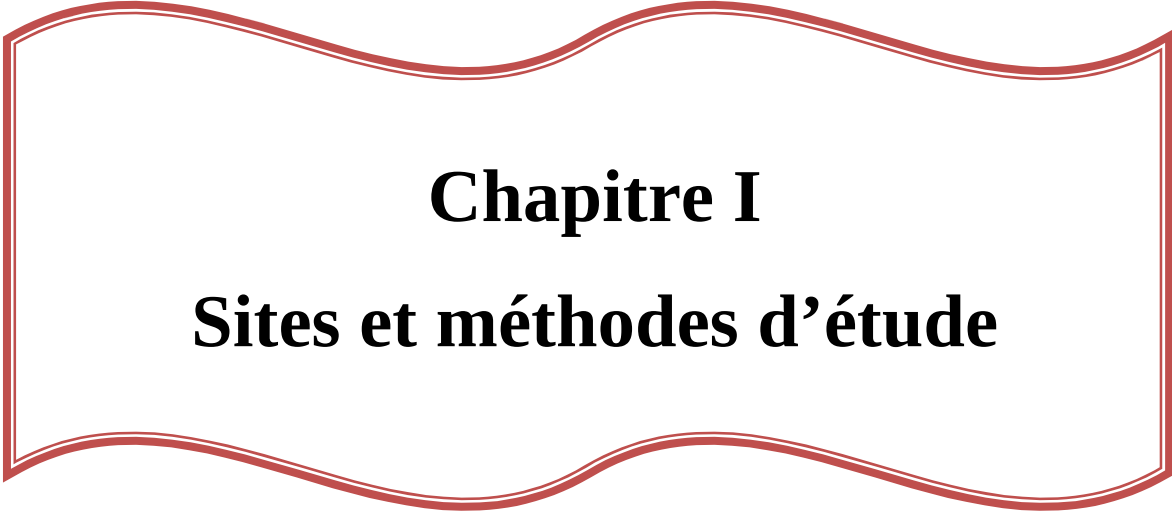
En Algérie du nord, la complexité des hydro systèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux se traduisant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

Les macroinvertébrés sont de bons bioindicateurs en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat, et reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement. Plusieurs travaux ont été exposés par différents auteurs dans le sens du développement des programmes d'étude en hydrobiologie. Nous pouvons citer ceux de KADDOURI (1986), MALICKY & LOUNACI (1987), LOUNACI (1987), AIT MOULOUD (1988), ARAB (1989), LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001), LOUNACI (2005), LOUNACI & VINÇON (2005), SEKHI (2010), HAOUCHINE (2011).

Le présent travail constitue une étude hydrobiologique du cours d'eau d'assif Sahel (région de Bouzguène) et Oued Boubhir. Ils sont axés principalement sur l'étude des données faunistiques et se fixent pour objectif d'une part, de dresser une liste d'invertébrés benthiques et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune et d'autre part, d'évaluer la qualité hydrobiologique de l'eau et du milieu par les voies biologiques (IBGN).

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

- le premier est consacré aux caractéristiques physiques et environnementales de la région d'étude : géographie, géologie, climat, végétation et impact anthropique. La description des sites d'étude, les techniques d'échantillonnage et les paramètres environnementaux.
- Le deuxième qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'étude de la faune et à l'évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques (IBGN).

A decorative red border with a wavy, undulating top and bottom edge, enclosing the chapter title.

Chapitre I

Sites et méthodes d'étude

Partie I

1- Situation géographique

Le bassin versant du haut Sébaou représente un réservoir hydrobiologique important pour la région de Kabylie. Il se situe au nord de l'Algérie à 100 Km à l'Est d'Alger.

Il s'étale sur une superficie de 1432 Km² et d'une longueur de 110 Km, il est considéré comme l'oued principal de la Grande Kabylie, depuis sa source dans le Djurdjura oriental jusqu'à son embouchure en mer méditerranée (YAKOUB, 1996).

Il est délimité comme la figure 1 le montre :

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

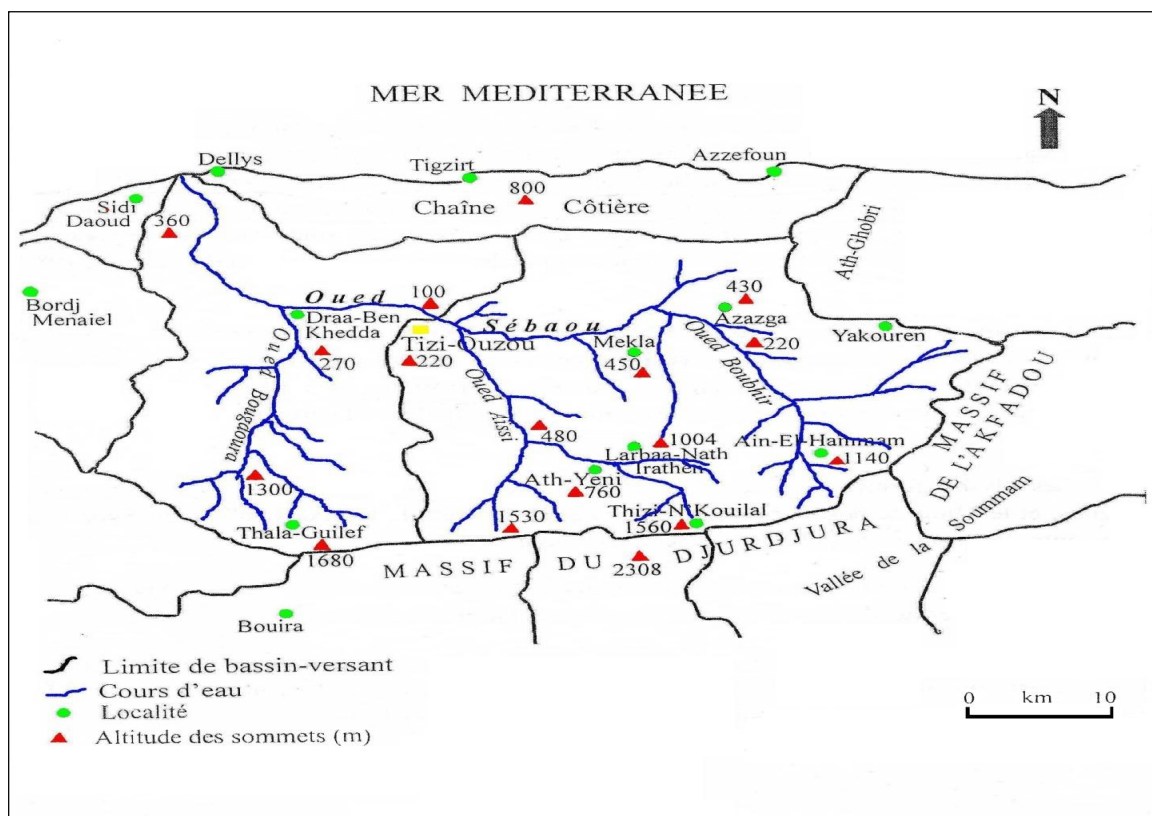


Figure 1 (a) : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005)

Concernant la commune de Bouzeguène elle est située à l'extrême est de Tizi-ouzou, soit à environ 70 km. Elle a pour collectivités voisines, à l'Est Ighzer Amokrane (Bgayet), au nord, la forêt Akfadou, à l'Ouest Idjeur, au sud Illoula et sud Est Ait Zikki.

C'est une commune traditionnellement portée sur l'activité agricole de montagne et de subsistance en général dont l'élevage, sous toutes ses formes.

La commune est composée de 24 villages schématisés par cette petite carte.

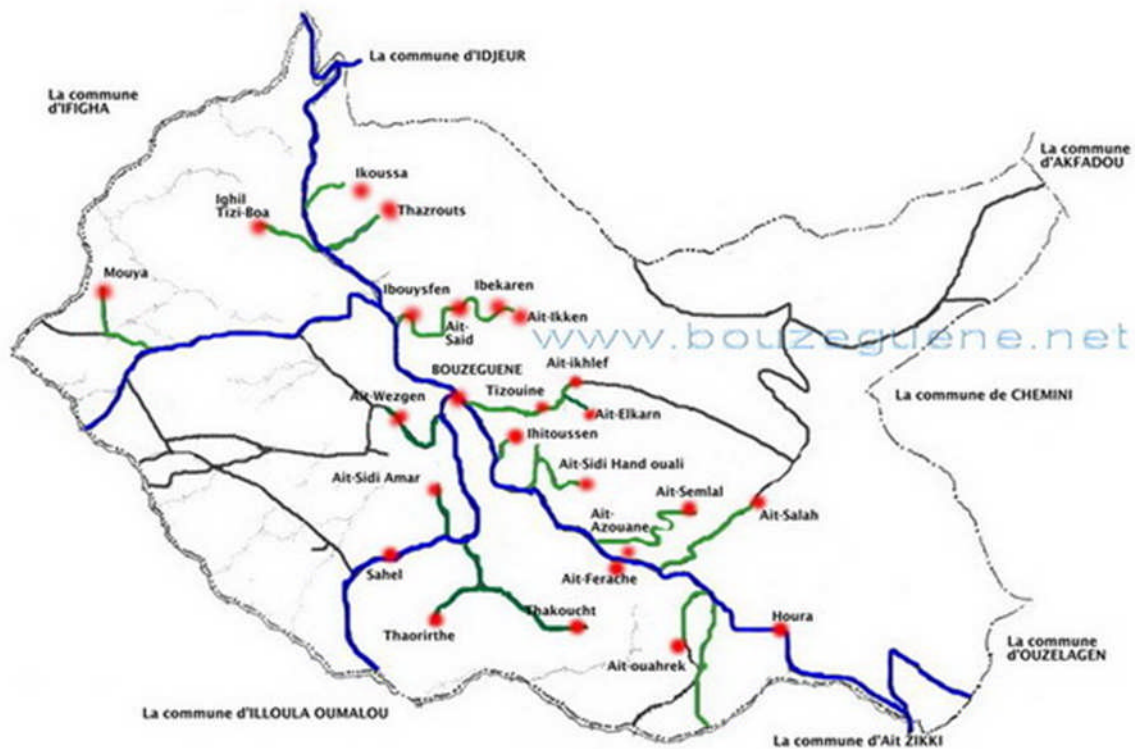


Figure 1 (b) : les 24 villages de la commune de Bouzeguène.

2- La géologie

La grande Kabylie représente une très grande hétérogénéité topographique, mais généralement montagneuse et extrêmement accidentée. La morphologie discontinue des massifs montagneux et leur disposition parallèle au littoral ont exercé une influence importante sur la diversité biologique.

Le massif de Djurdjura a fait l'objet de nombreuses études géologiques, stratigraphiques, tectoniques et orogénèses (FLANDRIN, 1952 ; THIBAUT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; ABDESSLAM, 1995) *in* MERABET, Ces auteurs décrivent une topographie particulière et une lithologie assez variée qui résultent d'une histoire géologique complexe. On trouve des terrains appartenant essentiellement au Mésozoïque et au Cénozoïque.

3- Le climat

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

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

La région de la Kabylie appartient au domaine méditerranéen, caractérisé à l'échelle annuelle par une opposition thermique et pluviométrique : par un été chaud et sec et par un hiver froid et pluvieux.

3-1- Les températures

3-1-1- La température de l'air

La température de l'air est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique. Elle contrôle l'ensemble des activités en conditionnant la répartition des espèces animales et végétales (DAJOZ, 1979).

Le manque de données dû à l'absence d'un réseau météorologique dans la région d'étude nous a contraints à utiliser les données de l'Office National de Météorologie (ONM) enregistrées à Tizi-Ouzou pour la période 2000 – 2016 (annexe 1).

Les moyennes annuelles des températures sont variables d'une année à une autre. La température moyenne annuelle à Tizi-Ouzou est de 20.1°C

La figure 2 montre que :

- Les mois de Juillet et Aout sont les plus chauds, avec des températures moyennes de 31,1 °C et 29,8 °C.
- Les mois de Décembre, Janvier et Février sont les plus froids. Leurs températures moyennes enregistrées sont respectivement de 13,5 °C ; 11,7 °C et 12,2 °C.

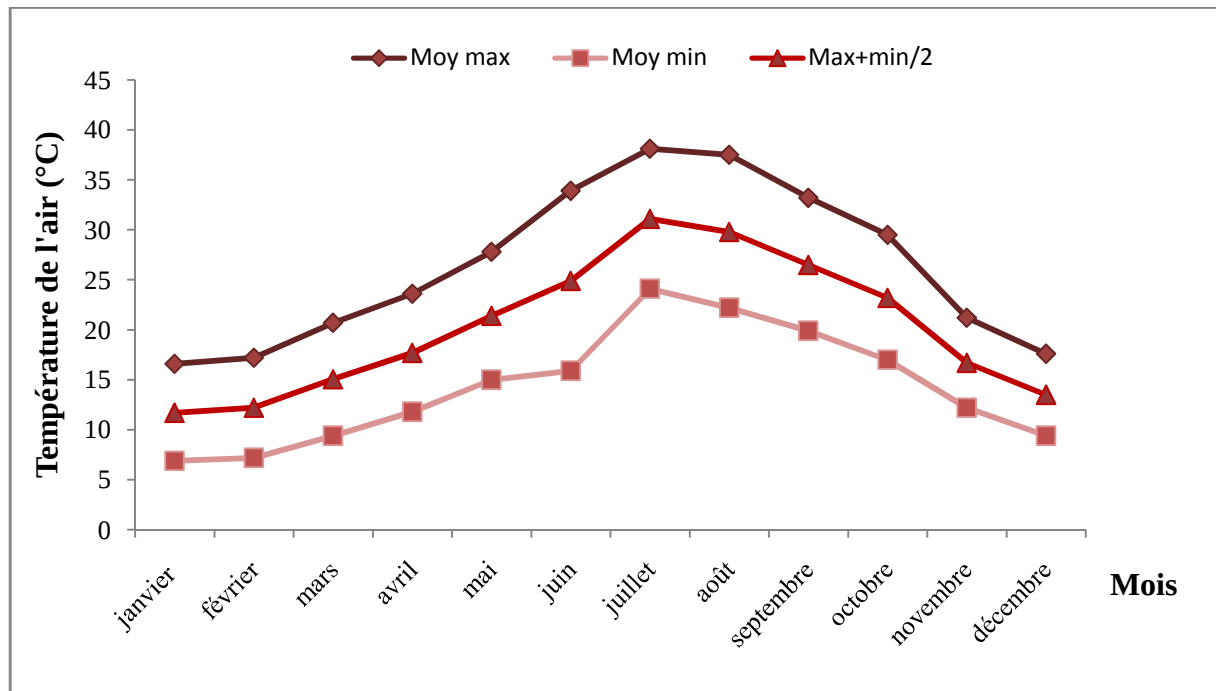


Figure 2 : Températures moyennes de l'air (en °C) (maximales, minimales, mensuelles) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2000-2016)

3-1-2- La température de l'eau

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

D'après RODIER (1996), la mesure de 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 de pH et la dissociation des sels.

Dans ce travail, devant l'impossibilité de réaliser des mesures journalières de la température, nous nous sommes contentés de réaliser des relevés ponctuels à l'aide d'un thermomètre à mercure dans les stations étudiées. Les valeurs ponctuelles enregistrées sont portées dans le tableau 1. Elles sont données ici à titre indicatif.

Tableau 1 : Températures ponctuelles de l'eau (en °C) enregistrées aux différentes stations étudiées.

Stations	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2
Al (m)	1200	1170	1130	430	220	190
T° moy (°C)	6	11	12	15	18	19

L'analyse des relevés de températures ponctuelles nous permet de scinder les stations en deux groupes pouvant avoir chacun vraisemblablement un régime thermique particulier.

- Le premier groupe renferme les stations SAD, SA1 et SA2 leurs températures se situent entre 6°C et 12 °C. Ce sont des stations des cours d'eau d'altitude alimentées par les sources et la fonte des neiges et/ou les stations des ruisseaux et des torrents ombragés.
- Le deuxième groupe renferme les stations de piémont et de basse altitude SA3, B1 et B2, avec des températures variant entre 15°C et 19°C. cela est dû au réchauffement des eaux sous l'influence de l'insolation et l'absence ou à la réduction du couvert végétal le long des cours d'eau.

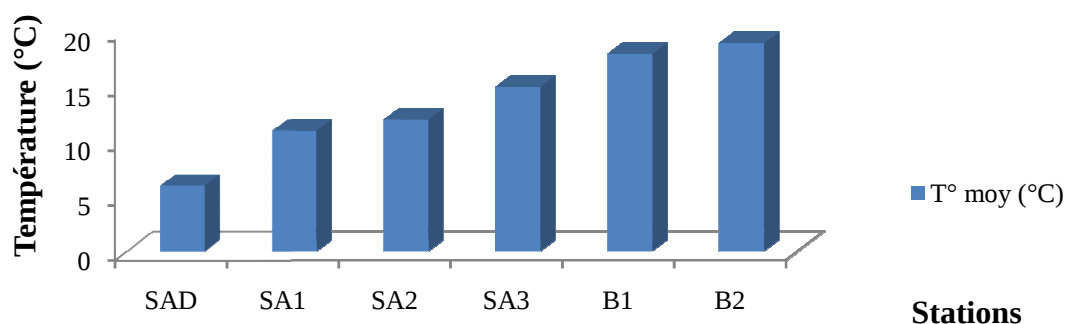


Figure 3 : Températures de l'eau enregistrées dans les stations d'études.

*description détaillé des stations des cours d'eau étudiées de la page 12 a18.

3-2- Les précipitations

Selon SELTZER (1946), QUEZEL (1957) et CHAUMONT & PAQUIN (1971), la répartition des pluies en Algérie est régie par quatre facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. Les pluies sont plus importantes dans les régions à grande altitude et dans le versant exposé aux vents humides, elles diminuent dès qu'on s'éloigne du littoral vers le sud.

Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 1100 mm dans la chaîne montagneuse de Djurdjura et de 700 à 800 mm dans la vallée à Tizi-Ouzou. Les pluies sont mal réparties dans l'année, les mois de Mai à septembre recevant 15 % seulement des volumes annuels moyens. (DERRIDJ, 1990)

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Azazga, Tizi-Ouzou et Boubhir) pour la période 1995-2014 sont portées en annexes 3. Elles nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Tizi-Ouzou.

La lecture de la figure 4 montre que les précipitations les plus importantes s'observent de Novembre à Avril avec deux pics, le premier en Décembre ; le second moins important en Avril.

Les précipitations les moins importantes s'observent en Juin, Juillet et Aout.

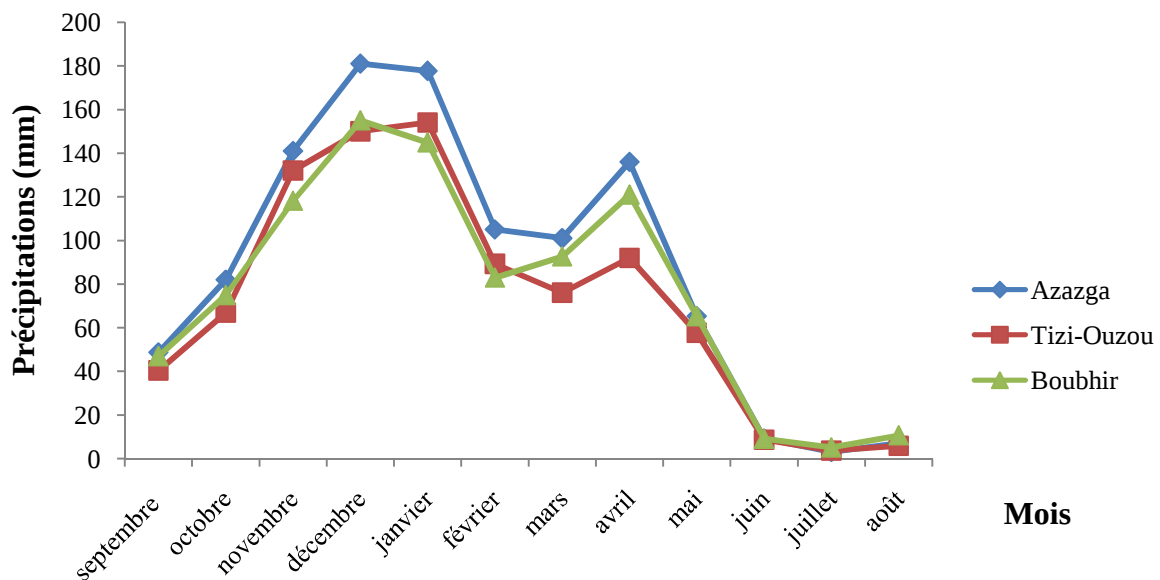


Figure 4 : Précipitations moyennes (en mm) de trois localités de la région d'étude (Azazga, Tizi-Ouzou et Boubhir : période 1995 - 2014)

3-3- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

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

Ce diagramme permet de distinguer les mois secs dans l'année (figure 5). Le diagramme est conçu de telle sorte que l'échelle de la pluviométrie (P) exprimée en (mm) est égale ou double de celle de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius (°C). $P = 2T$ (BAGHOULS & GAUSSEN, 1953).

Le diagramme ombrothermique (figure 5) montre clairement que :

- La période sèche dure 4 mois, elle s'étend de fin Mai jusqu'à la fin Septembre ;
- La période humide est de 8 mois, elle s'étale de Janvier jusqu'à la fin Mai et de fin septembre à le fin décembre.

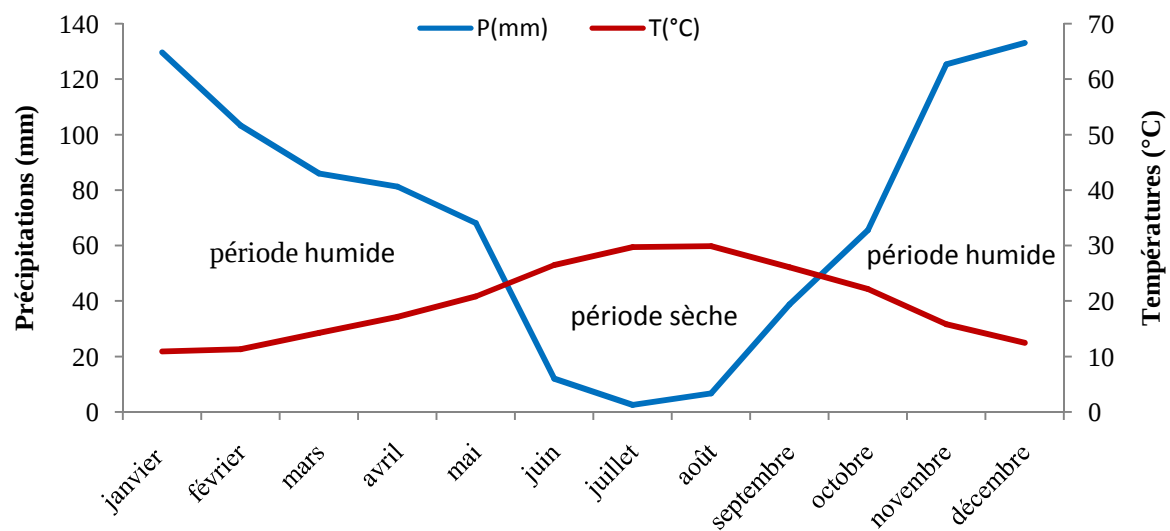


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou
(Période 2000-2015)

4- Le couvert végétal

La flore de notre région d'étude fait partie de la flore nord-africaine qui montre généralement une affinité étroite avec celle du domaine méditerranéen.

Le couvert végétal est un facteur écologique important qui influe sur les écoulements superficiels. Près des cours d'eau les végétaux constituent une importante ressource en matière organique consommable par certaines catégories d'animaux aquatiques. Ils empêchent le réchauffement excessif des eaux en été et jouent ainsi un rôle important dans la répartition de la faune benthique

La couverture végétale est dense et varie en fonction de la lithologie, de l'altitude et de l'exposition des versants.

Aux altitudes supérieures à 1100 m, la végétation est constituée essentiellement de pelouses écorchées à xérophytes épineuses et rampantes : ronce (*Rubus sp*) et genêt (*Genistasp*). Au-dessous de cette 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.

L'olivier (*Olea europea*) et les cultures maraichères dominent entre 600 à 800 m d'altitude. Les vergers (pommiers, figuiers, orangers...) sont les principaux représentants des formations végétales en plaine.

Quant à la végétation aquatique, elle est représentée par les mousses dans les parties supérieures des cours d'eau, les algues et les macrophytes dans les parties inférieures des cours d'eau.

5- Influence humaine

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action de l'homme.

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 cours d'eau l'impact anthropique varie d'une station à une autre. En amont, elle est d'origine domestique où les agglomérations sont de petites tailles. Les activités humaines ont conservé un caractère traditionnel où l'élevage et les cultures non irriguées sont pratiquement les seules activités agricoles. Leurs impacts potentiels sur les cours d'eau devraient être relativement faibles. Les seuls secteurs sensibles pourraient être près de villages où les eaux usées sont directement rejetées dans les cours d'eau.

En aval, les surfaces agricoles constituent des zones de dégradation de l'écosystème aquatique. En effet, l'utilisation irrationnelle d'engrais chimique et des pesticides ont des effets perturbateurs sur le milieu aquatique. Le développement des surfaces irriguées entraîne la multiplication des points de pompage d'eau. En période estivale, la baisse de débit, l'infiltration des eaux dans le sous-sol, l'évaporation et le pompage des eaux de surface entraînent la mise à sec de portions importantes des cours d'eau.

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 flore aquatique. D'autre part, elles constituent une menace sur le plan sanitaire et limitant la potabilité des eaux des nappes traditionnellement utilisées comme source d'eaux potables.

Une description des cours d'eau étudiés et les sites d'échantillonnages avec une présentation générale du contexte environnemental et méthodes d'études employées.

6- Description des cours d'eau et des stations étudiées

La couverture cartographique de la région d'étude au 1/50.000, permet de reconnaître dans le Sébaou un chevelu hydrographique dense et hiérarchisé. Il est très développé avec un drainage important.

Sur l'ensemble du réseau hydrographique, six (6) stations ont été retenues (figure 6) en tenant compte essentiellement des paramètres suivants :

- l'altitude ;
- la pente de la station ;
- la végétation bordante ;
- et l'influence anthropique lorsqu'il y'en a (amont et aval des agglomérations).

Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations

Les stations se répartissent comme suit :

- Assif Sahel 4 (SAD, SA1, SA2 et SA3 dont l'altitude est de 1200 m – 430 m).
- Oued Boubhir 2 (B1 et B2 dont l'altitude est de 220m – 190 m).

Les prélèvements des macroinvertébrés benthiques ont été réalisés, 18 mars 2017.

Les stations sont indiquées par des carrés sur la figure 6. Nous donnerons des codes qui rappelles par leur initiales, leur emplacement dans la région d'étude, suivi du numéro qui leur a été attribué et enfin l'altitude.

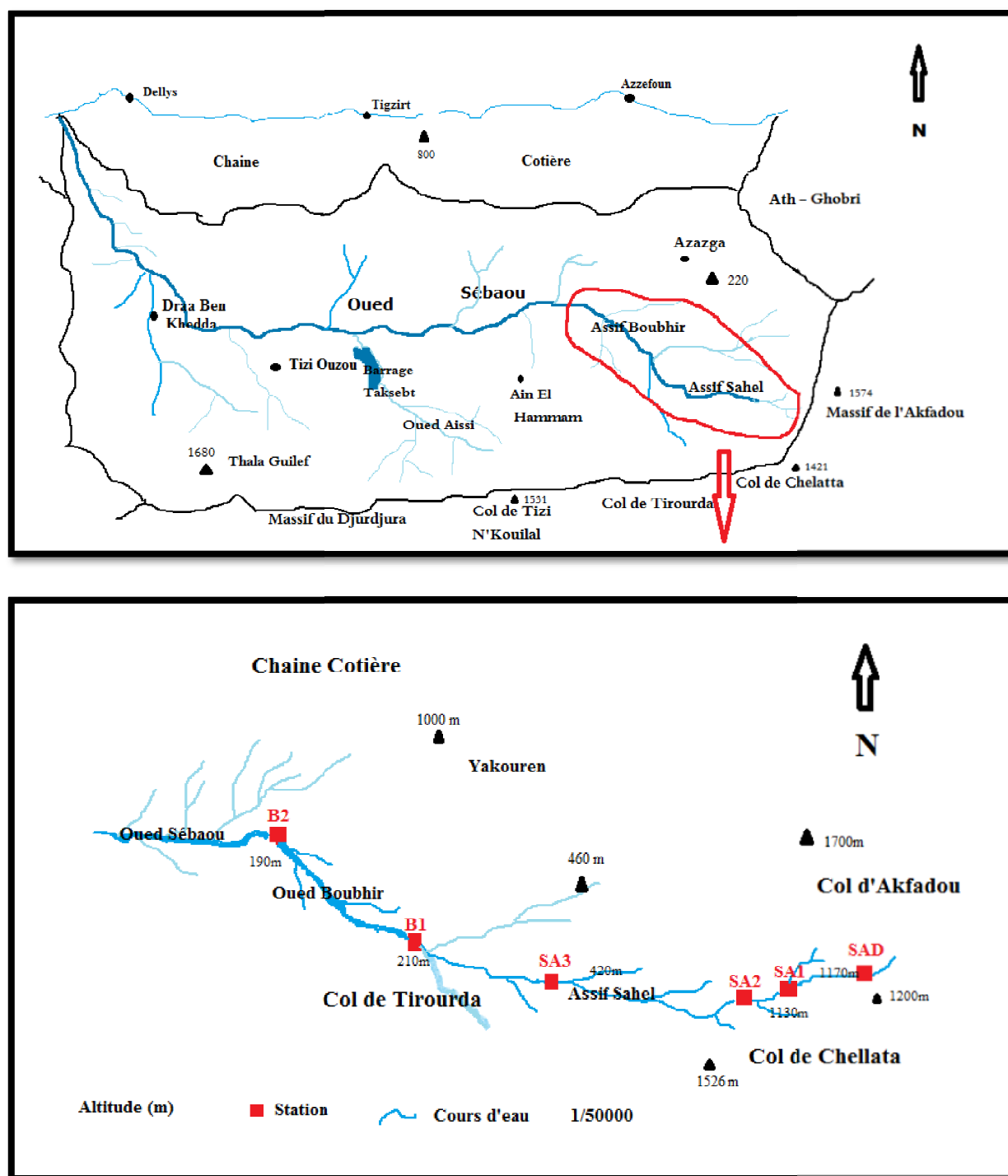


Figure 6 : Réseau hydrographique et situations des stations étudiées

6-1- Assif Sahel

C'est un cours d'eau de montagne qui prend naissance dans le col de Chellata. Il collecte les écoulements de petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluie et de fonte des neiges, son altitude varie entre 1200 m et 430 m. Sa partie supérieure est caractérisée par une pente importante de l'ordre de 35 % qui lui confère un régime hydrologique torrentiel. Alors que sa partie inférieure se caractérise par une pente moins importante ce qui explique l'écoulement laminaire de ces eaux.

Quatre stations sont retenues sur ce cours d'eau : SAD, SA1, SA2 et SA3

Station SAD (photo 1)

Elle est située à 300 m en aval de Ath Zikki

- Altitude : 1200 m
- Pente : 35 %
- Largeur du lit mouillé : 80 cm
- Profondeur moyenne de l'eau : 15 cm
- Vitesse du courant : rapide
- Substrat : blocs, gros galet
- Végétation aquatique : mousses et macrophytes
- Végétation bordante : strate herbacée
- Température de l'eau : 6 °C



Photo 1 : Station SAD

Station SA1 (photo 2)

Elle est située à 1 Km en aval de SAD

- Altitude : 1170 m
- Pente : 35 %
- Largeur du lit mouillé : 2 m
- Profondeur de l'eau : 20 cm
- Vitesse du courant : rapide
- Substrats : blocs, rochers, gros galet et gravier
- Recouvrement : 70 %
- Température de l'eau : 11 °C
- Végétation aquatique : mousses et macrophytes
- Végétation bordante : strates herbacée et arborescente
- Action anthropique : pompage de l'eau, pâturage modeste.

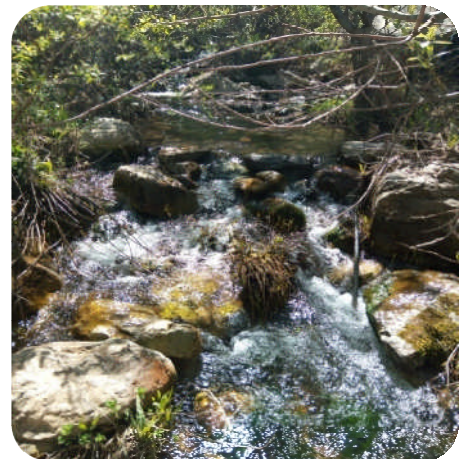


Photo 2 : Station SA1

Station SA2 (photo 3)

Elle est située à 1,8 Km en aval de SAD

- Altitude : 1130 m
- Pente : 25 %
- Largeur du lit mouillé : 2,5 m
- Profondeur de l'eau : 25 cm
- Vitesse du courant : rapide à très rapide
- Substrats : galet, gros galet, gravier, sable et vase
- Végétation aquatique : mousses et macrophytes
- Végétation bordante : strates herbacée, arborescente et arbustive
- Recouvrement : 70 %
- Température de l'eau : 12 °C
- Action anthropique : pompage de l'eau pour l'irrigation

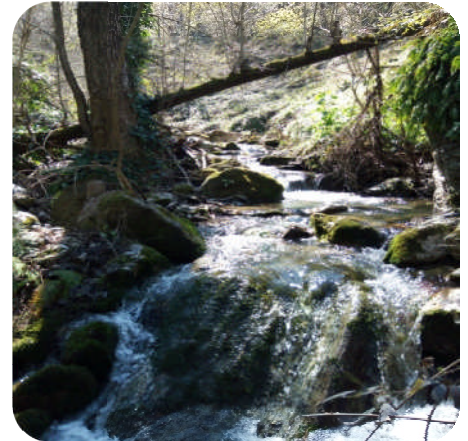


Photo 3 : Station SA2

Station SA3 (photo 4)

Elle est située à 6 Km en aval de SAD

- Altitude : 430 m
- Pente : 15 %
- Largeur du lit mouillé : 8 m
- Profondeur de l'eau : 35 cm
- Vitesse du courant : rapide
- Substrat : blocs, gros galet, galet plus matière organique très importante
- Végétation aquatique : mousses et quelques macrophytes
- Végétation bordante : strates herbacée et arborescente
- Température de l'eau : 15 °C
- Action anthropique : rejet des ordures ménagères sur les rives, réseau d'assainissement et pompage de l'eau pour l'irrigation



Photo 4 : Station SA3

6-2- Oued Boubhir

L'Oued Boubhir constitue le prolongement de l'oued Halil (principal affluent de l'Oued Boubhir) Il prend naissance à 25 Km au Sud-Ouest d'Azazga, et coule du Sud au Nord entre 350m et 150 m d'altitude, sa pente moyenne est de l'ordre de 1 % et la largeur de son lit majeur peut atteindre par endroits plus de 50 m. l'importance de son débit est due des écoulements en provenance du col de Tirourda (assif N'Ath Atsou, assif Illilthen et assif Tirourda), du col de Chellata (assif El-Khemis et assif Sahel) et de l'Akfadou (assif Ousserdoun) qui s'ajoutent à l'apport de nombreux petits écoulements drainant les massifs de Larbaa-Nath-Irathen et d'Ain El Hammam.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau B1 et B2.

Station B1 (photo 5)

- Altitude : 220 m
- Pente : 1 %
- Largeur du lit mouillé : 10 m
- Profondeur de l'eau : 35 cm
- Vitesse du courant : moyenne à rapide
- Substrats : galets, gravier, sable et limons
- Végétation aquatique : mousses et macrophytes
- Végétation bordante : strates herbacée et arborescente
- Température de l'eau : 18 °C
- Action anthropique : rejet d'ordures ménagères sur les rives



Photo 5 : Station B1

Station B2 (photo 6)

- Altitude : 190 m
- Pente : 0,8 %
- Largeur du lit mouillé : 15 cm
- Profondeur de l'eau : 45 cm
- Vitesse du courant : moyenne
- Substrat : gravier, sable, limons
- Végétation aquatique : mousses et macrophytes
- Végétation bordante : strates herbacée et arborescente
- Température de l'eau : 19 °C
- Action anthropique : rejet d'ordures ménagères sur les rives.



Photo 6 : Station B2

6-3- Caractéristiques physiques des stations

6-3-1 La pente

La pente est un paramètre écologique important qui dépend de l'altitude, elle joue un rôle important sur la vitesse du courant, la taille des éléments du substrat ainsi que dans la distribution de la faune benthique.

Le tableau 2 illustre les altitudes et les pentes aux stations des cours d'eau étudiés

Tableau 2 : Altitudes et pentes des stations étudiées.

Stations	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2
Altitude (m)	1200	1170	1130	430	220	190
Pente (%)	35	35	25	15	1	0.8

- Les secteurs les plus pentus correspondent aux stations d'altitude (1200m – 1130m). Les pentes varient de 35 % à 25 % : secteurs des stations SAD, SA1 et SA2.
- On assiste à une rupture de pente (moyenne altitude : 430 m) : secteur SA3, la pente ne dépasse pas 15 %.
- En basse altitude (190m – 220m), y'a un élargissement des cours d'eau cas des stations B1 et B2 dont la pente est de 0,8 % et 1 %.

6-3-2- Le débit

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 (LAVANDIER, 1979).

Il dépend des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, des apports des affluents ainsi que de la taille des éléments du substrat et de la profondeur de la lame d'eau.

Le régime hydrologique des cours d'eau étudiés est caractérisé par de grandes fluctuations du débit. Les crues sont violentes, les étiages prononcés.

6-3-3- La vitesse du courant

La vitesse du courant varie d'une station à l'autre. En effet, elle est ralentie de l'amont à l'aval du fait de la pente qui est plus élevée en amont et plus faible en aval d'où l'élargissement du lit.

Dans ce travail, les mesures de vitesse sont effectuées en surface du cours axial à l'aide d'un flotteur lâché en dérive sur une distance connue. Le temps mis par le flotteur à parcourir cette distance permet de calculer la vitesse.

Les vitesses relevées dans les six stations sont consignées dans le tableau 3. Elles sont classées selon l'échelle de BERG:

- Vitesse très lente: inférieur à 10 cm/s;
- Vitesse lente: 10 à 25 cm/s;
- Vitesse moyenne: 25 à 50 cm/s;
- Vitesse rapide: 50 à 100 cm/s;
- Vitesse très rapide: Supérieur à 100 cm/s.

Tableau 3 : Largeurs du lit et vitesse du courant mesurées aux stations d'étude.

Stations	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2
Largeur du lit (m)	0,8	2	2,5	8	10	15
Vitesse du courant (cm/s)	100	120	130	100	50	50

6-3-4- Le substrat

Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie.

Les cours d'eau présentent une grande variété d'habitats : rochers, dalles, galets, sable, limons, dépôts de débris végétaux. Les mousses et végétaux sont des supports très favorables, car ils servent également de nourriture et d'abri pour la faune. La diversité de la communauté benthique reflète la diversité des substrats.

Dans les cours d'eau étudiés, on distingue deux grands types de substrat : le substrat minéral et le substrat végétal. L'importance relative de chaque catégorie est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimée par observation directe à l'échelle de la station (tableau 4).

Tableau 4 : Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2
Galets-Graviers (%)	85	80	80	70	40	25
Sable-Limons (%)	15	20	20	20	40	50
Matière Organique (%)	0	0	0	10	20	25
Végétation aquatique (%)	0	0	0	25	25	25

La distribution des stations en fonction de la nature du substrat montre une hétérogénéité du substratum. Au niveau des sources et des stations d'altitude, le substrat est à dominance gros galets et de graviers. En revanche, dans les stations de basse altitude, il est plutôt à dominance de sable et de limon avec abondance de végétation aquatique.

Partie II

1- Matériels et méthodes d'échantillonnage

Les prélèvements des macroinvertébrés benthiques ont été effectués à l'aide du filet Surber. Celui-ci est formé d'un cerceau métallique de 30 cm de diamètre, prolongé d'une poche de nylon de 1 m de long où les mailles sont de 0,3 mm permettant l'écoulement de l'eau tout en retenant les petites larves. Les prélèvements benthiques sont réalisés dans des zones peu profondes inférieures à 40 cm et la surface de prélèvement est de l'ordre de 0.05 m² pour chaque micro habitat.

1-1 Echantillonnage benthique

La structure des communautés de macroinvertébrés benthiques est souvent utilisée comme indicateur des effets de l'activité humaine sur les écosystèmes des cours d'eau et pour fournir des informations sur la qualité de l'eau et de l'habitat.

Le but de l'échantillonnage est donc de rassembler la diversité la plus représentative de macroinvertébrés pour chaque station étudiée

Les techniques de prélèvements de la faune benthique sont très diversifiées. Dans notre échantillonnage on a utilisé le filet Surber.

A fin d'obtenir une vision globale de la faune benthique présente sur une station, on effectue 8 prélèvements par station, en recherchant la représentativité maximum par l'échantillonnage de tous les types de micro habitats présents (principe des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité de l'eau IBGN)

Une fois la surface à échantillonner choisie, le filet est déposé à contre-courant. Le substrat est alors raclé et les pierres soigneusement retournées de manière à récolter les larves, nymphes et les adultes dans le filet.

1-2 Conservation des échantillons

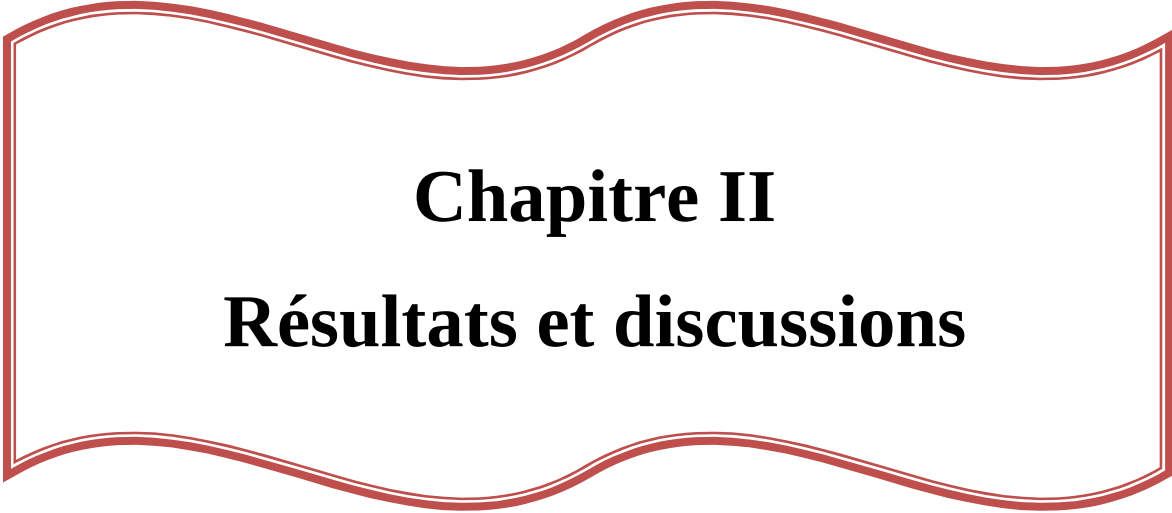
Le contenu du filet est versé dans un sachet en plastique à l'intérieur duquel, on ajoute du formol à 8 %. Les sachets sont munis d'une étiquette portant la date de prélèvement et l'identifiant de la station.

1-3 Tri et détermination

Au laboratoire le contenu de chaque sachet est versé dans une cuve à fond claire et remplie d'eau. Pour faciliter le tri de chaque échantillon, les récoltes sont lavées dans des tamis superposés de mailles de taille décroissante afin d'éliminer au maximum les éléments grossiers (graviers, feuilles...) et sable contenus dans les prélèvements. Le contenu de chaque tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béciers de 250 ml.

Un pré-tri et une identification de la faune sont faits sous loupe binoculaire. Les organismes sont manipulés à l'aide d'une pince fine dans des boîtes de pétri quadrillées.

L'unité taxonomique retenue dans ce travail est le genre à l'exception des Diptères et des Oligochètes en raison des difficultés de détermination qu'ils présentaient pour nous. Pour ce faire, nous nous sommes référés aux clés de détermination suivantes TACHET & *al* (1980, 2000) ; RICHOUX (1982) ; RIVOSECCHI (1984).



Chapitre II

Résultats et discussions

1 - Analyse globale de la faune benthique

Le benthos est désigné par l'ensemble des invertébrés vivants du fond à la surface des cours d'eau. Ils se répartissent d'une façon aléatoire, en fonction de la température, la qualité de l'eau, la nature et la structure du substrat (ALIZIER et al, 2010).

La présente étude faunistique a permis de recenser dans le benthos un total de 27700 individus répartis en 10 groupes zoologiques, 40 familles et 50 genres (Tableau 5). Alors que ceux de Kaci & Koulougli (2013) qui ont recensé dans le benthos seulement 14130 individus. En effet, les deux auteurs ont travaillé sur le même réseau hydrographique (mars 2013). Un total de 14130 individus appartenant 52 familles et 62 genres a été recensé.

Tableau 5: Nombre de familles et de genres par groupe zoologique dans l'Assif Sahel et oued Boubhir (2017)

Groupe zoologique	Familles	Genres
Oligochètes	3	3
Mollusques	2	2
Ephéméroptères	4	7
Plécoptères	5	7
Odonates	1	1
Hétéroptères	1	1
Coléoptères	7	12
Trichoptères	4	4
Diptères	12	12
Planipennes	1	1
Total	40	50

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères, il compte 12 familles, viennent ensuite les Coléoptères (7 familles), les Plécoptères (5 familles), les Ephéméroptères (4 familles), les Oligochètes (3 familles), les Mollusques (2 familles), les Odonates, les Hétéroptères et les Planipennes (1 famille).

Tableau 6: Répartition de la faune benthique dans l'assif Sahel et Oued Boubhir (2017).

Taxons/stations	Code	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2	Oc	Ab	Ab r1	Ab r2
OLIGOCHETES											
Naididae	<i>Nai</i>	53	110	103	230	5480	2664	6	8640	31.19	99.42
Tubificidae	<i>Tub</i>	0	0	16	4	0	16	3	36	0.129	0.414
Lumbricidae	<i>Lum</i>	0	6	5	3	0	0	3	14	0.050	0.161
Total		53	116	124	237	5480	2680			31.37	
MOLLUSQUES											
Ancylidae / Ancylus	<i>Anc</i>	0	0	0	0	2	0	1	2	0.007	50
Hydrobiidae / Lythoglyphus	<i>Lit</i>	0	0	0	0	2	0	1	2	0.007	50
Total		0	0	0	0	4	0		4	0.014	
EPHEMEROPTERES											
Baetidae											
<i>Acentrella</i>	<i>Ace</i>	0	15	107	33	146	16	5	317	1.144	3.912
<i>Baetis</i>	<i>Bae</i>	12	406	295	102	2004	4306	6	7125	25.72	87.94
<i>Centroptilum</i>	<i>Cen</i>	32	6	3	12	129	148	6	330	1.191	4.07
Caenidae / Caenis	<i>Cae</i>	0	0	20	20	65	112	4	217	0.783	2.678
Heptageniidae											
<i>Ecdyonurus</i>	<i>Ecd</i>	0	3	0	8	0	0	2	11	0.0397	0.135
<i>Rhithrogena</i>	<i>Rhi</i>	0	5	4	16	3	0	4	28	0.101	0.345
Leptophlebiidae / Habrophlebia	<i>hab</i>	0	26	0	0	0	48	2	74	0.267	0.913
Total		44	461	429	191	2347	4630		8102	29.24	
PLECOPTERES											
Perlidae / Perla	<i>Per</i>	6	10	11	0	0	0	3	27	0.097	8.766
Taeniopterygidae / Brachyptera	<i>Bra</i>	3	5	0	0	0	0	2	8	0.028	2.597
Nemouridae											
<i>Amphinemura</i>	<i>Amp</i>	3	4	14	0	0	0	3	21	0.075	6.818
<i>Protonemura</i>	<i>Pro</i>	35	29	160	0	0	0	3	224	0.808	72.72
Capniidae											
<i>Capnioneura</i>	<i>Capni o</i>	3	3	0	0	0	0	2	6	0.021	1.948
<i>Leuctra</i>	<i>Leu</i>	0	0	3	0	0	0	1	3	0.010	0.974
Perlodidae / Perlodes	<i>Per</i>	3	10	6	0	0	0	3	19	0.068	6.168
Total		53	61	194	0	0	0		308	1.11	
ODONATES											
Gomphidae / Gomphus	<i>Gon</i>	0	0	0	0	2	4	2	6	0.021	100
Total		0	0	0	0	2	4		6	0.021	
HETEROPTERES											
Gerridae / Gerris	<i>Ger</i>	0	3	0	0	0	0	1	3	0.010	100
Total		0	3	0	0	0	0		3	0.01	
COLEOPTERES											
Dryopidae / Dryops	<i>Dry</i>	0	0	3	0	0	0	1	3	0.010	2.11
Helodidae / Hydrocyphon	<i>Hyd</i>	0	0	4	0	0	0	1	4	0.014	2.816
Dytiscidae / Dytiscus	<i>Dyt</i>	3	0	3	0	0	0	2	6	0.021	4.22

Taxons/stations	Code	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2	Oc	Ab	Ab r1	Ab r2
Elmidae											
<i>Elmis</i>	Elm	9	5	5	8	0	0	4	24	0.086	16.90
<i>Limnius</i>	Lim	2	2	5	0	0	0	3	9	0.032	6.338
<i>Oulimnius</i>	Oul	0	0	0	0	3	0	1	3	0.010	2.11
<i>Isolus</i>	Iso	0	3	0	0	0	0	1	3	0.010	2.11
Hydraenidae											
<i>Hydraena</i>	Hyda	2	0	3	0	0	0	2	5	0.018	3.52
<i>Ochtebius</i>	Och	3	0	0	0	0	0	1	3	0.010	2.11
Gyrinidae											
<i>Alonogyrus</i>	Alon	0	0	0	0	20	32	2	52	0.187	36.61
<i>Gyrinus</i>	Ger	3	0	0	0	0	24	2	27	0.097	19.01
Hygrobiidae/Hygrobia	Hyg	0	0	0	0	3	0	1	3	0.010	2.11
Total		22	10	20	8	26	56		142	0.50	
TRICHOPTERES											
Hydropsychidae/Hydropsyche	Hyd	79	26	93	4	12	118	6	332	1.195	92.78
Hydroptilidae/ Hydroptila	Hydo	2	0	0	0	0	0	1	2	0.007	0.56
Rhyacophilidae/Rhyacophila	Rhya	3	3	4	0	0	0	3	10	0.036	2.82
Limnephilidae / Allogamus	All	10	0	0	0	0	0	1	10	0.036	2.82
Total		94	29	97	4	12	118		354	1.27	
DIPTERES											
Blephariceridae	Ble	0	14	33	0	0	0	2	47	0.169	0.466
Ceratopogonidae	Cer	0	15	26	0	0	0	2	41	0.148	0.406
Chironomidae	Chi	86	9	5	14	2540	3796	6	6450	23.23	63.98
Empididae	Emp	0	3	.0	0	0	24	2	27	0.097	0.267
Limoniidae	Lim	0	0	0	0	0	8	1	8	0.028	0.079
Psychodidae	Psyc	0	0	0	0	0	24	1	24	0.086	0.238
Simuliidae	Sim	225	28	28	25	98	2984	6	3388	12.20	33.60
Stratiomyidae	Str	0	3	3	0	0	0	2	6	0.021	0.059
Tipulidae	Tip	0	6	0	0	0	0	1	6	0.021	0.059
Dixidae	Dix	0	0	0	0	8	36	2	44	0.158	0.436
Tabanidae	Tab	0	0	0	0	10	16	2	26	0.093	0.257
Ephyridae	Ephy	0	0	0	0	6	8	2	14	0.050	0.138
Total		311	78	95	39	2662	6896		10081	36.30	
PLANIPENNES											
Neurorthidae / Neurorthus	Neu	0	5	5	0	0	0	2	10	0.036	100
Totaux		577	763	964	479	10533	14384		27700		
Oc		21	28	27	13	18	19				

Oc : Occurrence

Ab : Abondance des taxons

Ab r1 : Abondance relative par rapport à la faune totale %

Ab r2 : Abondance relative par rapport au groupe zoologique considéré %

Sur le plan quantitatif les Diptères, avec 10081 individus récoltés, sont largement dominants. Ils représentent 36,30 % de la faune benthique totale.

Les Oligochètes avec 8690 individus, soit 31,37 % de la faune totale, occupent la deuxième place par ordre d'abondance numérique.

Les Ephéméroptères, les Trichoptères, les Plécoptères occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils constituent respectivement 29,24 % (8102 individus), 1,27 % (354 individus), 1,11 % (308 individus) du benthos.

Les Coléoptères, les Hétéroptères, les Mollusques, les Planipennes et les Odonates sont faiblement représentés.

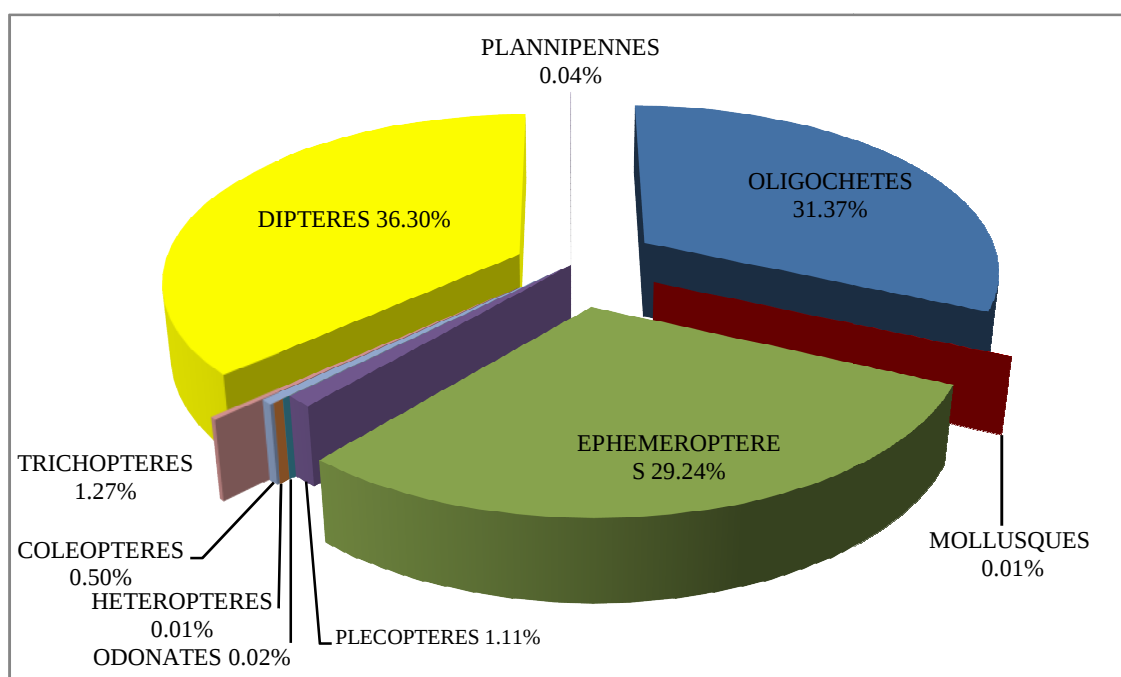


Figure 7 : Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'étude.

La richesse taxonomique varie d'une station à une autre, il fluctue entre un minimum de 13 taxons (station SA3) et un maximum de 28 taxons (station SA1) (figure 8).

Le peuplement le plus diversifié s'observe dans les stations amont (secteur des stations SAD, SA1, SA2). Elles comptent entre 21 taxa et 28 taxa. Ces stations constituent des zones assez hétérogènes avec un substrat à dominance de galets et de graviers, milieux favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée. En effet les formes recensées dans ces stations, sont pour la plupart polluosensibles. Elles semblent affectionner les torrents de montagnes et présentent une tendance sténotherme et rhithrophile.

En basse altitude, le nombre de taxa récolté est assez réduit : 13 à 19 taxons. Ceci est à mettre en relation à la nature du substrat qui est à dominance de sable et de matière organique. En effet ces stations sont soumises aux perturbations anthropiques (rejet domestiques sur les rives).

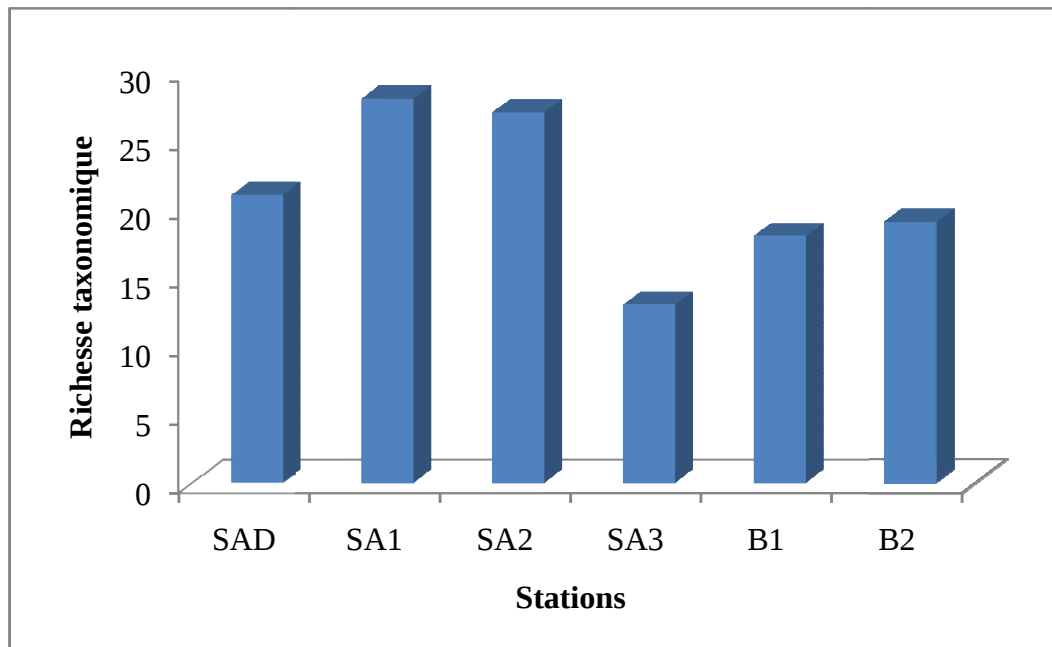


Figure 8: Richesse taxonomique aux stations étudiées.

L'abondance de chaque taxon par 1 m² fluctue suivant les stations, variant de 479 individus (SA3) à 14384 (B2) individus (figure9).

Les stations amont (stations SAD, SA1 et SA2), semblent avoir une structure assez équilibrée avec des abondances variant entre 479 individus 964individus. Ce sont des stations d'haute altitude où la pollution est absente et les espèces qu'on y trouve sont polluo-sensible telles que les Plécoptères.

Les sites affectés par une légère pollution organique ont une abondance importante, du fait de la prolifération des Ephéméroptère Baetidae (*Beatis*), des Oligochètes (Naididae) et des Diptères Simuliidae et Chironomidae. C'est le cas des stationsB1 et B2avec des abondances respectives de 10533 et de 14384 individus.

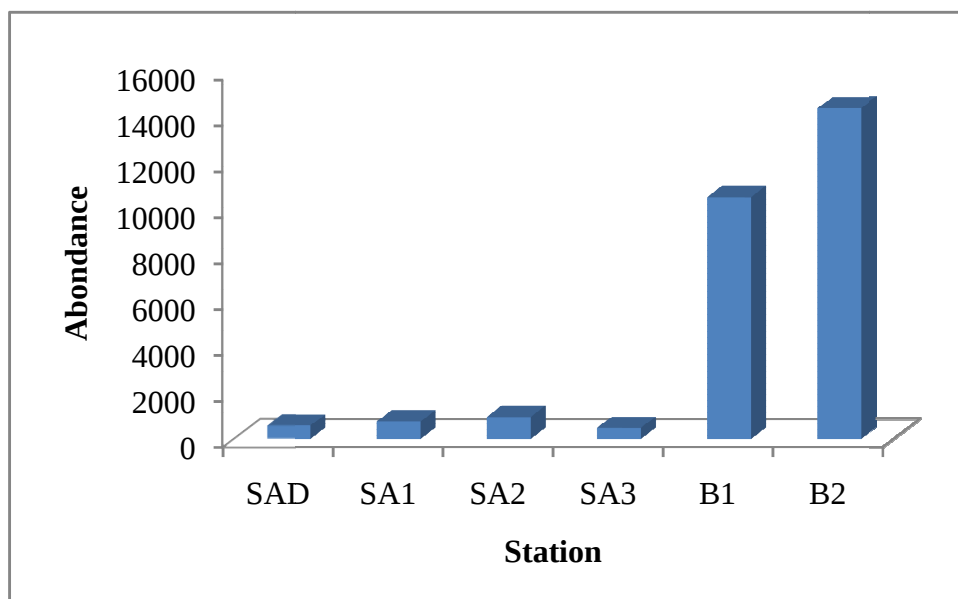


Figure 9 : Abondance de la faune benthique dans les stations étudiées.

2 - Abondance et occurrence des espèces

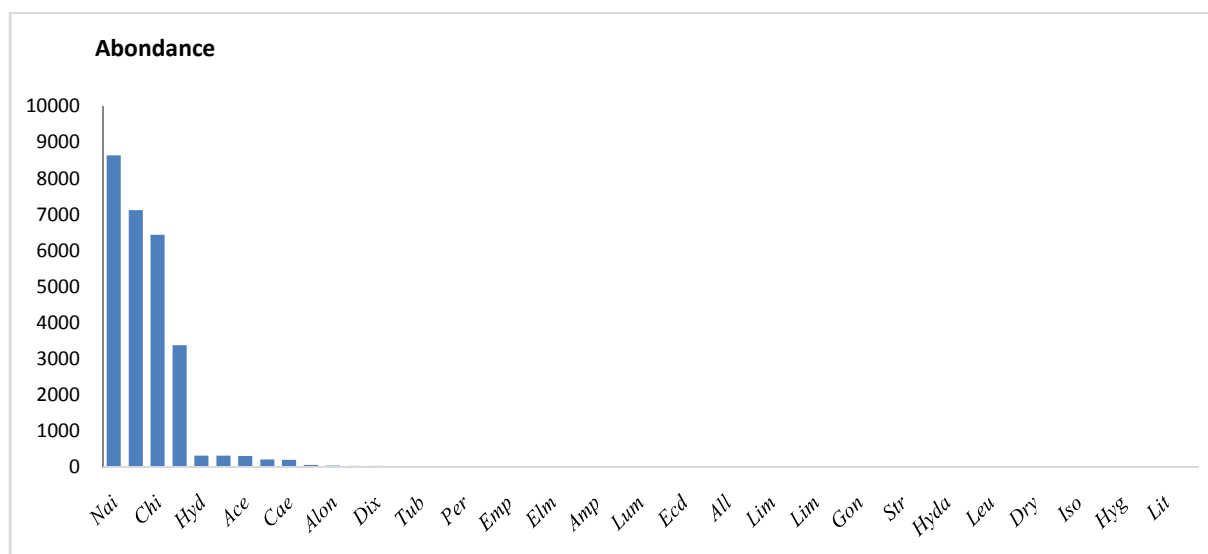


Figure 10 : Abondance des taxons

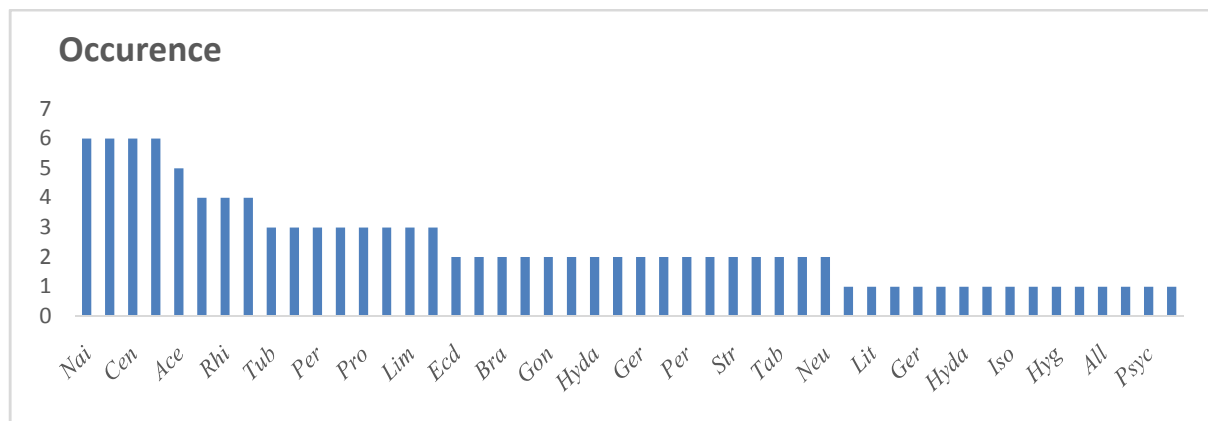


Figure 11 : Occurrence des taxons

Les figures 10 et 11 visualisent graphiquement l'abondance et l'occurrence des taxons récoltés dans les 6 stations. Ils peuvent être classés en 3 grands groupes.

Taxons dominants : éléments très abondants, très fréquents et à large valence écologique : Naididae, Chironomidae et Simuliidae. Ils sont très occurrents, eurythermes et eurytopes et colonisent tous les types d'habitats.

D'autres taxons tels que *Acentrella*, *Caenis*, *Rhithrogena*, *Protonemura* et *Hydropsyche*, pourraient être également considérés à large valence écologique. Ils sont également très fréquents mais peu abondants.

Taxons assez fréquents et assez abondants : ce sont en général des populations plus ou moins denses qui peuvent être scindées en deux catégories : la première est composée de taxons plus ou moins alticoles (*Oulimnius*, *Limnius*, *Allogamus*, *Leuctra*...). La seconde catégorie comprend des taxons plus ou moins eurythermes (*Gomphus*, *Dytiscus*...) colonisant les milieux de piémont et/ou de plaine.

Taxons rares, 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. Nous pouvons citer *Perla*, *Brachyptera*, *Isolus*...

3 – Analyses quantitative et qualitative de la faune benthique

3 -1- Les Diptères

Les Diptères sont un groupe d'invertébrés hétérogène. La taille des larves et les critères de systématique rendent très ardues les identifications spécifiques.

Les éléments de ce groupe d'insectes se caractérisent par leur grande diversité tant sur le planécologique que biologique. 10081 individus appartenant à 12 familles ont été récoltés dans les stations étudiées. Ils représentent 36.49 % de la faune totale. Ils sont abondants dans la plupart des stations.

Les Diptères occupent la 1 ère place parmi les invertébrés recensés. Les deux familles les mieux représentées sont les Chironomidae (6450individus) et les Simuliidae (3388individus),elles constituent ensemble 97.58 % des Diptères (figure 12).

Leur répartition est très hétérogène. En effet, selon AIT MOULOUD (1988), la famille des Chironomidae se caractérise par sa grande diversité écologique. Les éléments appartenant à cette famille colonisent des milieux divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluées et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matière organique.

La famille des Simuliidae occupent la seconde place sur le plan numérique, ce sont des organismes rhéophiles, elle constitue 33.60% des Diptères et 12, 20 % de la faune totale. Leur développement semble important dans les zones amont des cours d'eau. Ceci pourrait s'expliquer par le développement des formes torrenticoles adaptées aux courants les plus forts et par la préférence de ses organismes pour les substrats à granulométrie grossière plus au moins riche en végétation aquatique.Nous avons noté leur présence dans toutes les stations prospectées.

Les autres familles de Diptères sont peu abondantes, elles ne représentent que 2.37 % des Diptères : (les Blephariceridae, les Dixidae, les Ceratopogonidae, les Empididae les Tabanidae, les Psychodidae, les Ephydriidae, les Limonidae, lesTipulidae les Stratiomyidae). La plupart sont notés qu'occasionnellement et dans quelques stations seulement.

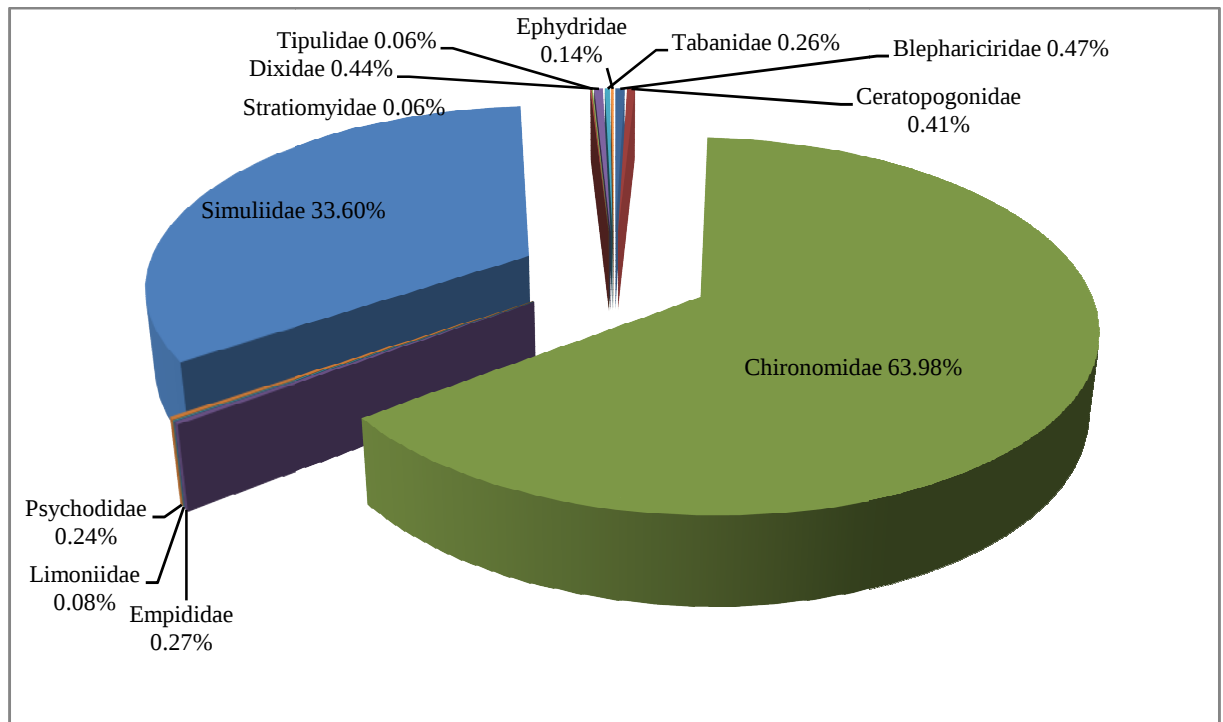


Figure 12 :Répartition des Diptères étudiés

La distribution longitudinale de ce groupe d'insectes le long des cours d'eau étudiés (figure 13) montre leur importance dans les zones aval. Le plus grand effectif est observé aux stations B1 et B2 avec respectivement 2662 et 6896. En effet, ces stations sont caractérisées par un courant rapide à moyen, affectées par une pollution organique (rejets ménagés sur les rives) d'où la prolifération des Diptères.

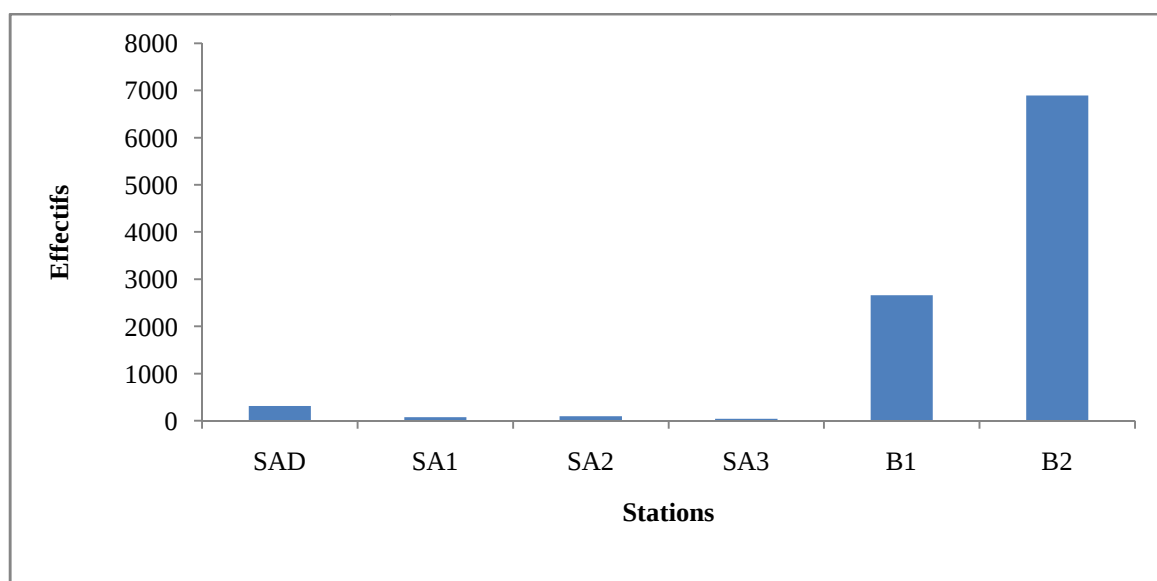


Figure 13 : Effectifdes Diptères dans les stations étudiées

3 - 2- Les Oligochètes

Les Oligochètes fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux d'altitude jusqu'au cours d'eau de plaine. Dans les cours d'eau étudiés, nous avons dénombré 8690 individus, ils occupent la 2^{ème} place (Soit 31.37 % de la faune totale). Ils sont répartis en trois familles : les Naididae, les Lumbricidae et les Tubificidae (figure 14).

Dans ce groupe d'invertébrés, les Naididae sont largement dominants. Ils constituent 99.42% (8640 individus) des Oligochètes et 31.19 % de la faune totale.

Les Tubificidae et Lumbricidae ne forment respectivement que 0.41 % (36 individus) et 0.16 % (14 individus) du peuplement.

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

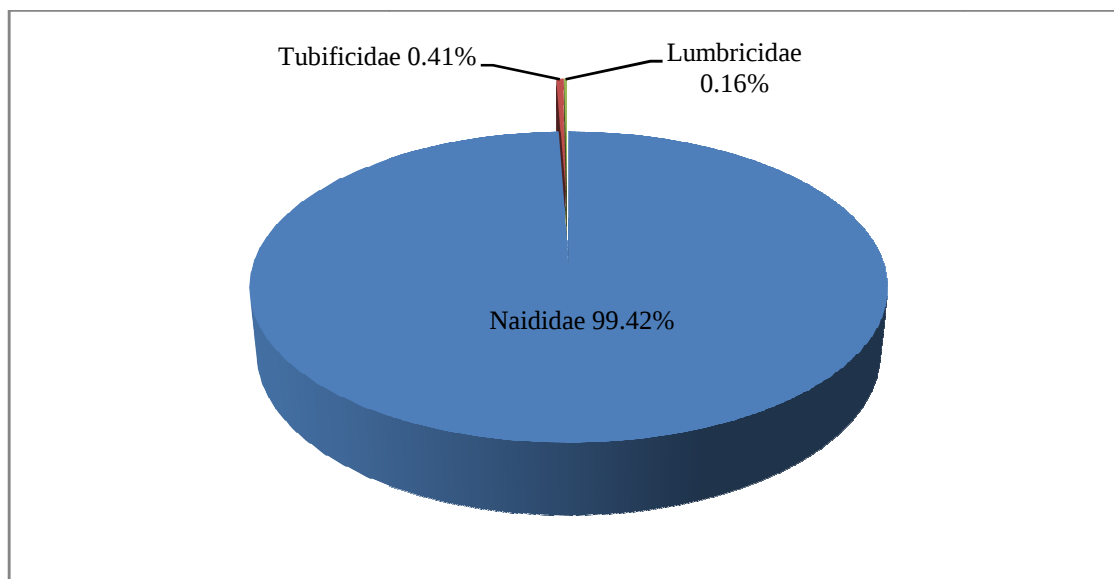


Figure 14 :Effectif des familles d'Oligochètes étudiés

La figure 15 montre que les Oligochètes présentent un développement très important au niveau des stations de basse altitude. Ce développement est vraisemblablement lié aux températures élevées et à la présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures (en particulier la station B1 où les Naididae totalisent à eux seuls 52 % du total des Diptères).

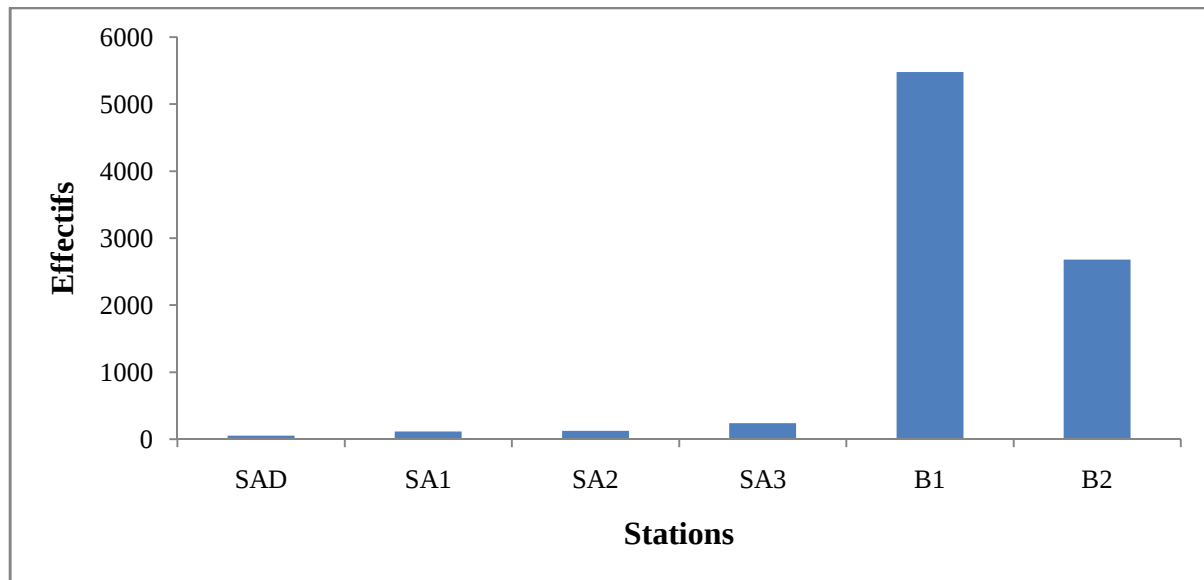


Figure 15 : Distribution des familles d'Oligochètes dans les stations étudiées

3 – 3 - Les Ephéméroptères

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

Les Ephéméroptères occupent la 3ème place parmi la faune benthique récoltée. Les prospections réalisées ont permis de recenser 8102 individus d'Ephéméroptères répartis en quatre familles : Baetidae, Caenidae, Heptagéniiidae et Leptophlebiidae. Ils représentent 29.24% de la faune totale.

La famille la plus abondante est celle des Baetidae. Elle compte 7772 individus, soit 95.92 % du total des captures. Les Caenidae, avec 217 individus occupent la seconde place des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique. Ils constituent 2.67 % de ce

peuplement. Les autres familles : Leptophlebiidae et Héptagéniiidae, ont dans nos récoltes, une faible abondance numérique. Elles comptent respectivement 74 individus (0.91 %) et 39 individus (0.47 %).

Les Baetidae sont abondants et fréquents dans les cours d'eau prospectés, ils sont relativement assez diversifiée, ils comportent 3 genres : *Acentrella*, *Baetis* et *Centroptilum* (figure 16).

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

Les Heptagéniiidae sont également représentés par 2 genres: *Ecdyonurus* et *Rhithrogena*. Ils sont rhéophiles et polluo-sensible (LOUNACI, 2005). Ils semblent être inféodés principalement aux zones amont des cours d'eau.

La famille des Caenidae est représentée par un seul genre : *Caenis*. Ces éléments sont des formes rampantes et fouisseuses, recherchant les fonds à granulométrie fine. Ils sont thermophiles et à spectre écologique assez large (LOUNACI, 2005).

La famille des Leptophlebiidae est représentée par un seul genre : *Habrophlebia*. Il est peu abondant et peu occurrent. Il est rhéophile et représente, selon LOUNACI (2005), l'exemple typique de remontée des espèces vers les zones d'altitudes fuyant les milieux perturbés.

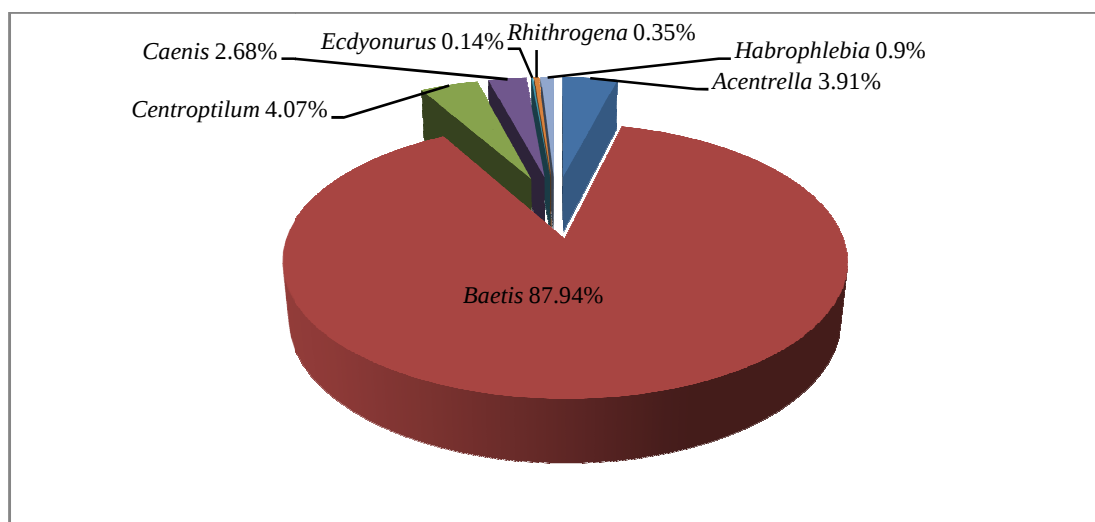


Figure 16 : Répartition des genres d'Ephéméroptères dans les stations étudiées.

Les Ephéméroptères ont été récoltés dans l'ensemble des stations mais ils sont très abondant dans le cours inférieur dans lequel 2347 individus ont été récoltés, soit 22.28% dans la station B1 et 4630 individus, soit 32.18% dans la station B2 (figure 17)

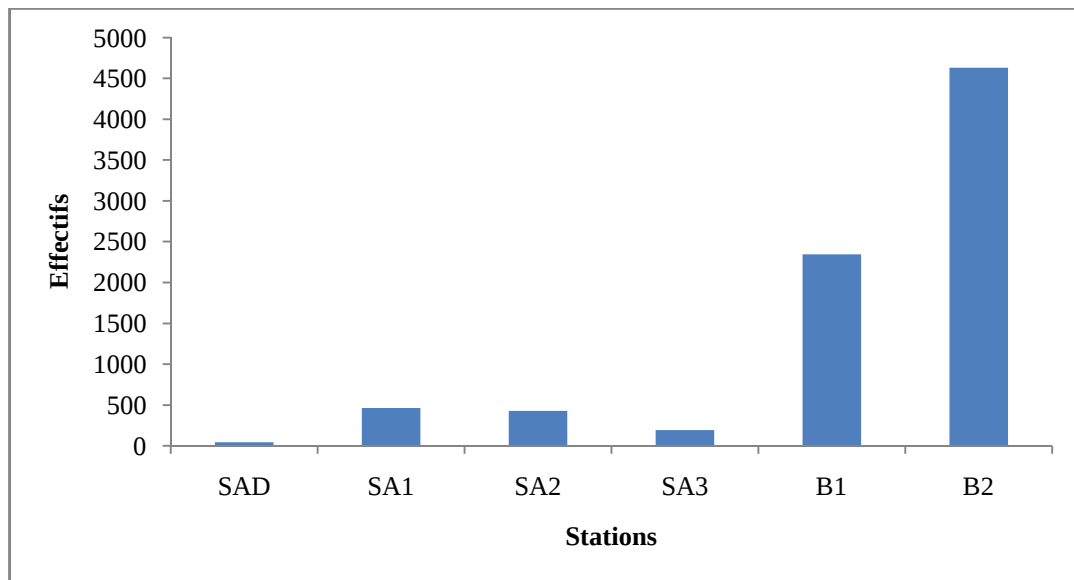


Figure17: Distribution des genres d'Ephéméroptères dans les stations étudiées

3 -4 - Les Trichoptères

Les Trichoptères sont un petit ordre d'insectes très évolués. Plus de onze mille espèces sont actuellement connus (GIBON, 2001). Ils sont holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques à l'exception du Limnephilidae (*Enoicyla*) qui s'est secondairement adapté à la vie terrestre

Les Trichoptères des cours d'eau étudiés sont peu fréquents et peu abondants. Nous avons récolté un total de 354 individus, soit 1.27 % de la faune totale, répartis en 4 familles et 4 genres.

Le peuplement Trichoptérologique est largement dominant par les Hydropsychidae notamment le genre *Hydropsyche* qui totalise à lui seul 332 individus (soit 92,78 %) du peuplement vien ensuite les Ryachophilidae (*Ryachophila*) et Limnephilidae à 10 individus (2.82%) et les Hydroptilidae 2 individus (0.56 %), (Figure 18).

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 dense.

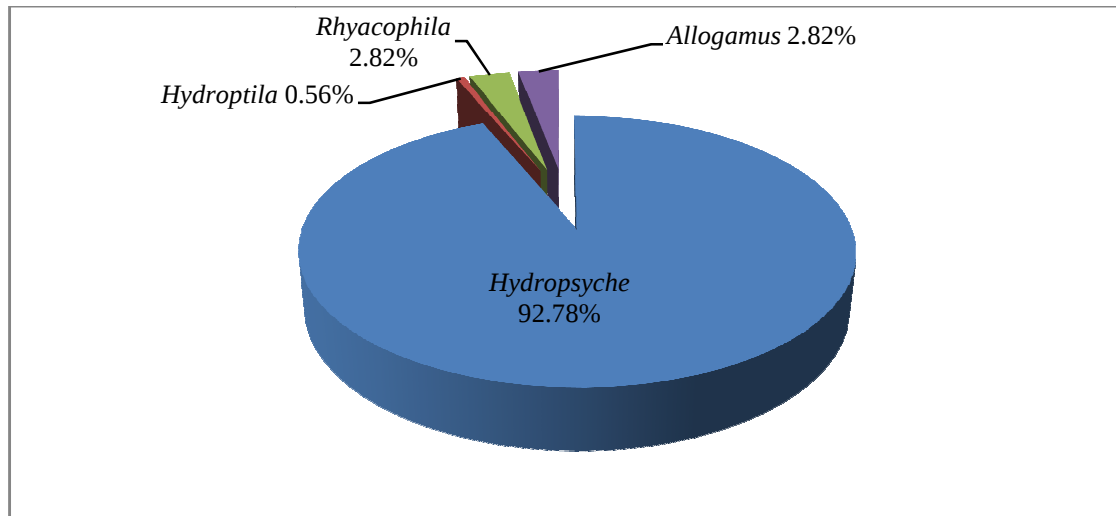


Figure 18 : Répartition des genres de Trichoptères dans les stations étudiées.

La distribution longitudinale le long des cours d'eau étudiés met en évidence l'importance de cet ordre aux stations SAD et SA2 : à courant rapide, température de l'eau relativement basse et à substrat grossier. En deçà de cette altitude le nombre de taxa diminue. En effet les stations de piémont et de pleine n'hébergent qu'un nombre réduit d'éléments de ce groupe d'insectes cela vraisemblablement lié aux différentes perturbations anthropiques des milieux en aval (figure 19).

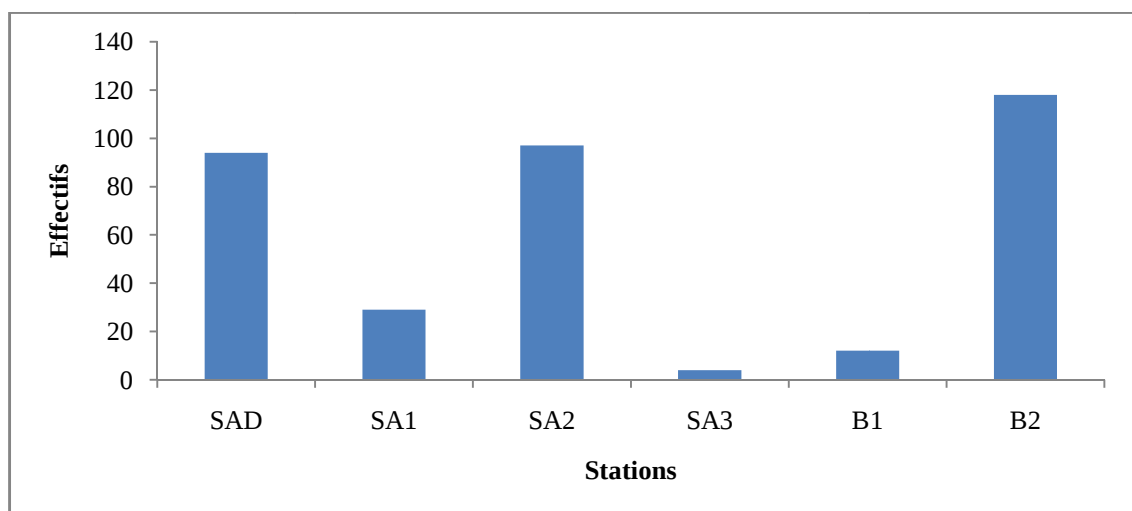


Figure 19: Distribution des genres de Trichoptères dans les stations étudiées

3 -5- Les Plécoptères

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

Dans ce présent travail, les Plécoptères occupent la 5^{ème} place, ils sont représentés en faible proportion comparés aux Ephéméroptères et aux Diptères. En effet, l'effectif global du peuplement Plécoptérologique récolté dans les stations étudiées est de 308 individus. Ils constituent 1.105 % de la faune totale. Ils sont répartis en Cinq familles : Nemouridae, Perlodidae, Taeniopterygidae, Perlidae et Capniidae (figure 20).

La famille des Nemouridae est la mieux représentée avec deux genres (*Amphinemura* et *Protonemura*) Elle compte 245 individus (soit 79.54% de la totalité des Plécoptères) les perlidae (*Perla*) et Perlodidae (*Perlodes*) avec respectivement 27 individus (soit 8.76 %) et 19 individus (soit 6.16 %) occupent la 2^{ème} et 3^{ème} place sur le plan d'abondance numérique. Quant aux Capniidae, et Taeniopterygidae (*Brachyptera*), ils sont faiblement représentés : respectivement 9 individus (2.92 %), 8 individus (2.59 %). Ils sont très peu abondants et très peu fréquents.

En Kabylie les Plécoptères présentent des variations des effectifs le long des cours d'eau. L'évolution longitudinale des populations d'espèces exprime l'adaptabilité à l'habitat et leurs préférences écologiques (LOUNACI & VINÇON, 2005).

Les éléments de ce groupe colonisent préférentiellement les milieux d'altitude caractérisés par un substrat à dominance de galets, un courant rapide et une eau à température relativement basse. En effet, d'après LOUNACI (2005), ce sont les cours d'eau d'altitude (920 m à 1300m) à température peu élevée (12°C à 18°C) et de moyenne montagne (altitude 480m) à température maximale ≤ 16 °C, bordés d'une végétation dense qui semblent constituer les habitats privilégiés des Plécoptères.

Les Plécoptères sont très connus pour leur grande polluo-sensibilité aux milieux affectés par quelque perturbation ceci s'expliquerait en partie par l'absence des éléments de ce groupe dans des habitats de basse altitude exposés aux perturbations anthropiques.

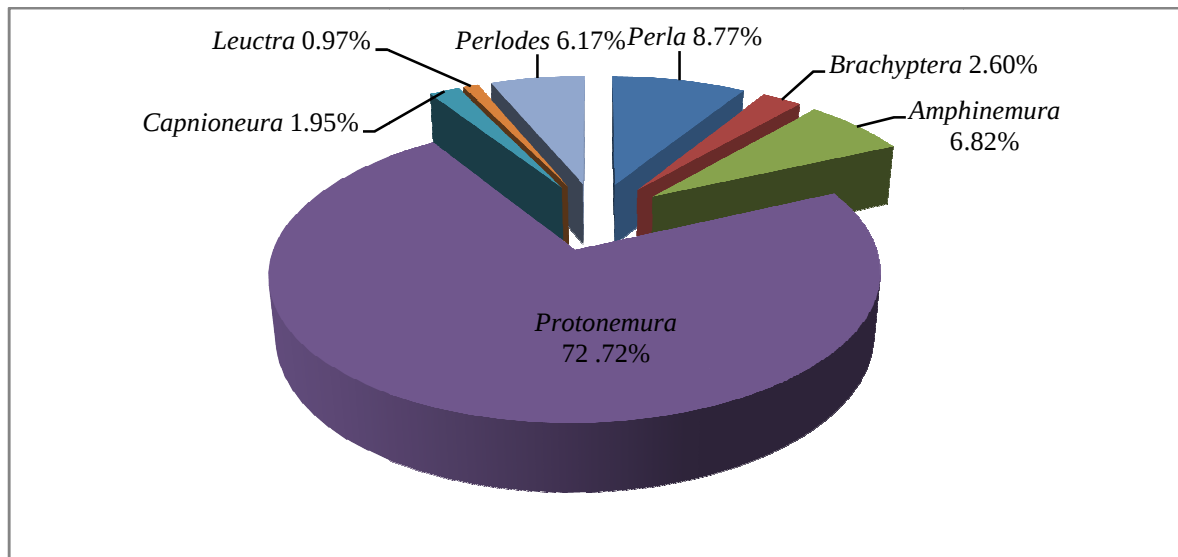


Figure20 : Répartition des genres de Plécoptères étudiés

Nos observations vont dans le même sens, les Plécoptères ont été, pour la plupart, récoltés dans les stations du cours supérieur entre 1130 m et 1200m d'altitude : SAD, SA1, SA2, caractérisés par un substrat grossier, un courant rapide et une température de l'eau n'excédant pas 12° C ça qui confirme les caractères sténothermes et rhéophiles connus pour ce groupe (figure 21).

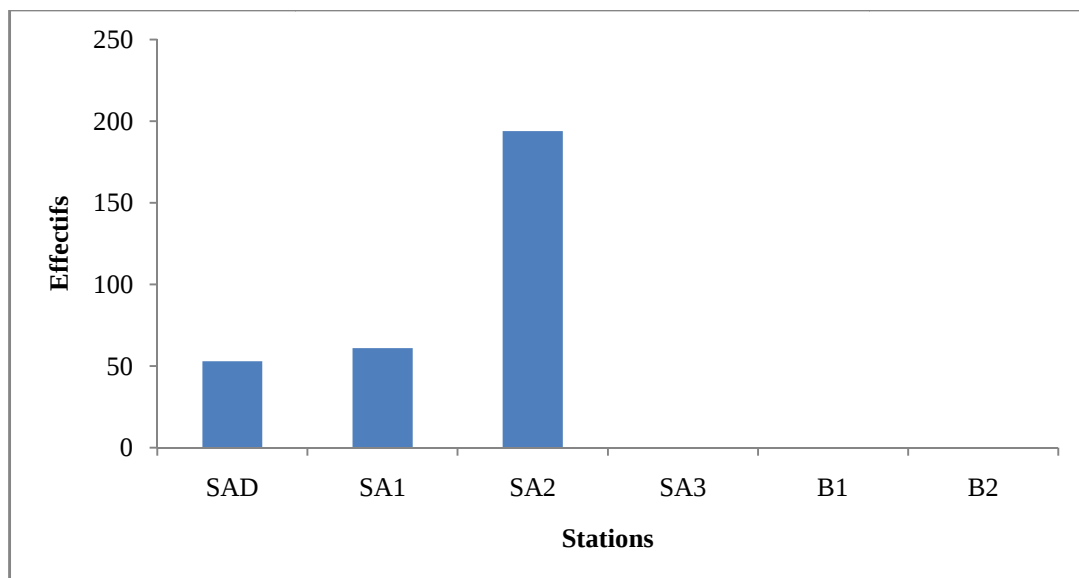


Figure 21 : Distribution des genres de Plécoptères dans les stations étudiées

3 -6- Les Coléoptères

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

Dans ce présent travail, l'ordre des Coléoptères est bien représenté et constitue le groupe le plus diversifié. Un total de 142 individus appartenant à 7 familles et 12 genres ont été inventoriés (tableau 6).

Quant à l'importance numérique des éléments de ce groupe, elle est très faible comparée aux Diptères, aux Ephéméroptères.

Les Coléoptères récoltés sont surtout représentés par les Gyrinidae (79 individus, soit 55.62 %) et à un degré moindre par les Elmidae (39 individus, soit 27.46 %) et Les autres familles sont très faiblement représentées Hydraenidae (8 individus, 5.63 %), Dytiscidae (6 individus, soit 4.22 %), les Helodidae (4 individus, soit 2.816 %), Hydrophilidae avec les Dryopidae (3 individus 2.11 %).

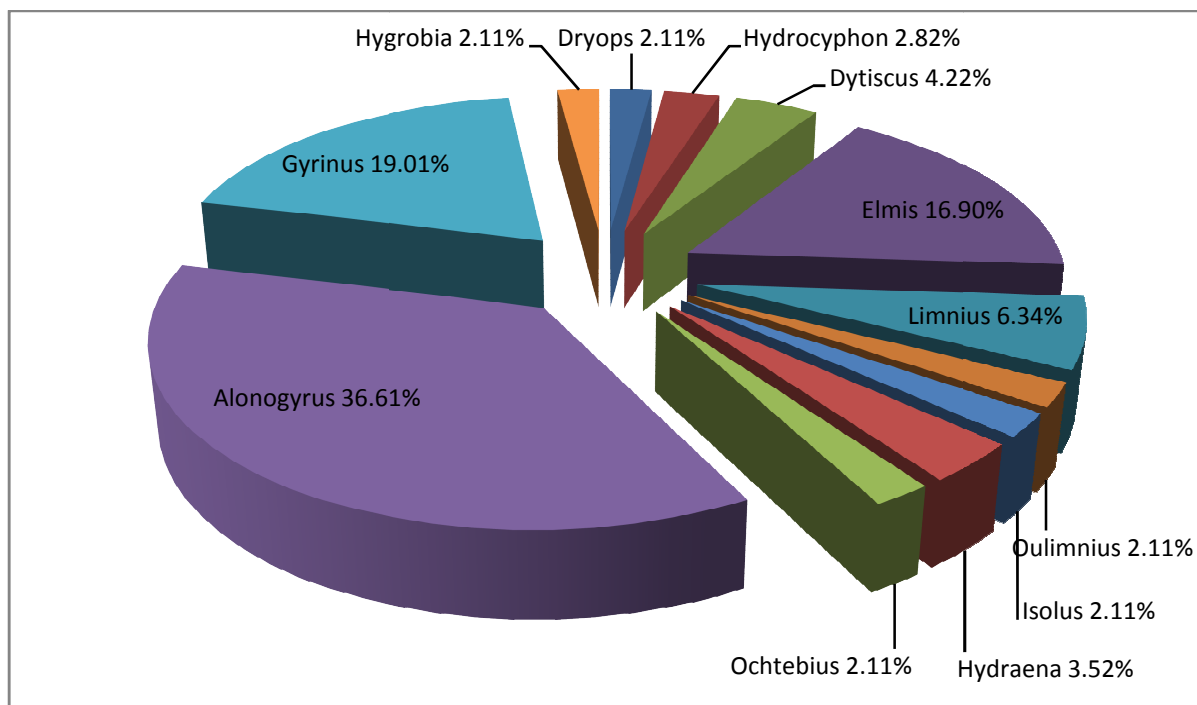


Figure 22 : Répartition des genres de Coléoptères dans les stations étudiées

Les Coléoptères ont été retrouvés dans l'ensemble des stations étudiées avec des effectifs inégaux. En effet, la station B2 (située à 190m d'altitude) compte 56 individus appartenant à deux genres : *Alonogyrus* et *Gyrinus* (figure 23).

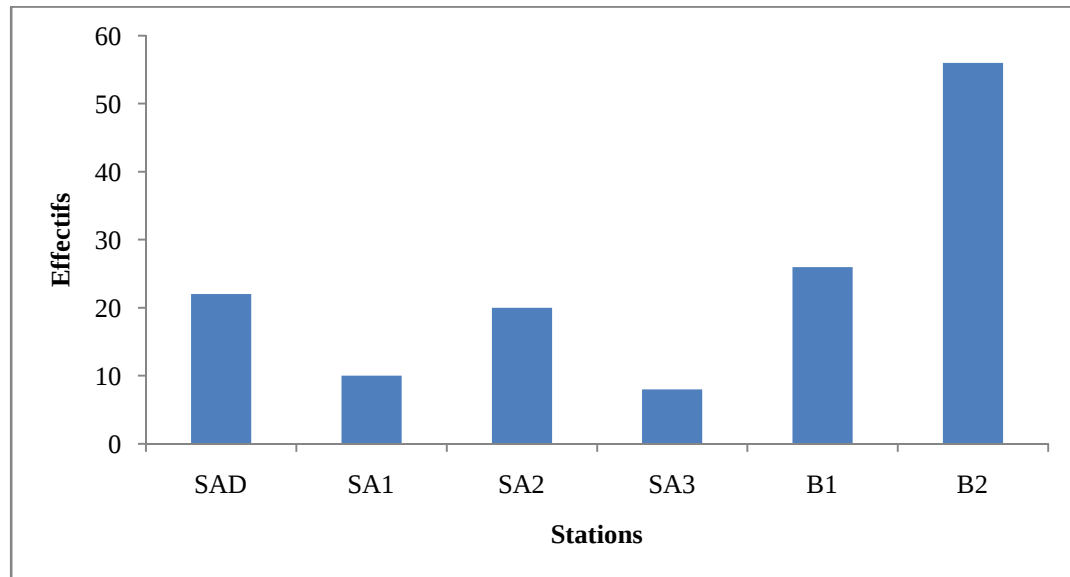


Figure 23 : Distribution des genres de Coléoptères dans les stations étudiées

3 -7- Autres groupes zoologiques

Les Planipennes, les Odonates, les Hétéroptères, les Mollusques sont faiblement représentés dans les cours d'eau étudiés. Ils sont peu fréquents et très peu abondants.

- **Les Planipennes**

Les Planipennes comportent 10 individus (soit 0.036 % de la faune totale). Ils sont représentés par une seule famille notamment les Neurorthidae et l'unique genre *Neurorthus*.

Les planipennes ont été récoltés dans 2 stations : SA1, SA2

- **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 étudiées (soit 0.021% de la faune totale) 6 individus seulement appartenant à la famille des Gomphidae avec le genre (*Gomphus*) ont été récoltés.

- **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).

Dans le cadre de ce travail, les Hétéroptères sont rarement représentés avec 3 individus, soit 0,010 % de la faune benthique totale appartenant à une famille et un seul genre a été dénombré (tableau 6) : Gomphidae (*Gomphus*). Il est à noter que dans une seule station SA1.

Selon MEBARKI (2001), les Hétéroptères se rencontrent le plus souvent aux altitudes élevées (1600 m) et colonisent divers milieux, les habitats abrités du courant des zones rhithrales des cours d'eau, les facies lenticules du potamal. Dans les milieux à eau fraîche et à courant rapide, les Hétéroptères sont peu abondants et peu fréquents.

- **Mollusques**

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

Dans les cours d'eau étudiés, 4 individus seulement appartenant à 2 familles et 2 genres ont été récoltés: Ancyliidae (*Ancylus*) : 2 individus (0.007%) et Hydrobiidae (*Lythoglyphus*) 2 individus (0.007%) (Tableau 6).

Les Mollusques récoltés sont rares ils ne constituent que 0.017 % de la faune totale et sporadique. Ils n'ont été retrouvés qu'au niveau de la station B1 à 220m d'altitude

4 – Structure mésologique

L'importance relative des variables environnementales sur la structure spatiale des stations d'études été mise en évidence par l'analyse en composante principale (ACP)

Dans le cadre de ce travail, 12 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 6 stations prospectées (tableau 7).

Tableau 7: Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées.

Alt : altitude (m), Dis : distance à la source (km), Pen : pente (%), Lar : largeur du cours d'eau (m), Pro : profondeur moyenne de la lame d'eau (cm), Vit : vitesse du courant selon l'échelle de BERG (cm/s), Tem : Température en °C, Rip : ripisylve(%), Vaq : végétation aquatique (%), GG : galets et graviers (%), SL : sables et limons (%), MO : matières organiques (%).

Stations	Alt	Dis	Pen	Lar	Pro	Vit	Tem	Rip	Vaq	GG	SL	MO
SAD	1200	0.2	35	0.8	15	100	6	0	0	85	15	0
SA1	1170	1	35	2	20	120	11	70	0	80	20	0
SA2	1130	2	25	2.5	25	130	12	80	0	80	20	0
SA3	430	6	15	8	35	100	15	0	25	70	20	10
B1	220	20	1	10	35	50	18	10	25	40	40	20
B2	190	22	0.8	15	45	50	19	10	20	25	50	25

Tableau 8 : Matrices des corrélations entre variables environnementales (N=12, P < 0.05).

	Alt	Dis	Pen	Lar	Pro	Vit	Tem	Rip	Vaq	GG	SL	MO
Alt	1											
Dis	-0.91	1										
Pen	0.96	-0.94	1									
Lar	-0.99	0.91	-0.97	1								
Pro	-0.93	0.87	-0.95	0.94	1							
Vit	0.81	-0.98	0.86	-0.81	-0.75	1						
Tem	-0.91	0.89	-0.97	0.94	0.95	-0.80	1					
Rip	0.59	-0.44	0.38	-0.52	-0.37	0.39	-0.22	1				
Vaq	-0.96	0.77	-0.87	0.95	0.84	-0.65	0.83	-0.65	1			
GG	0.87	-0.96	0.89	-0.86	-0.91	0.92	-0.87	0.40	-0.70	1		
SL	-0.82	0.97	-0.88	0.82	0.85	-0.96	0.86	-0.30	0.63	-0.98	1	
MO	-0.96	0.98	-0.94	0.95	0.92	-0.93	0.90	-0.54	0.84	-0.96	0.94	1

L'analyse de corrélation entre les différents paramètres a montré que certaines variables sont intercorrélées (coefficient de corrélation $r > 0,7$) (tableau 8) :

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée permet d'extraire des informations : sur le premier axe représente 85,13 % de la variabilité totale du nuage de points tandis que le 2^{ème} axe représente que 8,69 % de la variabilité (figure 18 a).

La structure des variables environnementale obtenue par l'ACP est un gradient assimilable à un gradient amont-aval.

Les variables vitesse du courant, galets et graviers, pente et altitude sont fortement liées entre elles et avec l'axe 1 (en position positive) et bien représenté dans le plan F1-F2 (extrémités des vecteurs proches du cercle de corrélation) décroissent progressivement de l'amont vers l'aval.

Les variables végétation aquatique, largeur du court d'eau, matière organique, distance à la source, températures, sables et limons sont fortement corrélés entre elles auprès de l'axe 1 du coté négatif et leur valeur augmente de l'amont vers l'aval.

La variable ripisylve est corrélée avec l'axe 2 en position négative.

La représentation des stations dans l'espace des mêmes facteurs F1 et F2 (figure 18 b) fait apparaître sur l'axe F1 l'opposition entre les stations alticole (SAD, SA1, SA2) avec les stations de piémont basse altitude (SA3, B1, B2).

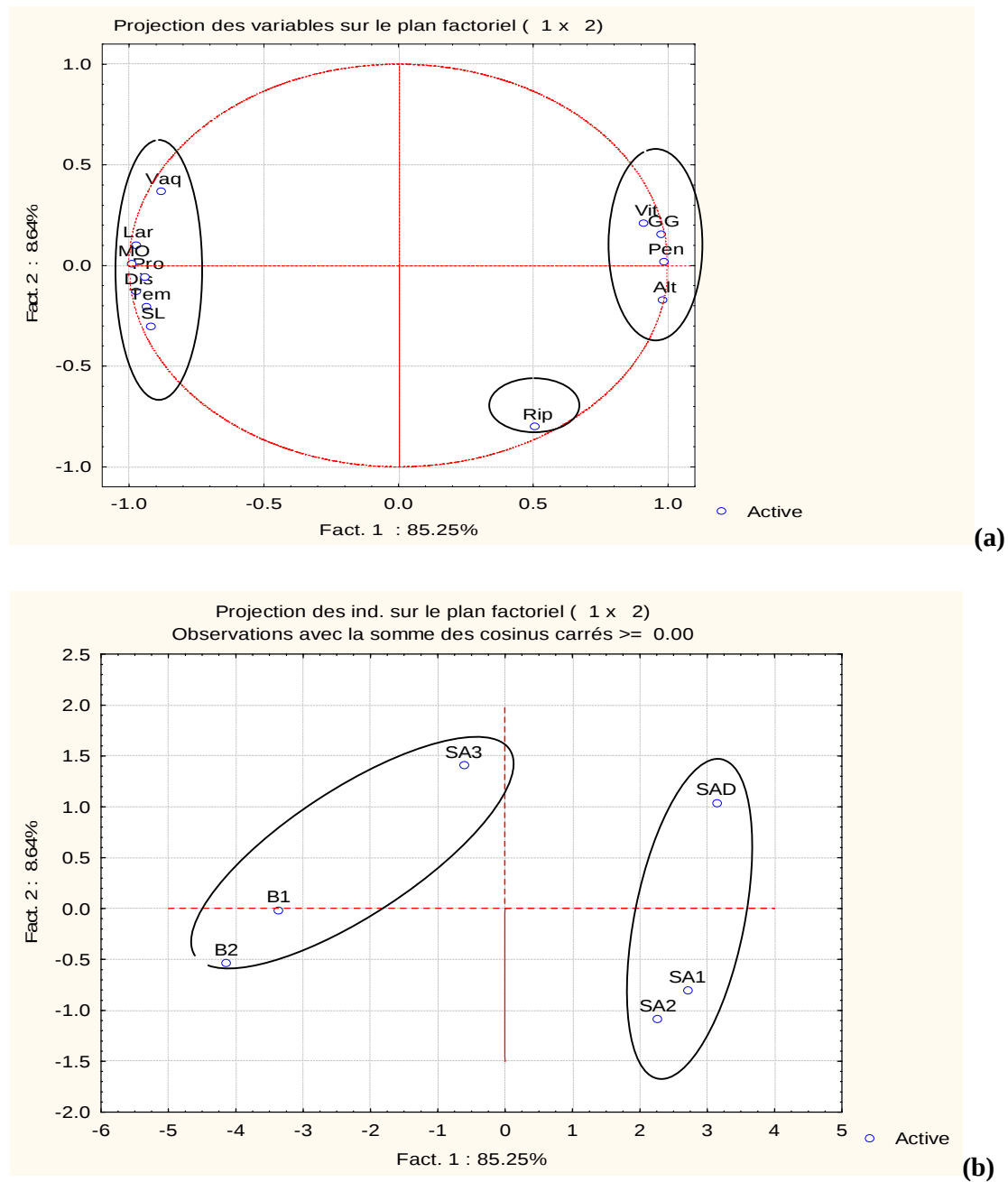


Figure 24 : Analyse en composante principale des paramètres écologiques.

Plan factoriel F1-F2 : **(a)** – représentation des paramètres ; **(b)** – représentation des stations dans l'espace.

L'analyse du dendrogramme (figure 25) résultant de la classification ascendante hiérarchique (CAH) de l'ensemble des stations montrent deux groupes de stations :

1^{er} groupe : SAD, SA1 et SA2 : caractérisés par les paramètres d'altitude pente, vitesse du courant et substrat grossier (stations de montagne)

2^{ème} groupe : stations de basse altitude : SA3, B1 et B2 : liée à la largeur du lit, la température, la végétation aquatique, la profondeur de la lame d'eau, la distance à la source, le substrat fin et la présence de matière organique.

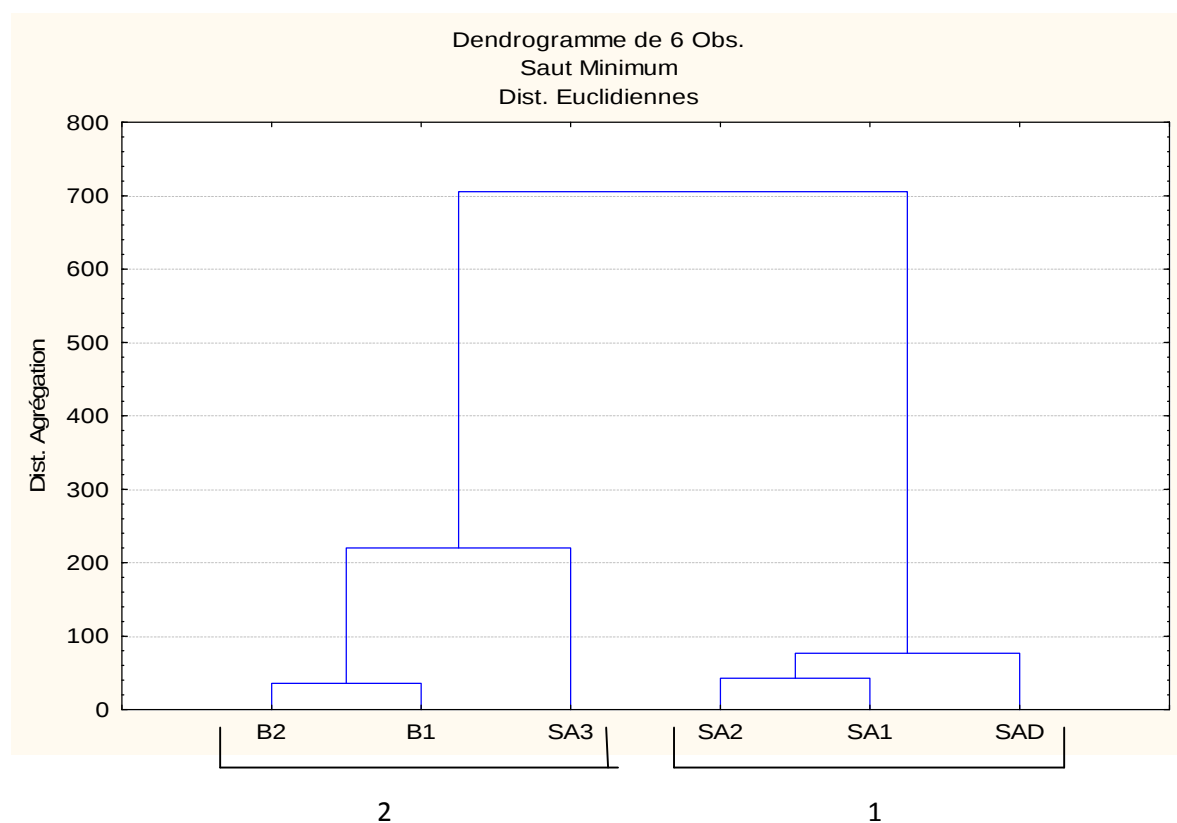


Figure 25 : Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables environnementales.

5- Etude de la diversité

5-1- L'indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de SHANNON & WEAVER (1949) est l'indice le plus couramment utilisé en écologie numérique. Il présente, selon BOURNAUD & KECK (1980), l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative de différents taxons.

Il permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné. Il consiste à mesurer la richesse spécifique, mais aussi de la proportion représentée par chaque taxon au sein de la communauté.

Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$P_i = n_i / N$$

P_i : abondance relative de la famille i ;

N_i : nombre d'individus de la famille i ;

N : nombre total d'individus dans la station ;

S : nombre de groupes taxonomiques.

Cet indice a pour unité le "Bit" sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leur proportions relatives et de la base logarithmiques.

La communauté sera d'autant plus diversifiée que l'indice H' sera plus grand.

- H' : est minimale (=0) dans le peuplement chaque taxon est représenté par un seul individu, le peuplement n'est pas diversifié.
- H' : est supérieur à 3, il indique un bon état hydrobiologique.
- Si H' est inférieur à 2, il y a pollution.

5-2- L'Equitabilité :

L'indice de SHANNON et WEAVER est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité appelé également indice d'équirépartition.

Elle est calculée grâce au rapport de la diversité H' à la diversité maximale H' max (DAJOZ, 1985) qui permet la caractérisation de la diversité faunistique. Sa formule est la suivante :

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

L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1.

- Lorsqu'il tend vers 0, il traduit un déséquilibre entre les effectifs des différentes composantes présentes.
- Lorsqu'il tend vers 1, ceci indique que les taxons présents ont la même abondance.

Les indices de Shannon et Weaver (H') et d'équitabilité (E) sont consignés en tableau 9.

Tableau 9 : Indice de diversité de Shannon et Weaver H' et indice d'Equitabilité

	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2
H'	2.69	2.67	3	2.27	1.63	2.09
E	0.61	0.55	0.63	0.61	0.39	0.48

L'indice de diversité et d'équitabilité sont élevés lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des taxons dominants se traduit par de faibles valeurs de ces indices.

La figure 26 montre que les profils des deux indices (H' et E) présentent la même allure les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations de hautes altitudes (SAD, SA1 et SA2), qui varient entre 2,67 et 3 bits pour H' et entre 0,55 et 0,63 pour E . Ces stations d'altitudes et de moyennes altitudes sont les plus diversifiées, ils hébergent les espèces du rithral avec d'autres éléments sténothermes d'eau froide à large répartition altitudinale.

On enregistre des valeurs faibles pour l'indice H' (de 1.63 à 2.27) et E (de 0.39 à 0.61) dans les stations d'aval (SA3, B1 et B2) ce qui marque un milieu perturbé. Ce secteur est caractérisé par une légère pollution (rejet d'ordures ménagères sur les rives), il est aussi prédominé par les Diptères (Chironomidae et Simuliidae), Oligochètes, Beatidae. La diminution de la qualité de l'eau cause la disparition des insectes polluo-sensibles (Plécoptères).

L'un des facteurs essentiels qui conditionnent l'importance de la diversité tient en hétérogénéité des milieux, car la plupart des macros invertébrés sont spécialisés 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 SA2 avec $H'=3$ et $E=0,63$.

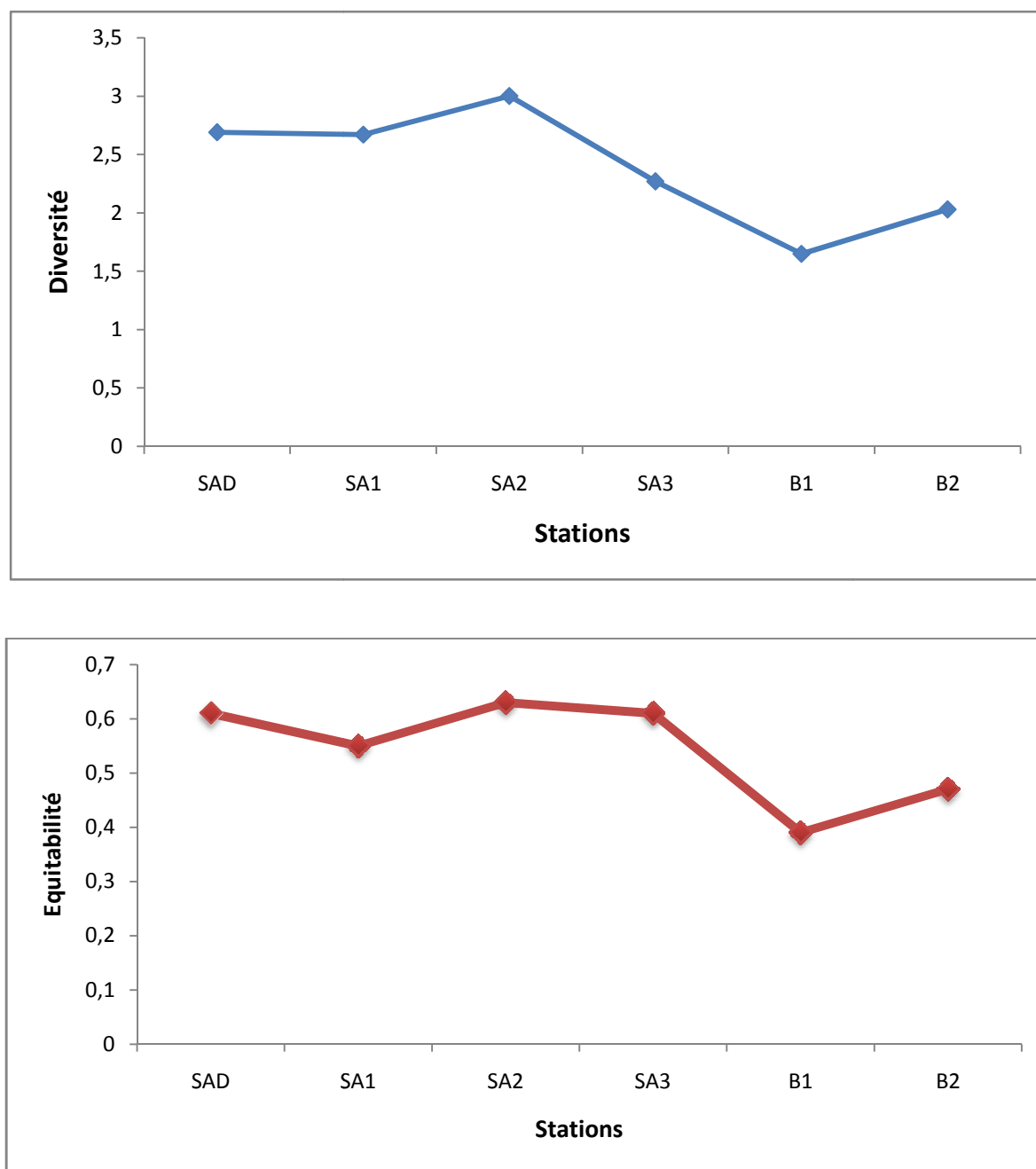


Figure 26 : Indice de diversité (H') et d'Equitabilité (E) des stations étudié

6-Evaluation biologique de la qualité de l'eau

Lorsqu'une perturbation survient dans le milieu on assiste à une modification de la structure des peuplements qui se manifeste par un changement de la dominance relative des différentes espèces, par des substitutions faunistiques et floristiques et qui peut aller jusqu'à la disparition complète des biocénoses si la perturbation est brutale.

Ainsi, les caractéristiques des milieux peuvent être déduites à partir de la composition de peuplement qu'ils hébergent, le principe étant d'utiliser des organismes aquatiques comme témoin de la capacité de l'eau à maintenir et entretenir une vie

Les organismes utilisés sont appelés indicateurs biologiques, ou bio-indicateurs.

Ils sont définies par ISERENTANT & SLOOVER (1976) comme étant << tout organisme ou système biologique utilisé pour apprécier une modification (généralement une détérioration) de la qualité du milieu, quelque soit son niveau d'organisation et d'usage qui en est fait >>

6-1- Méthodes indicielles macroinvertébrés

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

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

- L'IB : indice biotique (VERNEAUX et TUFFERY, 1967) ;
- L'IQBG : indice de qualité biologique (VERNEAUX et al., 1976)
- L'IBG : indice biologique global (VERNAUX et al., 1982) ;
- L'IBGN : indice biologique global normalisé

6 -2- Indice biologique global normalisé (IBGN)

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

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

- Prise en compte de tous les groupes de macroinvertébrés ;
- Facilité d'échantillonnage et de manipulation du matériel biologique ;

- Limite pratique de détermination taxonomique en la famille pour la plupart des groupes faunistiques (insectes) et l'embranchement, la classe ou l'ordre dans certains cas (Crustacés, Mollusques) ;
- Large facilité d'applications

6-3- Limite des IBGN

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

- la valeur de référence est voisine de 20 dans la plupart des milieux non perturbés, mais elle peut être plus faible dans des situations typologiques extrêmes ou dans des milieux particuliers, sans qu'une perturbation en soit la cause.
- la valeur de l'I.B.G.N. peut présenter une variabilité saisonnière, conséquence des cycles biologiques de la macrofaune benthique et de l'évolution des conditions du milieu.
- les effets d'une même perturbation peuvent s'exprimer de manière différente selon le niveau typologique du site.

6-4-Répertoire des organismes retenus

Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 138 taxons (annexe 5). L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe. Parmi les 138 taxons, 38 d'entre eux constituent 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numérotés de 1 à 9 dans le tableau de détermination, par ordre de polluosensibilité croissante.

6-5- Calcul de l'IBGN

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

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

- Le groupe indicateur (GI) : on prospectera les colonnes du tableau de haut en bas (de GI 9 à GI 1) en arrêtant l'examen à la première présence significative d'un taxon répertoire en ordonnée du tableau. Prenant compte que les taxons sont représentés par au moins 10 individus - les autres par au moins 3 individus.
- Les valeurs d'IBGN sont comprises entre 1 et 20 selon la diversité taxonomique de la station et la présence ou l'absence de taxons indicateurs.

Dans la norme AFNOR, la qualité hydrobiologique est définie selon cinq niveaux de couleur permettant une représentation cartographique des résultats (tableau 10)

Tableau 10 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (norme AFNOR T90-350 ; 1992).

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

La définition des classes de qualité est la suivante :

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

Le tableau 10 résume les résultats des analyses hydrobiologiques : diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur d'IBGN, classe de qualité et qualité hydrobiologique (en se référant aux annexes 5 et 6).

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

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

Tableau 11 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées.

Stations	SAD	SA1	SA2	SA3	B1	B2
Altitude (m)	1200	1170	1130	430	220	190
Groupe Indicateur	9	9	9	5	5	7
Variété Taxonomique	17	22	23	11	16	16
IBGN	14	15	15	8	9	11
Classe de qualité	1B	1B	1B	3	2	2
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Médiocre	Moyenne	Moyenne
Couleur	Vert	Vert	Vert	Orange	Jaune	Jaune

Les prélèvements nous permettent d'isoler 3 secteurs de cours d'eau seulement dans les différentes stations d'études réalisé au mois de mars selon la qualité hydrobiologique :

- Dans le secteur des stations SAD, SA1 et SA2 on observe une qualité hydrobiologique **bonne** (classe de qualité 1B) avec une forte variété faunistique (de 17 à 23) liée à une diversification du milieu. Le Groupe Indicateur est élevé (GI=9). La présence de taxons sensibles aux pollutions indiquant une qualité de l'eau et de milieu correcte.

Le peuplement est très diversifié, plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés ont été dénombrées, confirmant donc une bonne qualité hydrobiologique pour ces stations.

De plus, les Plécoptères, taxons polluo-sensibles, présentent une grande diversité intrinsèque puisque cinq familles appartenant à cet ordre ont été dénombrées.

- Dans le secteur des stations B1 et B2 situé en aval des agglomérations présente une qualité hydrobiologique **moyenne** (classe de qualité 2). Alliant des groupes indicateurs bas (5 pour B1 et 7 pour B2) montrant une dégradation de la qualité de l'eau et du milieu. Ce secteur est soumis à divers perturbations, rejet de matière organique et dépôt d'ordures ménagères sur les rives.

Trois groupes faunistiques se partagent le peuplement de ses stations : Vers (Naididae), Epheméroptères (Beatidae et Canidae), Diptères (Chironomidae et Simuliidae), on est donc en présence d'un peuplement déséquilibré. la plupart des familles présentes sont ubiquistes et peu exigeantes vis-à-vis de la qualité d'eau et du milieu.

Malgré les divers perturbations anthropiques que subissent le cours inférieur, les stations B1 et B2 arrivent à maintenir une variété taxonomique de 16 et un group indicateur compris entre 5 et 7 et un IBGN compris entre 9 et 11 induisant une classe de qualité 2 (moyenne) ce qui est dû essentiellement à l'auto épuration dans ce milieu naturel

- dans le secteur de la station SA3 en moyenne altitude, présente une qualité hydrobiologique **médiocre** (casse de qualité 3 et un groupe indicateur 5) avec un nombre de taxons réduit 11 indiquant une dégradation de la qualité de l'eau du milieu par rapport aux zones amont et aval du cours d'eau, suite à une dégradation anthropique causé par des rejets d'ordures ménagères sur les rives, réseau d'assainissement et pompage de l'eau pour l'irrigation d'où la présence d'un nombre d'Oligochètes et Diptères (Chironomidae et Simuliidae) assez important.

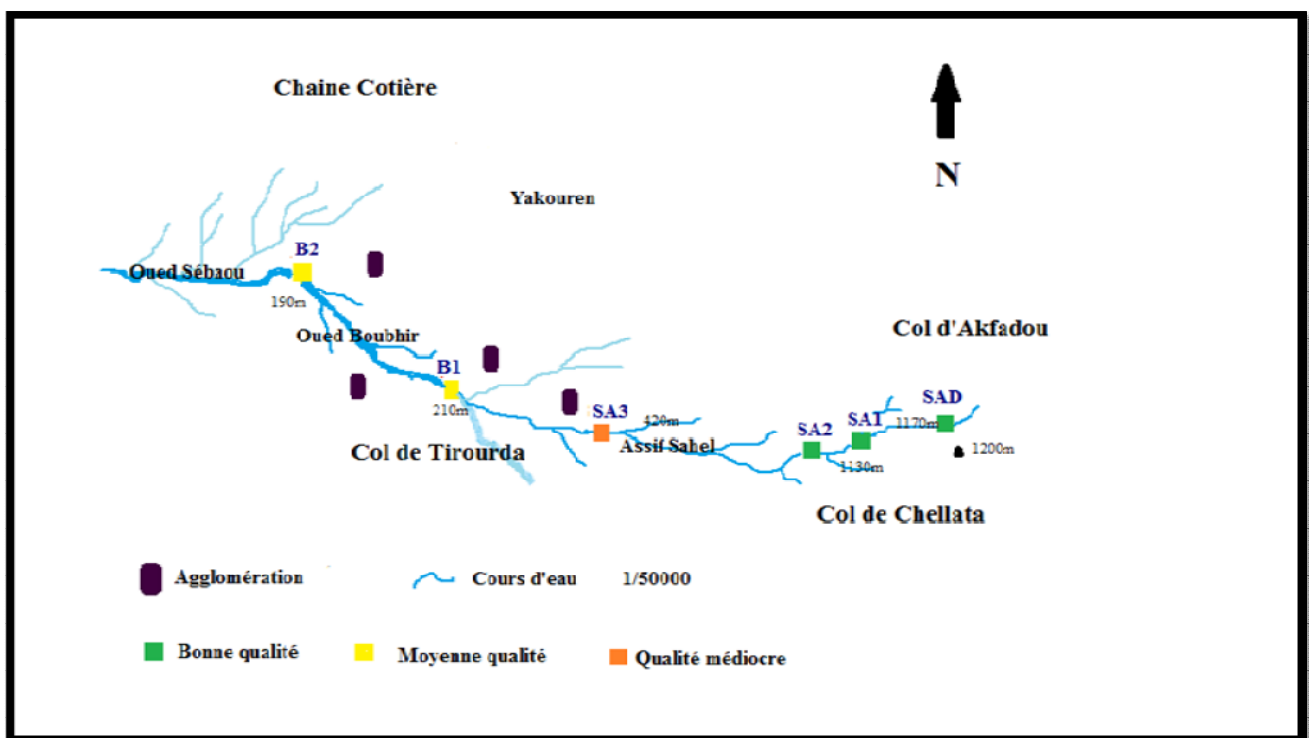


Figure 27 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées

Les résultats des analyses biologiques montrent une nette dégradation des secteurs des stations aval. La valeur de l'IBGN chute de 7 points par rapport aux stations situées dans es zones amont des cours d'eau : passage d'une classe de qualité 1B (bonne) à une classe de qualité 3 (médiocre) suite à l'altération de la qualité du milieu indiquant la disparition des taxons polluo-sensibles.

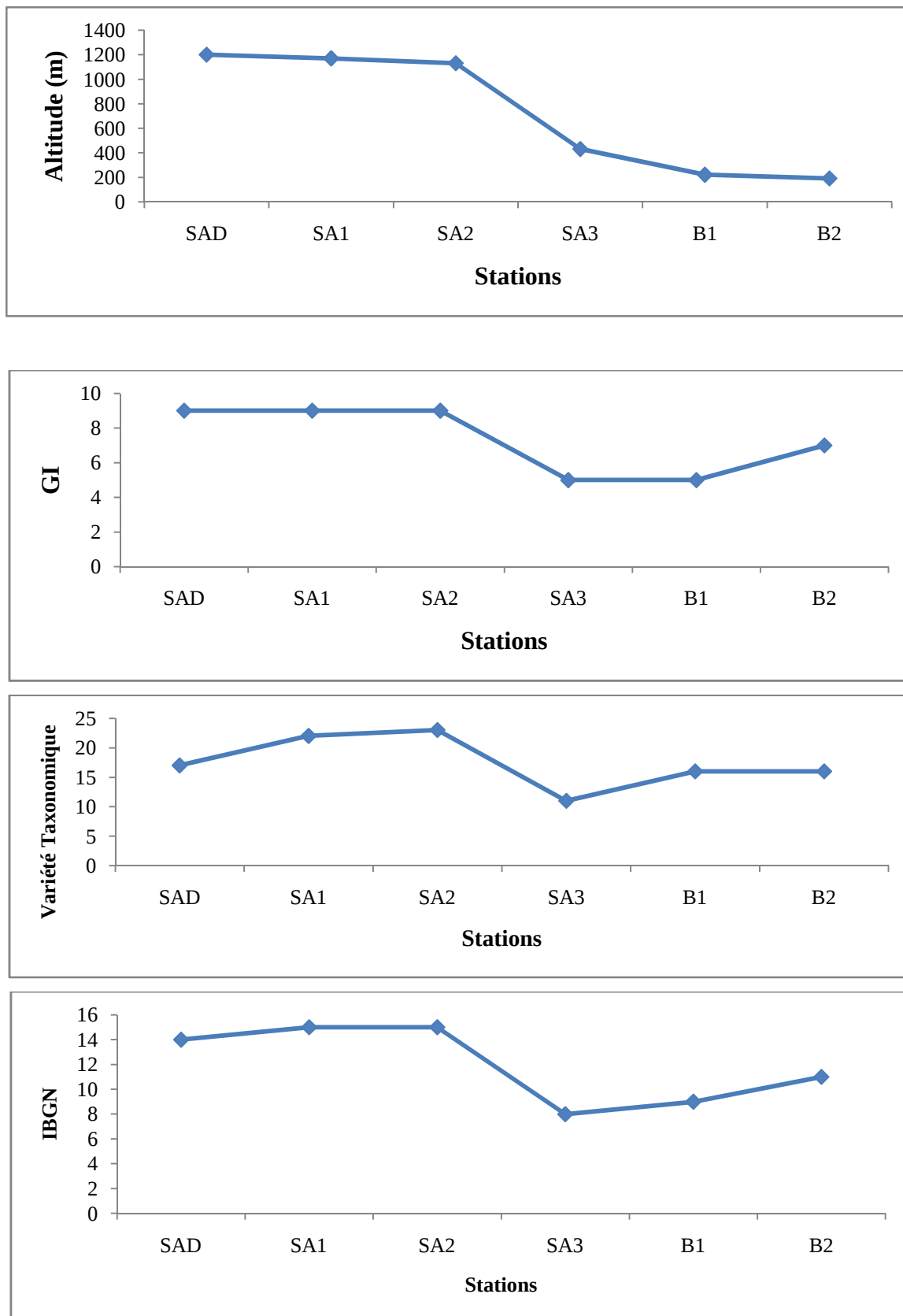
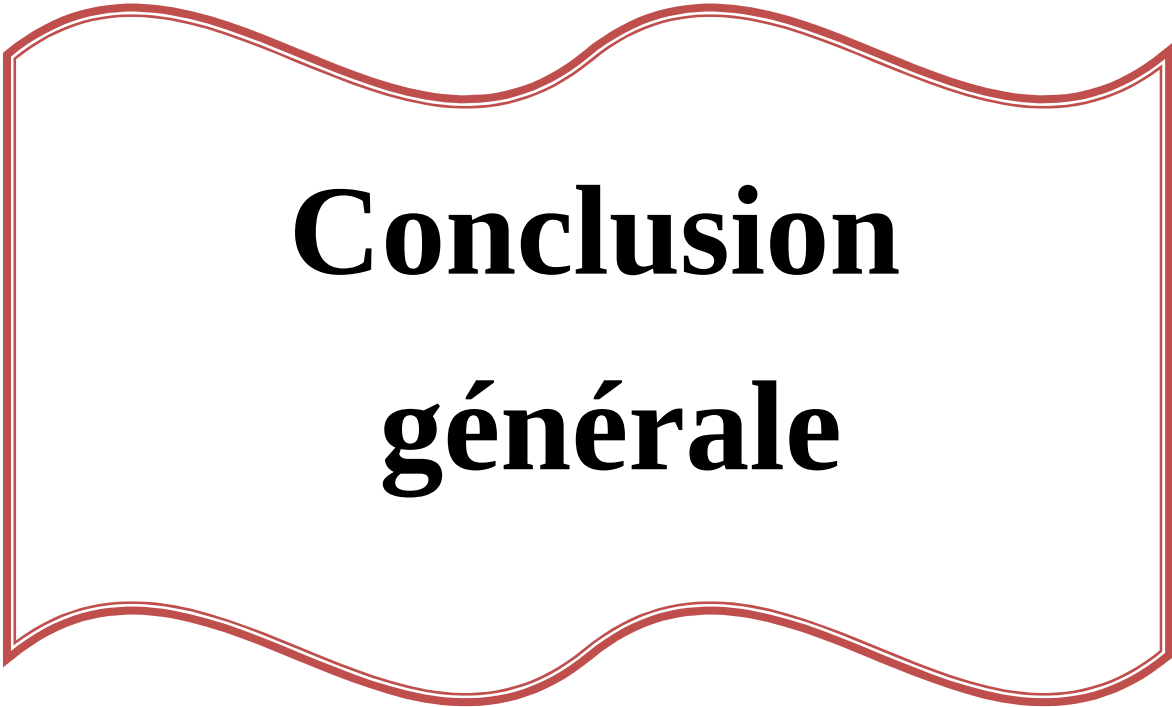


Figure 28 : Analyse hydrobiologique des stations d'étude

Dans le cours supérieur, les valeurs de l'Indice de diversité et de l'IBGN sont élevées aux stations SAD, SA1 et SA2. Ce secteur est caractérisé par un substrat grossier formé essentiellement de roches et de galet, une température assez fraîche avec un recouvrement végétal dense 70 % à la station SA1, les espèces côtoyant ce milieu sont polluo-sensibles (Plécoptères...).

Dans le cours inférieur (moyen Sébaou) l'Indice Biologique Global Normalisé est inférieur à 12 dans les stations B1 et B2. Les Plécoptères sont absents, les Trichoptères ne sont représentés que par une seule unité systématique. Cela coïncide avec l'indice de diversité calculé au niveau des stations B1 et B2 qui est égal respectivement à 1.63 et 2.09. La pollution dans ces stations est moyenne. Ce secteur est caractérisé par un substrat homogène, formé essentiellement de sable et de gravier, la température est relativement élevée avec un recouvrement végétal faible. La limnofaune inféodée à ce milieu est eurytherme et thermophile. On assiste aussi à un développement d'une faune fouisseuse capable d'assister à l'assèchement estivale, c'est le cas des Oligochètes.

Ce secteur est caractérisé aussi par la prédominance des Diptères et la perturbation du milieu par la pollution a causé la disparition des espèces polluo-sensibles ce qui conduit à la diminution de la diversité.

A decorative red border with a wavy, undulating top and bottom edge, enclosing the central text.

Conclusion générale

Ce travail a été effectué dans but d'établir une liste faunistique d'invertébrés, d'évaluer la qualité de l'eau dans le cours d'eau d'Assif sahel et l'Oued Boubhir et rechercher une relations entre les caractéristiques du milieu et de sa faune.

Les macroinvertébrés benthiques récoltés se composent de 27700 individus répartis entre 10 groupes zoologiques (40 familles et 50 genres). Ils sont récoltés dans 6 stations échelonnées entre 190 m et 1200 m d'altitude.

Les Diptères sont les mieux représentés sur le plan quantitatif avec 12 familles, Suivi par les Coléoptères (7 familles), les Plécoptères (5 familles), les Ephéméroptères et les Trichoptères (4 familles), les Oligochètes (3 familles), les Mollusques (2 familles), les Odonates, les Hétéroptères et les Planipennes avec une famille uniquement.

Sur le plan numérique les Diptères sont largement dominant, avec 10081 individus (soit 36.49 % de la faune totale). Ils sont dominés par les Simuliidae et les Chironomidae avec respectivement 33.60 % et 63.98 % des Diptères

Les Oligochètes occupent la seconde place avec 8690 (31.37 %) et la famille la mieux représentés est celle des Naididae (99.42%)

Les Ephéméroptères, sont moyennement représentés parmi les groupes zoologiques recensés : avec 8102 individus (soit 29.24 % de la faune totale). Ils sont représentés essentiellement par les Baetidae (7772 individus).

Les autres groupes zoologiques (Trichoptères, Plécoptères, Coléoptères, Planipennes, Odonates, Hétéroptères, Mollusques) ne constituent que 3.036 % de la faune totale récoltée.

L'indice de SHANNON et WEAVER montre une fluctuation de la diversité dans les stations étudiées, les valeurs varient de 1,63 à 3. Au niveau des stations de hautes altitudes (SAD, SA1 et SA2) (entre 2.67 et 3). Ce sont les stations les plus diversifiées, elles hébergent les espèces rhithrales et sténothermes. Dans les stations d'aval (SA3, B1 et B2) on enregistre les valeurs les plus faibles. Ce secteur est un milieu pollué ce qui marque une prédominance des Diptères

L'indice d'équitabilité révèle que les taxons sont en déséquilibre entre eux. Les stations (SA3, B1 et B2) présentent des perturbations diverses et ont mené à la prolifération d'espèces polluo-résistantes (Chironomidae, Simuliidae, Baetidae) et à la diminution, voir la

disparition des Plécoptères. Les stations SAD, SA1 et SA2 ne présente pas de perturbation ce qui mène à la présence d'espèces polluosensible (Plécoptères)

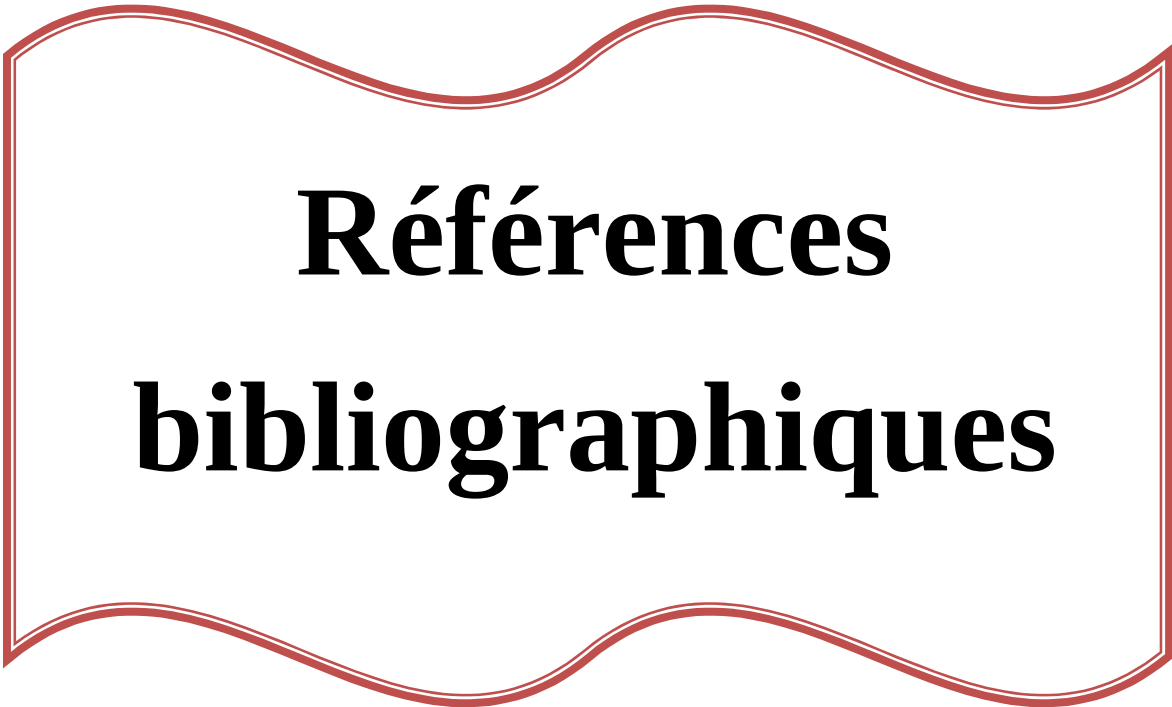
L'analyse des facteurs environnementaux réalisés par une analyse en composantes principales (ACP) fait apparaître des corrélations entre les variables d'une part et la distribution des stations d'autre part. La structure mésologique obtenue fait apparaître un gradient amont aval des cours d'eau.

L'utilisation des méthodes multi variées d'ordination a permis de mettre en évidence l'opposition entre les stations les plus en amont (SAD, SA1et SA2,) non perturbées et les stations de basse altitude (SA3, B1et B2.) à perturbation intermédiaire.

L'étude de la qualité hydrobiologique du cours d'eau échantillonné, appréciée par la méthode de l'indice biologique global normalisé (IBGN) relève une variation de la qualité de l'eau et du milieu. Les résultats montrent une dégradation entre les stations de montagne (SAD, SA1et SA2,) et celles de basse altitude (SA3, B1et B2). La valeur de l'IBGN chute de 7 points : passage de la classe de qualité bonne à médiocre suite à l'altération de la qualité du milieu indiquant la disparition des taxons polluo-sensibles.

En perspective, l'eau est une ressource indispensable à la vie. Il est nécessaire de réfléchir à des solutions pour mieux la gérer et la partager.

La gestion de l'eau est une démarche de concertation visant à proposer et à mettre en place les mesures concrètes améliorant la préservation et le partage des ressources en eau (en multipliant l'installation des points d'épuration des eaux résiduaires) tout en associant les acteurs concernés ainsi que les utilisateurs de manière à satisfaire la préservation des milieux et des ressources et les différents usages liés à l'eau.



Références bibliographiques

ABDESSLEM M., 1995 – *structure et fonctionnement d'un Karset de montagne sous climat méditerranéen, exemple de Djurdjura occidental (grande Kabylie, Algérie)*. Thèse de doctorat Univ. Franche-compté, 232p.

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

AIT MOULOUD S., 1988. Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Magister, Université d'Alger,118p

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

ANGELIER E., 2000 – écologie des eaux courantes, édition technique et documents. 199p

A.N.R.H. agence nationale des ressources hydrauliques de Tizi-Ouzou

BAGNOULS F. & GAUSEN H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Toulouse, 88, 193, 193-239.

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, Oeocol. Gener, Vol 1, n°2, 131-150.

CHAUMONT M. ET PAQUINC., 1991. Carte pluviométrique de l'Algérie ai 1/500 000 avec notice explicative. Bull. Soc. Hit. Nat. Afr. Nor : 24p

DAJOZ R., 1979. Précis d'écologie. Paris. G.V : 549p

DAJOZ R., 1985. Précis d'écologie. Écologie fondamentale et appliqué. 5 ème édition. Gauthier Villard. Paris : 55p

DERRIDJ A., 1990. Etude des populations de *Cedrusatlantica*M. en Algérie. Thèse Docteur en science. Univ. paul Sabotier. Toulouse. 288p

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

DOUCET R., 1997. *La science agricole : climat, sols et productions végétales du Québec*, Berger, Canada pp.1-10

FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX I., HEPTIME J-L., 2003.*Ecologie : approche scientifique et pratique*, 5ème édition Lavoisier, Paris, Pp. 69

- GIBON F.M., 2001.** Biotypologie des Hydro systèmes tropicaux (exemples chez es Trichoptères africains et malgaches). Doc. IRD, centre de Montpellier. 231p.
- JACQUEMIN G., 2001.** Les Ephéméroptères en Lorraine. Etat de l'inventaire. Utilisation comme bio-indicateur. Préservation (*INSECTA*, *EPHEROPTERA*) biologie des insectes, laboratoire Biologie expérimentale – Immunologie, Université H. Poincaré, Nancy1. BP 239.
- LAVANDIER P., 1979.** Ecologie d'un torrent pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse doctorat d'Etat. Univ. Paul. Sabatier. Toulouse. 532p
- LOUNACI A., 2005.** Recherches sur la faunistique. L'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d'état Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 14, 206,209p
- 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, Ecologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de magister. 24-28p
- MERABET S., 2014.** Inventaire des arthropodes dans trois stations au niveau de la foret de Darna (Djurdjura). Mémoire de Magister. 4p
- POISSON R., 1957.** Hétéroptères aquatiques. In P. Le chevalier (Ed), Faune de France, C.N.R.S. (Paris), 61 : 264p
- QUEZEL P., 1956.** Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biogéographique et écologique, 10. Le chevalier éd., 463p. Paris
- RICHOUX PH., 1982.** Introduction pratique a la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Coléoptères aquatiques. Genres : adultes et larves. Association française de limnologie ; extrait du bulletin mensuel de a société linnéenne de Lyon 51eme année, n°4,8 et 9. 56p.
- RIVOSECCHI L., 1984.** Guide per il riconoscimento delle specieanimali delle acqueinterneitaliane. DITTERI (Dipteria). Consiglionazionale delle ricerche. 176p.
- RODIER J., 1996,** l'analyse de l'eau : eaux naturelles résiduares, eau de mer. 8 éme édition. Dunod : 183p
- RUFFONI A., 2009.** Les Plécoptères (*Insecta*, *Plecoptera*) Rev. Sci. Bourgogne – Nature. 18-26p.
- TACHET H. BOURNAUD M. ET RICHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces, université de Lyon I, Associations Française De Limnologie, Paris.

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

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

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

SELTZER P., 1946. Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Météor. Phys. Globe, Alger, 1 vol. 219p. + carte h.t. stuttgart : 285-309 pp

SHANNON C.E. & WEAVER W., 1949. The mathematical theory of communication. Urbane: university of Illinois Press: 177p.

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 Hydrobiol.* **17**: 223- 297.

VERNEAUX J., 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique de Doubs. Essai de biotypologie. Thèse Doc. Etat, Université de Besançon : 260 p.

VERNEAUX J.COLL B., 1982 : Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes- Un indice biologique de qualité générale (I.B.G.) - Ann. Sci. Fr. Comté, Besançon, Biol. Anim.,4 (3), 11 – 21

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

YAKOUB B., 1996. Le problème de l'eau en Grande Kabylie : bassin versant de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Univ. Tizi-Ouzou.



Annexes

Annexe 1 :

Valeurs moyennes mensuelles maximales et minimales de températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période (2000-2016) Office Nationale de la Météorologie de Tizi-Ouzou

T°/ mois	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
Moy max	16,6	17,2	20,7	23,6	27,8	33,9	38,1	37,5	33,2	29,5	21,2	17,6
Moy min	6,9	7,2	9,4	11,8	15	15,9	24,1	22,2	19,9	17	12,2	9,4
Max+min/2	11,7	12,2	15,05	17,7	21,4	24,9	31,1	29,8	26,5	23,2	16,7	13,5

Annexe 2 :

Tableaux des températures de la région de Tizi-Ouzou (2000 – 2016) (O.N.M Tizi-Ouzou)

Année															
2000		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	8,2	11,7	14,3	16,6	21,6	25,1	28,9	29,4	24,9	18,5	14,6	12,1	225,9	18,8
T°Moy/mensu	mini	3,7	6,2	8,5	11,1	16,1	18,5	22,6	22,6	19,5	13,8	10,5	7,8	160,9	13,4
T°Moy/mensu	MAX	13,9	18,6	21,4	23,2	28,4	32,1	36,8	37,8	32	24,6	20,2	17,4	306,4	25,5
Année															
2001		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	10,8	10,3	16,8	15,9	19,1	26,6	28,3	29,1	24,7	23,0	14,0	9,2	227,8	19,0
T°Moy/mensu	mini	6,9	5,8	11,5	10,1	13,9	19,2	21,8	22,9	19,5	17,8	10,4	5,4	165,2	13,8
T°Moy/mensu	MAX	15,6	16,2	23,3	22,4	25,2	34,5	35,8	36,6	32,0	30,4	19,0	14,1	305,1	25,4

Année															
2002		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	9,7	11,4	13,7	15,4	20,1	25,6	26,8	26,3	29,9	20,2	15,2	12,9	227,2	18,9
T°Moy/mensu	mini	5,7	6,6	8,9	10,1	13,6	19,1	21,0	21,3	18,8	14,9	11,6	9,6	161,2	13,4
T°Moy/mensu	MAX	15,1	17,6	19,8	21,5	28,5	32,4	33,6	32,8	30,2	27,4	20,2	17,4	296,5	24,7

Année															
2003		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	10,1	9,3	13,8	15,7	18,7	27,1	28,8	29,4	23,9	20,4	15,7	10,6	223,5	18,6
T°Moy/mensu	mini	7,3	10,5	9,2	11,5	13,7	20,5	23,0	23,7	19,1	16,5	12,3	7,4	174,7	14,6
T°Moy/mensu	MAX	13,9	14,3	20,3	21,4	25,7	35,5	37,7	37,9	30,6	26,0	21,1	15,6	300,0	25,0

Année															
2004		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	10,6	12,2	13,6	14,7	16,5	23,8	26,6	27	22,5	25,2	13,3	11,5	217,5	18,1
T°Moy/mensu	mini	6,8	7,9	8,7	10,2	12,7	17,4	20,7	22,8	17,0	19,5	9,2	8,5	161,4	13,5
T°Moy/mensu	MAX	15,8	18,4	18,2	20,2	22,0	31,6	33,7	35,5	30,1	32,2	18,9	15,8	292,4	24,4

Année															
2005		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	7,4	7,7	12,8	15,5	20,6	25,2	28,3	26,9	23,2	20,5	13,0	10,6	211,7	17,6
T°Moy/mensu	mini	3,2	3,9	8,6	11,0	14,5	19,0	22,0	20,8	17,9	15,7	10,1	7,2	153,9	12,8
T°Moy/mensu	MAX	13,1	12,3	18,9	21,1	28,1	33,0	36,6	34,8	30,8	27,7	19,6	15,4	291,4	24,3

Année															
2006		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	9,2	10,0	14,2	18,3	21,9	24,8	28,8	26,7	23,9	22,3	17,3	12,1	229,5	19,1
T°Moy/mensu	mini	5,7	6,3	9,2	12,9	16,9	18,5	21,8	20,9	18,5	17,3	12,4	8,5	168,9	14,1
T°Moy/mensu	MAX	13,8	15,3	20,7	25,2	29,0	32,3	37,1	34,2	31,7	30,1	23,8	16,7	309,9	25,8

Année															
2007		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	11,4	13,0	12,3	15,7	19,5	23,3	27,5	28,1	23,7	19,4	13,6	10,6	218,1	18,2
T°Moy/mensu	mini	7,0	9,1	8,1	12,3	14,1	17,8	20,8	21,9	18,4	15,2	9,6	7,2	161,5	13,5
T°Moy/mensu	MAX	17,6	18,0	17,9	20,5	26,1	30,4	35,7	35,5	30,9	25,1	18,9	15,6	292,2	24,4

2008		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	11,0	12,6	13,0	16,3	18,8	23,5	27,9	27,8	24,4	19,8	13,5	13,1	221,7	18,5
T°Moy/mensu	mini	6,5	7,4	8,1	10,4	14,4	17,3	21,5	21,3	19,4	15,4	9,7	6,8	158,2	13,2
T°Moy/mensu	MAX	16,5	18,5	18,9	23,2	25,0	30,8	35,6	36,0	31,1	26,2	18,8	15,4	296,0	24,7

Année															
2009		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	10,8	10,4	12,7	14,0	20,8	25,2	29,6	28,0	22,8	19,3	15,3	15,8	224,7	18,7
T°Moy/mensu	mini	7,7	5,9	7,6	9,6	15,0	18,2	22,8	22,1	18,2	14,3	10,9	8,9	161,2	13,4
T°Moy/mensu	MAX	14,9	16,0	19,4	19,6	27,6	33,2	37,5	35,8	29,4	25,7	21,5	18,4	299,0	24,9

Année															
2010		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	11,4	12,8	13,7	16,4	17,6	22,6	27,7	27,2	23,6	19,2	14,3	11,2	217,7	18,1
T°Moy/mensu	mini	7,8	9,1	9,4	11,5	12,3	16,2	20,6	20,7	17,9	14,4	10,9	7,2	158,0	13,2
T°Moy/mensu	MAX	16,1	17,6	19,7	22,2	24,3	29,8	35,8	35,5	31,1	26,2	19,0	16,7	294,0	24,5

Année															
2011		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	10,6	10,3	13,4	17,6	19,7	23,2	27,5	28,5	24,8	19,6	15,7	11,7	222,6	18,6
T°Moy/mensu	mini	6,9	6,3	8,7	12,1	14,8	17,8	21,6	21,8	18,9	14,5	12,2	8,3	163,9	13,7
T°Moy/mensu	MAX	15,9	15,8	19,5	24,4	26,0	29,6	35,1	37,2	32,5	27,1	21,4	16,8	301,3	25,1

2012		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	9,9	6,5	13,3	15,3	19,9	26,4	27,8	30,3	24,4	20,8	16,3	11,9	222,8	18,6
Année	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

Année															
2013		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	10,8	9,4	14,3	15,8	17,5	22,0	26,7	26,9	24,1	23,1	13,6	11,2	215,4	18,0
T°Moy/mensu	mini	6,9	5,2	10,4	11,3	12,8	15,5	20,3	20,3	19,1	18,1	17,9	7,4	165,2	13,8
T°Moy/mensu	MAX	15,7	14,6	19,4	21,8	23,0	28,9	34,5	35,1	31,1	30,6	10,7	16,9	282,3	23,5

Année															
2014		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	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

Année															
2015		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	9,9	9,8	13,1	17,3	21,4	24,7	29,7	28,8	24,4	20,2	14,9	12,2	226,4	18,9
T°Moy/mensu	mini	6,0	6,5	8,4	11,7	15,2	17,9	22,2	23,2	19,7	16,0	10,8	7,2	164,8	13,7
T°Moy/mensu	MAX	15,6	13,9	19,3	24,4	28,7	32,0	38,4	35,8	30,5	26,2	21,0	19,3	305,1	25,4

Année															
2016		JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu	en°C	12,8	12,6	12,5	16,1	19,0	24,3	27,9	27,1	24,3	22,5	15,7	12,6	227,4	19,0
T°Moy/mensu	mini	8,6	8,5	7,8	11,2	13,6	17,1	20,7	20,4	18,0	16,9	11,4	9,3	163,5	13,6
T°Moy/mensu	MAX	18,4	18,0	17,6	22,1	25,0	32,0	35,7	34,6	31,7	29,6	21,3	17,6	303,6	25,3

Annexe 3 :

Précipitations mensuelles moyennes (en mm) pour la période 1995 – 2014 au niveau de trois stations

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout
Azazga	48,7	82	141	181	177,7	105	101	136	65,3	9,2	3,1	7
TiziOuzou	40,5	67	132	150	154	89,3	76,1	92	57,7	8,8	3,8	6
Boubir	47	75	118,2	155	144,9	83	92,7	121	65,3	9,1	5,2	10,7

(source : A,N,R,H de TiziOuzou)

Annexe 4 : Les températures et les précipitations enregistrées à TiziOuzou pour la période allant de 2000 à 2015

Mois	jan	Fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Dec
T(°C)	10.94	11.34	14.26	17.16	20.86	26.48	29.72	29.89	26.09	22.20	15.84	12.50
P(mm)	129.60	103.29	86.07	81.34	68.18	12.03	2.52	6.66	38.8	65.62	125.44	133.12