

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou

é des sciences biologiques et sciences agronomiques

Département d'Ecologie et Environnement



Mémoire

De fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Animale

Thème

Contribution à l'étude de la faune benthique de l'Oued Sébaou et son principal Affluent l'Oued Boubhir (Tizi-Ouzou) et évaluation de la qualité de l'eau par l'indice biotique (IB).

Réalisé par: M^{lle} HAMMACHE Wissam et M^{lle} HARBADI Malika

Soutenu le 26/09/2023

Président : M^r MEZANI S.

M.C.A PUMMTO

Examinatrice : M^{me} KHAMMES N.

M.A.A PUMMTO

Promotrice : M^{me} HAOUCHINE S.

M.A.A PUMMTO

Promotion : 2022/2023



Remerciement

On tient à remercier tous d'abord le Dieu de tous puissant et miséricordieux de nous avoir donné le courage et la volonté de parvenir à la fin de ma recherche qui sera sanctionné par un diplôme de master 2 en écologie animale.

Nos remerciements les plus sincères vont aussi à l'ensemble des personnes qui m'ont porté aide et assistance à l'élaboration de notre travail ainsi qu'à la réussite de notre cursus universitaire.

On tient à présenter notre profonde reconnaissance à notre promotrice Mme HAOUCHINE Pour son aide, ses précieux conseils, ses orientations et son suivi tout au long de notre modeste travail.

On remercie également à Monsieur LOUNACI professeur à l'UMMTO, l'ensemble du personnel du laboratoire en particulier Monsieur BAIKECHE et Mlle KECHEMIR,

Nos remerciements s'étendent également à nos professeurs toutes spécialités confondues qui n'ont formé durant tous notre cursus universitaire, et à l'ensemble de la composante humaine de l'université Mouloud MAAMERI.

On tient à remercier vivement l'ensemble du jury qui ont fait l'honneur d'examiner notre travail.

Enfin on adresse nos remerciements à nos parents, à toute nos familles, nos ami(e)s qui n'ont soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de notre travail.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui j'ai tant aimés avec beaucoup d'affection et je suis vraiment fière de les avoir dans ma vie, tous les plus beaux mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je leurs porte.

Tout d'abord je le dédie à : À mon père qui a été toujours là pour moi, qui se plié corps et âme pour que je ne manque de rien.

À La plus belle créature que Dieu a créée sur cette terre À cette source de tendresse, de patience, de générosité. À ma très chère mère.

Ensuite je le dédie à : Mes chères sœurs AMEL et NASSIMA, je leur souhaite tout le succès... Tout le bonheur.

À toute la famille HAMMACHE.

À toute la famille maternelle DJEGHALI.

À MALIKA, chère amie avant d'être binôme pour sa patience et sa compréhension tout au longs de ce projet.

Particulièrement à KHALI MOH, HASSIBA, FATMA, YAZID, SAMIA et KAHINA pour leurs soutiens et encouragement.

À mes adorables amies qui

m'ont apporté leur soutien tant moral que physique et de près au de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

À toute la promotion (2022-2023) sans exception

À tous ceux qui par, un gentil mot m'a donné la force et le courage de continuer.

Wissam





Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui j'ai tant aimés avec beaucoup d'affection et je suis vraiment fière de les avoir dans ma vie, tous les plus beaux mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je leurs porte.

Tout d'abord je le dédie à : La plus belle créature que Dieu a créée sur cette terre

À cette source de tendresse, de patience, de générosité.

À ma très chère mère.

À mon père qui a été toujours là pour moi, qui se plie corps et âme pour que je ne manque de rien.

Ensuite je le dédie à :

Mes chers frères Djamel et El mahdi

À ma sœur Meriem

À toute la famille HARBADI.

À toute la famille maternelle « SEBIH »

Je dédie ce travail à mes chers professeurs,

À ma chère amie et ma deuxième sœur Wissam

À tous ceux qui par, un gentil mot m'a donné la force et le courage de continuer.

Malika



Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1 : Caractéristiques générales de la région d'étude	
1.1- Situation géographique de la région d'étude.....	3
1.2- Géologie.....	4
1.3- Climatologie.....	4
1.3.1- Précipitations	5
1.3.2- Température.....	6
1.3.2.1 Température de l'air	6
1.3.2.2 Température de l'eau	7
1.3.3- Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953)	9
1.4- Végétation	10
1.5- Perturbations anthropiques.....	11
Chapitre 2 : Sites et Méthodes d'Etude	
2.1- Description des cours d'eau et des stations étudiées	14
2.1.1- Oued Sébaou.....	16
2.1.2- Sous bassin de l'Oued Boubhir	17
2.1.2.1- Oued Boubhir	18
2.1.2.2.-Assif Illilthen	18
2.1.2.3.-Assif N'Ath Atsou	19
2.1.2.4.-Assif Tirourda	20
2.2- Etude de quelques paramètres environnementaux	21
2.2.1- Pente	21

2.2.2- Débit et vitesse du courant	21
2.2.3- Substrat	23
2.3- Matériels et méthodes d'étude de la faune benthique	24
2.3.1- Techniques d'échantillonnage.....	25
2.3.2- Chasse d'adultes	25
2.3.3- Lavage, Tri et détermination	25
2.4-Méthode d'analyse de la faune	26
2.4.1-Indice de la diversité	26
2.4.1.1-Indice de diversité de Shannon	26
2.4.1.2-Indice d'équitabilité	27
2.4.2-Occurrence et Abondance	27

Chapitre 3 : Analyse de la faune

3.1- Analyse globale de la faune benthique	30
3.2-Abondance stationnelle	36
3.3-Richesse taxonomique	37
3.4-Diversité et Equitabilité	41
3.5- Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique	42
3.5.1- Les Diptères.....	42
3.5.2- Les Ephéméroptères	44
3.5.3- Les Plécoptères.....	48
3.5.4- Les Coléoptères	51
3.5.5- Les Trichoptères	54
3.5.6- Les Hétéroptères	56
3.5.7- Les Oligochètes	58
3.5.8- Les Mollusques.....	60

3.5.9- Autres groupes faunistiques 61

Chapitre 4 : Evaluation de la qualité de l'eau

4.1- Méthodes de détection et d'estimation du degré de pollution 64

4.2- Principe de calcul de l'indice biotique 65

4.3-Cartographie de la qualité de l'eau 70

4.4.-Résultats et Discussion 70

Conclusion..... 74

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude (LAMINE, 2021).	3
Figure 2 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités du Djurdjura (Ath–Ouabane et Tizi-Ouzou) Période : 2007-2017 ; données de l'A.N.R.H. de Tizi-Ouzou..6	6
Figure 3 : Températures moyennes mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou (alt. 190 m) période 2013-2022 (données ONM de Tizi-Ouzou).	7
Figure 4 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations étudiées.....	8
Figure 5 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953) de la région de Tizi- Ouzou (période 2013-2022).	9
Figure 6 : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.....	15
Figure 7 : Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'études	31
Figure 8 : Abondance de la faune benthique dans les stations d'études.....	37
Figure 9 : Richesse taxonomique des stations étudiées.....	38
Figure 10 : Abondance des taxons dans les stations étudiées	40
Figure 11 : Occurrence des taxons dans les stations étudiées	40
Figure 12 : Evolution des indices de SHANNON (H') et d'Equitabilité (E) dans les stations étudiées.....	42
Figure 13 : Abondance des Diptères dans les stations étudiées	44
Figure 14 : Distribution des Diptères dans les stations étudiées.	44
Figure 15 : Abondance des Ephéméroptères dans les stations étudiées.....	47
Figure 16 : Distribution des Ephéméroptères dans les stations étudiées.....	48
Figure 17 : Abondance des Plécoptères dans les stations étudiées.	51
Figure 18 : Distribution des Plécoptères dans les stations étudiées.	51
Figure 19 : Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées.	54

Liste des figures

Figure 20 : Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées.	54
Figure 21 : Abondance des Trichoptères dans les stations étudiées.	56
Figure 22 : Distribution des Trichoptères dans les stations étudiées.	56
Figure 23 : Abondance des Héteroïptères dans les stations étudiées	58
Figure 24 : Distribution des Héteroïptères dans les stations étudiées.	58
Figure 25 : Abondance des Oligochètes dans les stations étudiées.	59
Figure 26 : Distribution des oligochètes dans les stations étudiées.	59
Figure 27 : Abondance des Mollusques dans les stations étudiées.	60
Figure 28 : Distribution des Mollusques dans les stations étudiées.....	60
Figure 29 : Analyse hydrobiologique des stations étudiées.	73
Figure 30 : La qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (méthode IB).	73

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Altitudes et pentes des stations des cours d'eau étudiés	21
Tableau 2 : Altitudes et vitesses du courant mesurées aux stations d'étude	22
Tableau 3 : Nature du substrat dans les stations étudiées	23
Tableau 4 : Nombre de taxons par groupes faunistiques	29
Tableau 5 : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude	32
Tableau 6 : Limite de détermination pratique des unités systématiques d'après TUFFREY ET VERNEAUX (1967)	65
Tableau 7 : Tableau standard de détermination d'indice biotiques d'après TUFFREY ET VERNEAUX (1967)	67
Tableau 8 : Liste faunistique des macro-invertébrés benthique récoltés lors de la campagne d'échantillonnage juin 2023	68
Tableau 9 : Qualité de l'eau en fonction d'indice biotique d'après TUFFREY ET VERNEAUX (1967)	70
Tableau 10 : Qualité hydrobiologique des cours d'eau	71

Liste des photographies

Photo 1 : Station FR	16
Photo 2 : Station TA	17
Photo 3 : Station PB	17
Photo 4 : Station BH.....	18
Photo 5 : Station AI.....	19
Photo 6 : Station AA	19
Photo 7 : Station TR1	20
Photo 8 : Station TR2	20
Photo 9 : Matériel utilisé pour le tri au laboratoire.	26
Photo 10 : Matériel utilisé pour le tri et la détermination au laboratoire.	26



Introduction

Introduction

L'eau, élément essentiel à la vie sur Terre, est au cœur de nombreux enjeux environnementaux et sociétaux contemporains. La préservation de sa qualité et la gestion de ses ressources sont devenues des préoccupations majeures pour les administrations, les chercheurs et les acteurs de la société. Parmi les défis auxquels l'eau est confrontée, la pollution représente l'un des aspects les plus préoccupants de la dégradation de l'environnement.

Au fil des décennies, l'utilisation des cours d'eau comme voies d'évacuation des déchets liquides, émanant tant des centres urbains que des industries, a généré une menace constante sur la qualité des eaux douces. Les conséquences de cette pratique se manifestent sous diverses formes, allant de la dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau à l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes. Cette détérioration a un impact significatif sur les écosystèmes aquatiques, se traduisant par la destruction de l'habitat, la perte de la biodiversité et la dégradation de la qualité de l'eau, mettant ainsi en danger la durabilité des ressources en eau.

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

Face à ces enjeux, il est devenu impératif de disposer d'outils efficaces pour évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques et pour mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre dans les cours d'eau. Les études faunistiques, qui portent sur la répartition spatio-temporelle et la structure des communautés benthiques, se sont révélées être des moyens précieux pour atteindre ces objectifs. En tant que bioindicateurs, elles permettent d'évaluer le degré d'altération des milieux aquatiques et de mettre en évidence les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau, ainsi que les fluctuations spatiales et temporelles de la pollution.

En Kabylie du Djurdjura de nombreux travaux ont été réalisés afin d'étudier les macroinvertébrés des milieux aquatiques continentaux. Parmi les principaux travaux connus, on peut citer ceux de LOUNACI (1987), AIT-MOULOUD (1988), ARAB (1989), GAGNEUR & ALIANE (1991), MOUBAYED *et al.* (1992), LOUNACI-DAOUDI (1996), THOMAS (1998), SAMRAOUI & MENAI (1999), LOUNACI *et al.* (2000a), LOUNACI *et al.* (2000b), MEBARKI (2001), ARAB (2004), ARAB *et al.* (2004), LOUNACI & VINÇON (2005),

Introduction

LOUNACI (2005), MOUBAYED *et al.* (2007), ZERGUINE *et al.* (2009), YASRI (2009), HAMZAOU (2009), SEKHI (2010), HAOUCHINE (2011), LAMINE (2021) et SEKHI (2022). Ces chercheurs ont abordé divers aspects de la faune et de l'écologie des cours d'eau algériens.

Dans ce contexte, notre recherche s'attache à explorer des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, en mettant particulièrement l'accent sur l'Oued Sébaou et l'un de ses principaux affluents, l'Oued Boubhir. L'objectif central de notre étude est de réaliser une analyse hydrobiologique complète, en se basant sur des données faunistiques, afin d'évaluer la qualité de l'eau et de contribuer à la préservation durable de ces écosystèmes aquatiques.

Notre travail est structuré en quatre chapitres, chacun ayant un rôle spécifique dans l'atteinte de ces objectifs.

Le premier chapitre, présente les caractéristiques physiques et environnementales de la région d'étude, le deuxième chapitre, se penche sur les méthodes et les techniques d'échantillonnage utilisées, le troisième chapitre est dédié à l'analyse des macroinvertébrés benthiques, et le quatrième chapitre évalue la qualité de l'eau à l'aide de la méthode des indices biotiques.

Chapitre 1

Caractéristiques générales de la
région d'étude

1.1- Situation géographique de la région d'étude

La Kabylie du Djurdjura est située dans le centre Nord de l'Algérie, à 100 km à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen (figure 1). Comprise entre 3°35' et 5°05' de longitude Est, et entre 36°22' et 36°55' de latitude Nord, elle s'étend d'Ouest en Est, de Thenia à Bejaia et du Sud au Nord, depuis les massifs montagneux du Djurdjura jusqu'à la vallée du Sébaou (Tizi-Ouzou).

L'Oued Sébaou est le principal cours d'eau de la Kabylie. Il reçoit l'ensemble des affluents provenant du bassin versants, il début à l'Est de la chaîne de Djurdjura, entre le col de Tirourda, col de Chellata, et col de L'Akfadou. Il coule d'Est en Ouest, Puis prend la direction Sud-Nord, avant de se jeter dans la mer.

D'après YAKOUB (2005), le bassin versant du Sébaou s'étale sur une superficie de 2 500 Km² et une largeur de 117 Km.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau du sous bassin versant du nord du Djurdjura, il nous a paru intéressant de retenir les cours d'eau qui drainent les écoulements du flanc Nord de l'extrémité orientale du Djurdjura : col Tirourda, Oued Boubhir et l'Oued Sébaou.

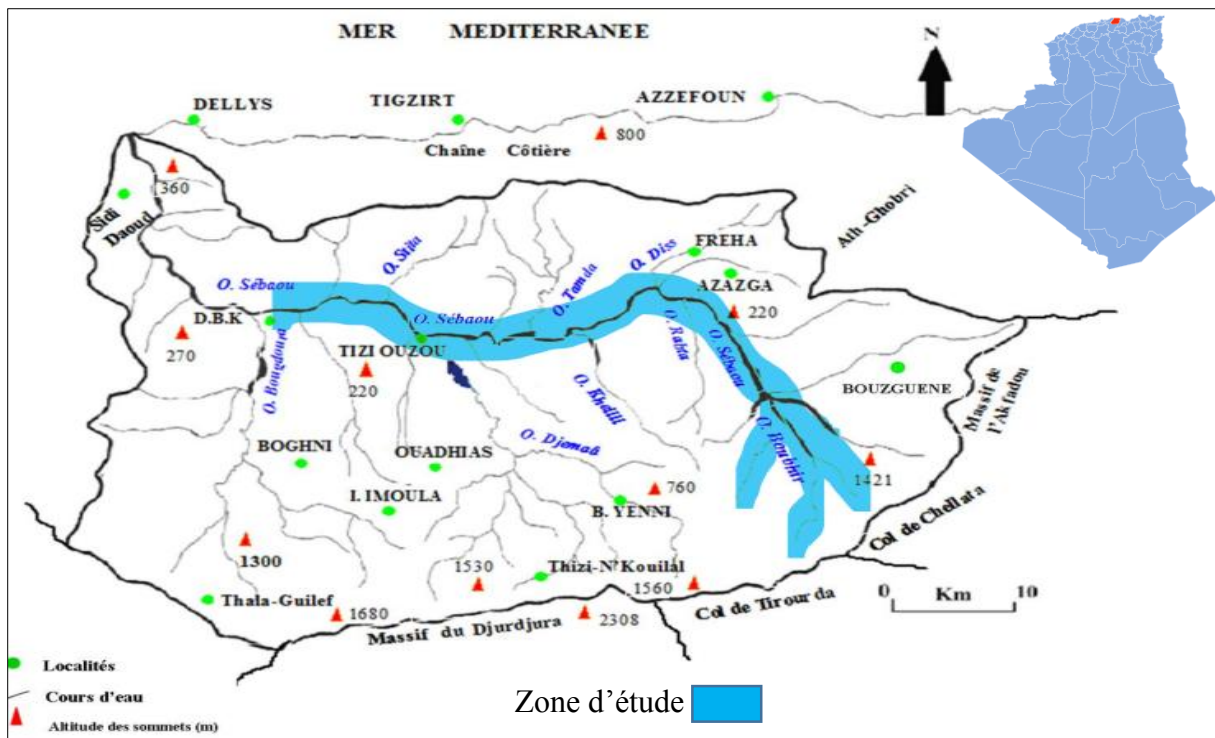


Figure 1: Situation géographique de la région d'étude (LAMINE, 2021).

1.2- Géologie

Le Djurdjura est une chaîne de montagnes qui s'est formée lors du plissement alpin (ou orogénèse alpine). Elle représente la couverture sédimentaire fortement plissée et fracturée du massif métamorphique de Grande Kabylie FLANDRIN (1952) ; ABDESSLAM (1995). Le socle géologique du Djurdjura central appartient aux formations des ères secondaires et tertiaires (Figure 2).

La structure géologique générale du massif du Djurdjura correspond selon Flandrin, (1952) et Flandrin et *al.* (1952) à un empilement d'écailles fortement redressés et à vergence sud. L'ensemble de la structure, qui s'abaisse progressivement d'est en ouest, s'ennoie sous les formations molassiques nummulitiques à partir du méridien de Tala Guilef.

- **La Chaîne calcaire du Djurdjura**

Les calcaires massifs du Djurdjura sont très épais et appartiennent au lias inférieur et à l'Eocène. Ils sont remarquablement développés et fortement karstifiés. Ils constituent les principaux aquifères du massif (ABDESSELAM et *al.*, 2000).

- **Socle kabyle**

Ce sont les massifs primaires kabyles. Ils sont représentés par une forte série Cristallophyllienne dont la base est un complexe gneissique surmonté par des micaschistes et des phyllades (BOSSIERE, 1980), l'ensemble est recoupé par quelques intrusions granitiques. Les régions métamorphiques se situent en grande partie à l'ouest de Tizi-Ouzou.

1.3- Climatologie

Selon FAURIE et *al.* (1980), le climat joue un rôle essentiel dans la distribution des êtres vivants.

L'Algérie est un pays du Nord-africain, son climat se diffère de Nord-Sud, Est-Ouest. Selon ABDESSELAM (1995), il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), et semi-aride sur les hauts plateaux, et désertique à l'extrême sud.

La Kabylie se caractérise par une diminution des températures en hiver et des précipitations abondantes pour la même saison, grâce à son ouverture aux influences maritimes par une série de trouées et de vallées. Les masses d'air qui arrivent du Nord dominant et

déterminent une saison hivernale froide et humide qui s'étale du mois de décembre jusqu'au mois de février (LAMINE, 2021).

1.3.1- Précipitations

La pluviométrie joue un rôle capital sur la répartition et le fonctionnement des écosystèmes terrestres (RAMADE, 1984). L'eau influe sur le développement des animaux, leurs répartitions dans les biotopes et sur la densité de leurs populations (DAJOZ, 1971).

Les auteurs ayant étudiés le climat de l'Algérie citent la Kabylie du Djurdjura parmi l'une des régions les plus arrosées, environ 10% de sa superficie se trouve au-dessus de 800 m d'altitude. Le potentiel des eaux de surface est relativement élevé dans cette région, sont dus au rôle des massifs montagneux du Djurdjura. Ce dernier par son orientation Est-Ouest, il constitue une barrière naturelle aux vents humides provenant du Nord-Ouest donnant naissance à des précipitations assez élevées.

Les pluies sont essentiellement torrentielles, l'écoulement est dévastateur avec des chutes d'eau en cascades et des débits élevés. Cependant, ce régime est limité aux périodes pluvieuses. En été, il est pratiquement sec partout. Les sources soutiennent l'étiage, mais souvent sur de petites distances (ABDESSELAM, 1987).

❖ Précipitations annuelles

La pluviométrie annuelle de la Kabylie augmente avec chaque élévation de l'altitude (chaîne littorale, massif ancien kabyle, versant nord du Djurdjura), par contre la diminution est sensible dans les dépressions de Tizi-Ouzou (MEDDOUR, 2010).

❖ Précipitations mensuelles

Les valeurs moyennes des précipitations enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Ath Ouabane, et Tizi-Ouzou) enregistrer entre 2007 et 2017, exprimées en mm sont présentées dans l'Annexe I. Elles nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou.

D'après les courbes des précipitations mensuelles retenues (figure 3), nous pouvons noter globalement, l'apparition de deux périodes distinctes :

Une période pluvieuse qui s'étend d'octobre à avril (les mois les plus pluvieux se concentrent entre novembre et avril), 80 % du total annuel, avec deux pics, en novembre et décembre et au printemps (avril) ;

Une période sèche comprise entre mai et septembre la saison sèche se concentre entre mai et septembre avec juin, juillet et août comme les mois les plus secs caractérisés par un déficit pluviométrique. Il est à noter que les précipitations des mois d'août et de septembre sont orageuses marquant la fin de la saison chaude.

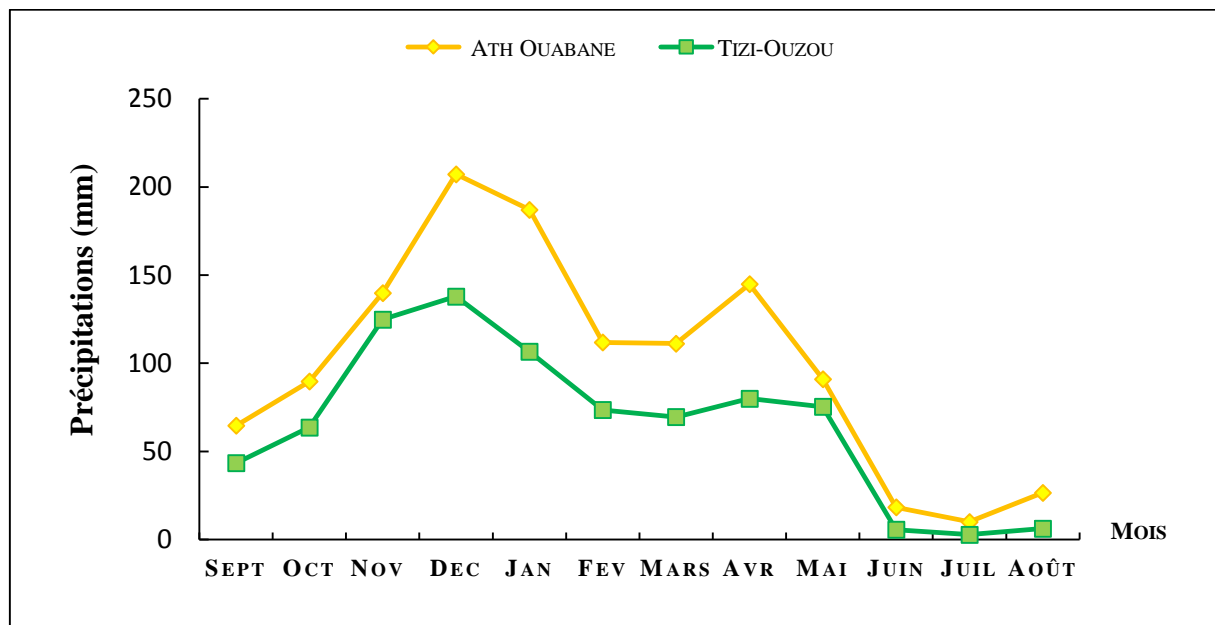


Figure 2 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités du Djurdjura (Ath–Ouabane et Tizi-Ouzou) Période : 2007-2017 ; données de l’A.N.R.H. de Tizi-Ouzou.

1.3.2- Température

1.3.2.1 Température de l’air

La température représente un facteur limitant car elle contrôle l’ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d’êtres vivants dans la biosphère (RAMADE,2003).

En effet, chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de température (DREUX, 1980).

En annexe II, nous avons rapporté les températures mensuelles de l'air (moyennes, maximales et minimales) enregistrée à Tizi-Ouzou pendant la période allant de 2013-2022 (source : Office National de Météorologie de Tizi-Ouzou).

La lecture de la figure 4. Il ressort clairement que :

Les mois les plus froids sont : décembre, janvier et février avec des températures moyennes respectives de 11,11°C, 9,87°C et 11,26°C et leurs températures minimales sont de 6,89°C, 5,84°C et 7,19°C.

Les mois de juillet, août et septembre sont les mois les plus chauds, leurs température moyennes enregistrées sont respectivement de 28,57°C, 28,39°C et 25,03°C, avec des maximas 33,88°C, 33,65°C et 29,58°C.

Les moyennes annuelles des températures de l'air sont variables d'une année à l'autre. La température moyenne interannuelle à Tizi-Ouzou est de 18 ; 37°C.

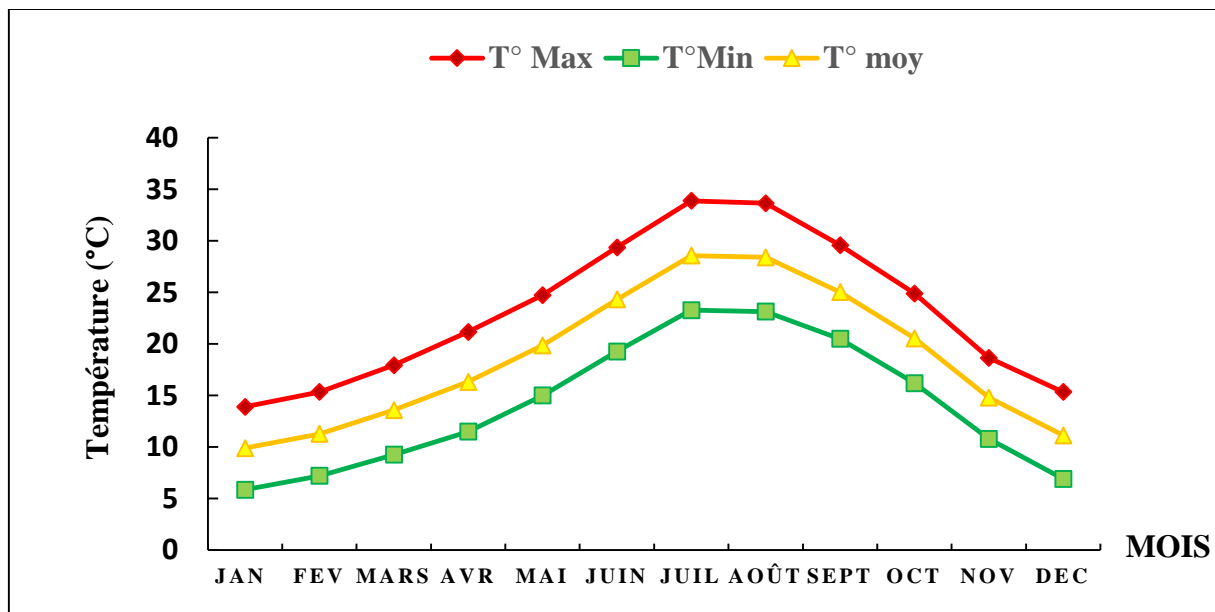


Figure 3 : Températures moyennes mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou, période 2013-2022 (données ONM de Tizi-Ouzou).

1.3.2.2 Température de l'eau

Selon TACHET et *al.*, 2010, La température de l'eau est un facteur écologique essentiel dans les eaux courantes. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des êtres vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau.

La température de l'eau joue un rôle primordial dans le déterminisme de la distribution longitudinale des zoocénoses (LOUNACI, 2005).

Les températures de l'eau ont été mesurées in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure. Les valeurs de températures relevées sont données ici à titre indicatif (Annexe III).

Pour la description des stations, se référer au chapitre II.2.1, page 14.

L'analyse des données de température présentées (figure 5), Elle fait ressortir deux groupes de stations de point de vue thermique :

Le groupe 1 : les températures moyennes varient (2– 4 °C), renferme les stations des ruisseaux et des torrents de montagne (TR1, TR2, AA, et A1), les secteurs de ces stations sont alimentés par les eaux de source et de la fonte des neiges. Ils sont caractérisés par un écoulement de l'eau allant de très rapide à rapide et un ombrage assez dense.

Le groupe 2 : les températures moyennes varient de 13– 23°C, renferme des cours d'eau de piémont et de basse altitude (BH, FR, TA, PB). En effet l'insolation au niveau des piémonts, et basse altitude et l'absence d'ombrage le long des cours d'eau sont à l'origine de ces fortes températures.

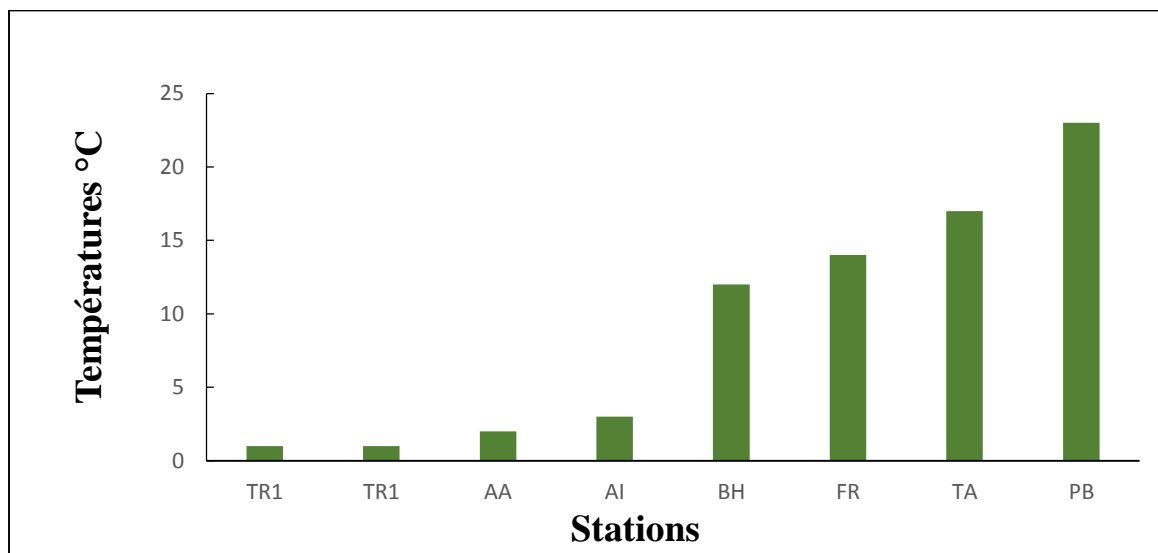


Figure 4 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations étudiées.

1.3.3- Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953)

Un diagramme Ombrothermique également connu sous le nom de diagramme climatique, est un outil pour présenter le climat d'une région (DAJOZ, 2000).

Il combine des informations sur la température et les précipitations pour présenter le climat d'un site donné sur une base mensuelle ou annuelle (FAURIE *et al.*, 2003).

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

Dans l'annexe IV, nous avons reporté les températures et les précipitations mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou pour la période allant de 2013-2022.

L'analyse de diagramme Ombrothermique (figure 6) montre que :

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

La période humide est de huit mois. Elle s'étend de la fin du mois de septembre jusqu'à la fin du mois de mai.

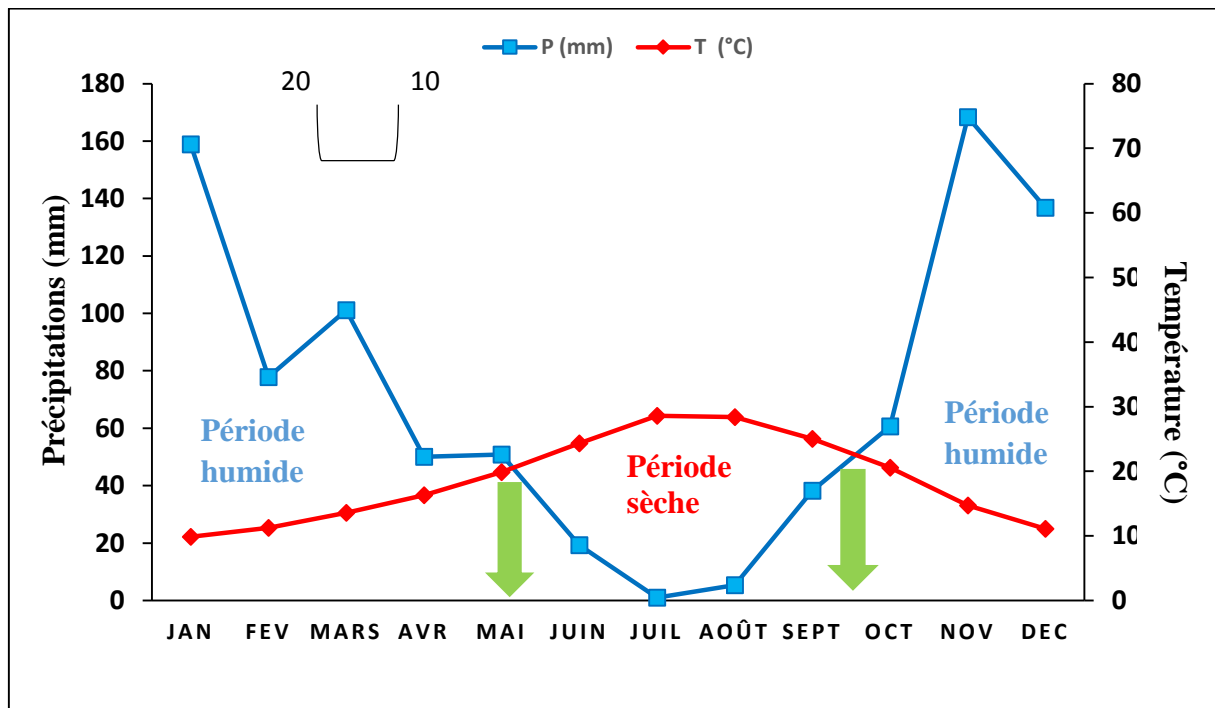


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953) de la région de Tizi- Ouzou (période 2013-2022).

1.4- Végétation

Le couvert végétal influe sur les écoulements superficiels. La résistance à l'écoulement de l'eau est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. De plus, la végétation

empêche le réchauffement excessif des eaux en été et joue un rôle primordial dans la répartition de la faune benthique (LOUNACI, 2005).

Plusieurs études ont été consacrées à la végétation de Djurdjura, des études anciennes LAPIE (1909) et de QUEZEL (1957), complémenté par des travaux récents de KROUCHI, (2010) et MEDDOUR(2010).

La flore du Djurdjura est représentée par 1242 espèces végétales identifiées et regroupées en 84 familles dont :

- 1100 espèces de spermaphytes, d'après QUEZEL & SANTA (1962), dont 111 espèces médicinales 140 espèces sont rares ou menacées, 35 espèces sont endémiques.
- 90 espèces de champignons.
- 52 espèces de lichens.

Cette flore est répartie sous forme d'une mosaïque assez complexe :

Aux altitudes > à 1100 m, la végétation est généralement représentée par des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants : ronces (*Rubus sp*), genets (*Genista sp*) et quelques pieds de cèdres (*Cedrus atlantica*) épars ;

Aux altitudes 1100 – 800 m, c'est le domaine des forêts de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de chêne liège (*Quercus suber*) et de frêne (*Fraxinus sp*). Ce sont des feuillus qui empêchent le réchauffement de l'eau en été ;

Aux altitudes < à 800 m, on rencontre des arbres du domaine agricole (cultures fruitières) comme l'olivier (*Olea europea*), le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punica granatum*) et le cerisier (*Prunus cerasus*).

Aux altitudes inférieures à 300 m près des cours d'eau, la végétation est relativement clairsemée. Elle est représentée par des maquis denses à dominance de cyste (*Cistus monpeliensis*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), l'if (*Taxus baccata*), le houx (*Ilex aquifolium*), le peuplier noir (*Populus nigra*), la bruyère (*Erica arborea*), le roseau (*Phragmites sp*), le merisier (*Cruvius avium*), le laurier rose (*Nerium oleander*), le lentisque (*pistacia lentiscus*), l'olivier sauvage (*Olea europea oleaster*) et l'Eucalyptus (*Eucalyptus sp*).

Pour ce qui concerne la végétation aquatique, elle est abondante dans les cours moyens et inférieurs des cours d'eau. Elle est composée de mousses, d'algues filamenteuses et de macrophytes.

1.5- Perturbations anthropiques

L'évolution du paysage sous la pression des activités humaines est considérée comme l'une des causes majeures de l'érosion de la biodiversité (AMROUN,2005).

D'après LOUNACI(2005), les dégradations causées par les activités humaines ont conduit à la fragmentation croissante des milieux, se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'organismes aquatiques avec une perte de diversité et/ou des déséquilibres démographiques.

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

Dans les piémonts et en basse altitudes, les atteintes au milieu dues à l'homme sont plus intenses. Les principales sources de pollution sont de différentes origines :

- **Origine urbaine**

En milieu urbain, les sources de pollution sont faciles à identifier, ce sont essentiellement les effluents des usines d'épuration, les émissaires pluviaux ou encore les émissaires de débordement des réseaux d'égouts. La pollution diffuse urbaine, qui provient du ruissellement de surface, se trouve en très grande partie colonisée et rejetée au cours d'eau de façon ponctuelle.

- **Origine agricole**

La pollution agricole retient l'attention du fait de ses effets néfastes sur la qualité et les fonctions des cours d'eau. Elle représente un cas typique de pollution multiple et généralisée du compartiment aquatique (CALVET *et al.*, 2005). L'utilisation accrue des intrants agricoles contribue dangereusement à la dégradation de la qualité des eaux. Les engrais chimiques contribuent à l'eutrophisation des plans d'eau, par des eaux de ruissellement qui y apporte d'importantes quantités d'éléments nutritifs (SOCLO *et al.*,2003).

- **Origine industrielle**

La pollution industrielle a débuté avec l'essor des activités industrielles.

La wilaya de Tizi-Ouzou compte plusieurs unités industrielles polluantes (ENIEM - Entreprise Nationale des Industriels de l'Electroménagers-, ENEL -Entreprise Nationale des Equipements Electriques-, ORLAC -Office National des Laiteries du Centre-), centrées essentiellement le long des cours d'eau dont les rejets épurés ou non aboutissent dans l'Oued Sébaou conduisant ainsi à une altération chimique des eaux.

- **Origine mécanique**

L'extraction de sable et de gravier entraîne une déstabilisation du lit des cours d'eau avec une modification de sa morphologie. Fortement exploité sur son cours moyen et inférieur, cette extraction pourrait avoir de graves conséquences sur les écosystèmes aquatiques. A cela s'ajoute les rejets de toutes natures souvent par le biais de décharges publiques incontrôlées, des huileries, des stations de lavages graissages ainsi que les perturbations causées par l'extraction abusive de sable.

Chapitre 2

Sites et Méthodes d'Etude

Ce chapitre contient la description des cours d'eau et des points d'échantillonnage étudiés, Comprend une présentation générale du contexte environnemental et des méthodes de recherche utilisées. Pour répondre aux objectifs fixés, nous avons réalisé une campagne d'échantillonnage (juin 2023).

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

Le choix des stations retenues pour notre travail a été réalisé en tenant compte de certains paramètres tels que : l'altitude, la pente, le substrat, la distance à la source, la vitesse du courant, l'amont et l'aval des Agglomérations, ainsi que l'accessibilité aux stations, afin d'estimer l'importance de l'impact humain.

Dans le cadre de notre travail, notre intérêt s'est porté sur l'oued Boubhir le principal affluent de l'oued Sébaou, ainsi que sur quelques cours d'eau de montagne qui drainent les écoulements du flanc Nord-Est du Djurdjura depuis le Col de Tirourda jusqu'au Pont de Bougie, parmi les stations prospectées, 8 ont été retenues.

Les stations se répartissent comme suit :

- 3 stations sur l'oued Sébaou : (FR), (TA) et (PB) ;
- 1 station sur l'oued Boubhir : (BH) ;
- 1 station sur assif Illilten : (AI) ;
- 1 station sur assif N'Ath Atsou : (AA) ;
- 2 stations sur assif Tirourda : (TR1), (TR2).

Les stations retenues sont indiquées par des losanges (figure 7). Pour chaque station étudiée, nous indiquons :

- La localité la plus proche ;
- L'altitude ;
- La pente de la station ;
- La largeur moyenne du cours d'eau ;
- La profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- La vitesse du courant ;
- La nature du substrat ;
- La végétation ;
- La température de l'eau ;

- Le recouvrement ;
- L'action anthropique lorsqu'il en a.

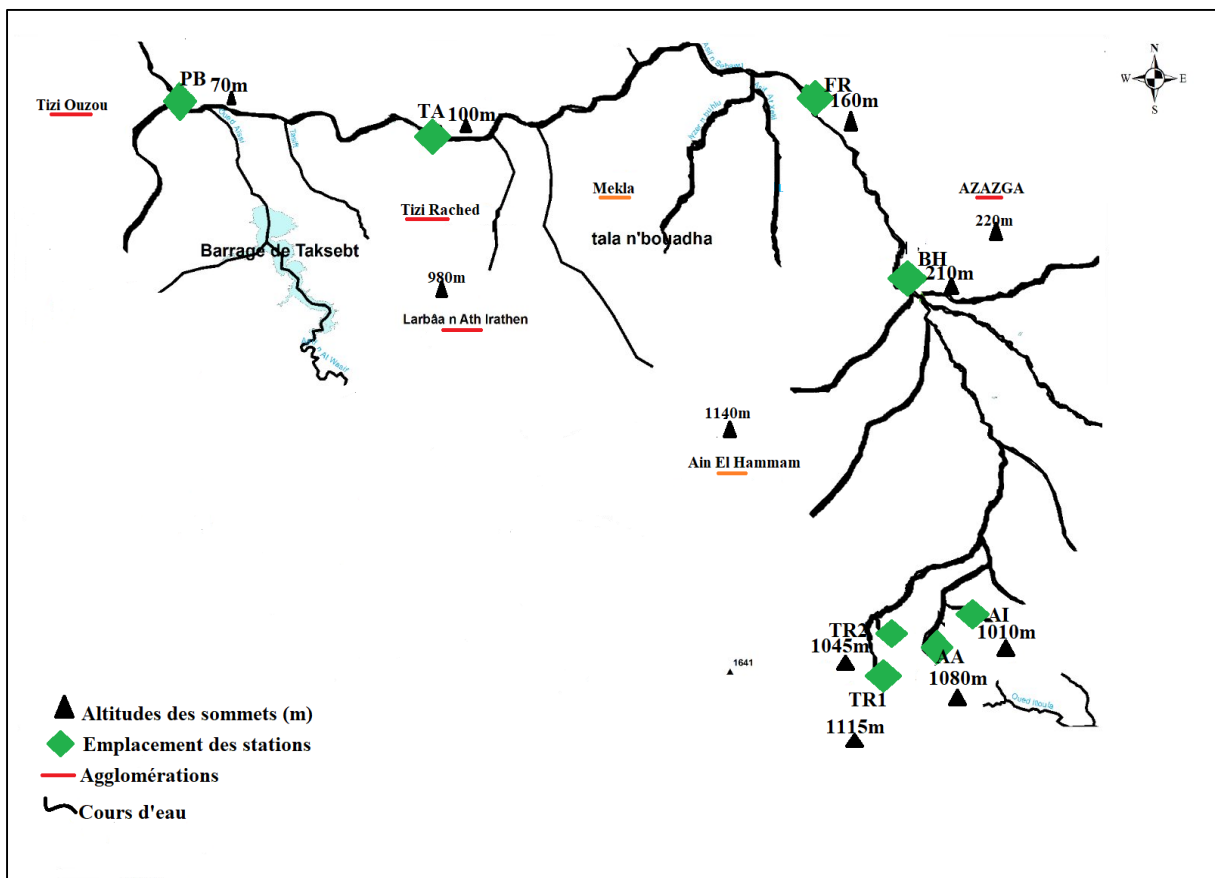


Figure 6 : Réseau hydrographique étudié et emplacement des stations.

2.1.1-Oued Sébaou

L'Oued Sébaou, principal cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, reçoit l'ensemble des écoulements provenant des bassins versants : flanc méridional de la chaîne côtière (Oueds Diss et Stita) et versant septentrional du Djurdjura (Oueds Boubhir, Oued Aissi et Bougdoura). Il coule d'est en ouest, sur une distance de 50 Km puis prend la direction sud-nord sur une vingtaine de Km avant de jeter dans la mer méditerranée.

Cet oued est affecté par plusieurs perturbations dues aux extractions de granulats, il reçoit également des rejets urbains, principalement des villes d'Azazga, Tamda, Tizi-Ouzou et Draâ-Ben-Khedda et industriels tels que ENEL (Entreprise Nationale des Industries Electrotechniques), SNLB (Société Nationale des Lièges et Bois), ENIEM (Entreprise Nationale des Industries Electroménagères, ORLAC (Office Régional de Lait Centre), etc...

Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : FR, TA et PB.

❖ Station FR

Station située à 2 km environ de Fréha (photo 1).

- Altitude : 160 m ;
- Pente de la station : 1,2% ;
- Profondeur : 15 à 40 cm ;
- Vitesse du courant : 30 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 10m ;
- Substrat : galet, gravier, sable, limons, détritiques organiques ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive ;
- Végétation aquatique : algues et macrophytes ;
- Action anthropique : rejets urbains, extraction artisanale de sable.



Photo 1 : Station FR

❖ Station TA

Station de plaine, localisée à 1 km en aval du village Tamda (photo 2).

- Altitude : 100m ;
- Pente à la station : 0,5% ;
- Profondeur : 10 à 15 cm ;
- Vitesse du courant : 20 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 10m ;
- Substrat : gravier, sable et détritiques organiques ;
- Végétation bordante : strate arborescente arbustive,

éparse, herbacée et épiphytes ;

- Végétation aquatique : algues et macrophytes ;
- Action anthropique : prélèvement de sable, rejets urbains et dépôts d'ordures sur les rives.



Photo 2 : Station TA

❖ Station PB

Station, située à 300m en amont du pont de Bougie (Photo 3).

- Altitude : 70 m ;
- Pente à la station : 0.2% ;
- Profondeur : 40 à 50 cm ;
- Vitesse du courant : lente à moyenne ;
- Largeur du lit : 10 m
- Substrat : graviers, sable et détritiques organiques ;
- Végétation bordante : roseaux, quelques frênes, n'affectent guère l'ensoleillement du cours d'eau ;
- Végétation aquatique : algues ;
- Actions anthropiques : Extractions abusives de sable et déversements des rejets de toute la ville de Tizi Ouzou.



Photo 3 : Station PB

2.1.2- Sous bassin de l'Oued Boubhir

2.1.2.1-Oued Boubhir

L'oued Boubhir, prend naissance au point de confluence des assifs El-Khemis et Tirourda. Il coule en orientation sud-nord sur une distance d'une dizaine de km, entre 300 m et 180 m d'altitude avant de se jeter dans l'oued Sébaou (haut Sébaou). Sa pente moyenne est de l'ordre de 1,4 % et la largeur de son lit mineur peut atteindre par endroit plus de 10 m.

Une seule station est retenue sur ce parcours : BH

❖ Station BH

Station située près la route w. 17, à une vingtaine de Km au Sud-Ouest d'Azazga (photo 4).

- Altitude : 210 m ;
- Pente à la station : 1,6% ;
- Vitesse du courant : 40 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 4 m ;
- Substrat : Galets, graviers, sable, Limons ;
- Végétation abondante : phragmites ;
- Végétation aquatique : algues filamenteuses, mousses, macrophytes ;
- Action anthropique : rejets domestiques, pompage d'eau, extraction de sable.



Photo 4 : Station BH

2.1.2.2.-Assif Illilthen

Cours d'eau de montagne de dimension réduite, prend naissance à 1500 m d'altitude à partir de sources et des ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte de neige du col de Tirourda. Il coule en orientation sud-nord sur une distance d'environ de 7 Km entre 1300 et 500 m d'altitude avant de se jeter dans l'Assif Halil (affluent de l'oued Boubhir).

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

❖ Station AI

Elle se située à 3 Km en amont du chef-lieu d'Illilthen (photo 5).

- Altitude : 1010 m ;
- Pente à la station : 16,8% ;

- Profondeur : 15 à 20 cm ;
- Vitesse du courant : 80 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 2m ;
- Substrat : Galets, graviers, rochers ;
- Végétation bordante : strate arborescente, strate arbustive dense et épineuse ;
- Végétation aquatique : algues ;
- Action anthropique : rejets domestiques.

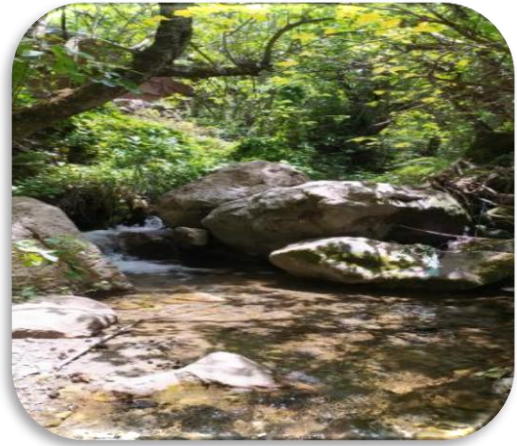


Photo 5 : Station AI

2.1.2.3.-Assif N'Ath Atsou

Il est le type même de cours de haute montagne. Il prend naissance au pied du col dit « Azerou N'Thor » à partir des sources et des petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluies et de fonte des neiges. Il coule en orientation sud-nord entre 1400 et 900 m sur une distance de 6 Km. Il borde le village d'Ath Atsou avant de rejoindre Assif d'Iferhounene.

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

❖ Station AA

Cette station est située à 500 m en amont du village Ath Atsou (photo 6).

- Altitude : 1080 m ;
- Pente à la station : 19,8% ;
- Profondeur : 5 à 10 cm ;
- Vitesse du courant : 120 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 1 à 1,5 m ;
- Substrat : dalles, sables, galets, rochers ;
- Végétation bordante : strate arborescente,

Arbustive dense, épineuse ;

- Végétation aquatique : quelques mousses ;
- Absence d'influences anthropiques.

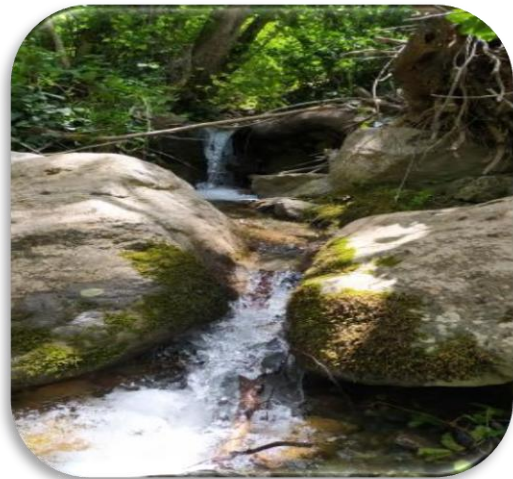


Photo 6 : Station AA

2.1.2.4.-Assif Tirourda

Cours d'eau de montagne de dimensions réduites, il prend naissance au pied du col de Tirourda. En période de hautes eaux, il cascade sur un long parcours de près de 5 km dans les creux des montagnes. Il coule en orientation sud-nord, entre 1400m et 900 m d'altitude avant de se jeter dans l'assif Boubhir.

Deux stations sont retenues sur ce parcours : TR1 et TR2.

❖ Station TR1

Elle est située à 1 Km en aval du col Tirourda (photo 7).

- Altitude : 1115 m ;
- Pente à la station : 14,8 % ;
- Profondeur : 15 à 20 cm ;
- Vitesse du courant : 120 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 1 à 1,5 m ;
- Substrat : Galets, dalles, sable ;
- Végétation bordante : strate arborescente ;
- Végétation aquatique : quelques mousses ;
- Absence d'influence anthropique.



Photo 7 : Station TR1

❖ Station TR2

Elle est située à 2 Km en aval du TR1 (photo 8).

- Altitude : 1045 m ;
- Pente à la station : 13,6%.
- Profondeur : 10 à 15 cm ;
- Vitesse du courant : 110 cm/s ;
- Largeur du lit mineur : 0,5 m ;
- Substrat : Galets, dalles, limons, graviers ;
- Végétation bordante : strate arborescente ;
- Végétation aquatique : quelques mousses ;
- Influence anthropique : rejets domestiques.

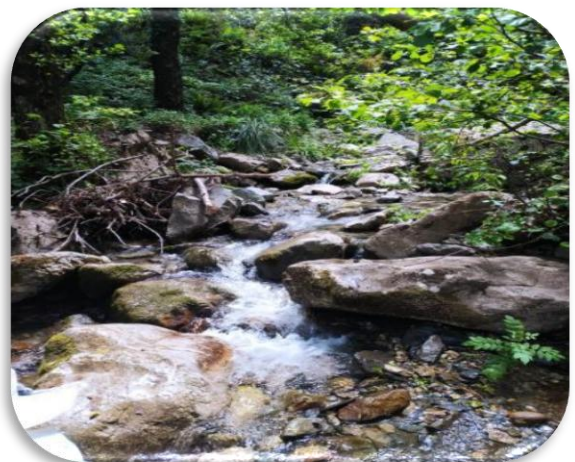


Photo 8 : Station TR2

2.2-Etude de quelques paramètres environnementaux

2.2.1-Pente

La pente d'un cours d'eau joue un rôle important dans la distribution et l'adaptation de la faune benthique. La structure physique de l'habitat, la variation des courants, la disponibilité des ressources alimentaires, la dynamique des habitats et l'oxygénation de l'eau sont autant de facteurs influencés par la pente, ce qui affecte directement la présence et l'abondance des espèces benthiques.

En tenant compte de la longueur des cours d'eau étudiés et la grande différence d'altitude entre les ruisseaux et les secteurs de piémont et de basse altitude, nous observons d'importantes variations de pente (Tableau 1).

- Les secteurs les plus pentus correspondent aux cours d'eau de montagne : alt. 1010 m à 1115m. Les pentes varient de 13,6% à 19,8 % (secteur des stations TR1, TR2, AA et AI).
- Dans les zones de piémont et de basses altitudes, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau. Les pentes aux stations de BH et FR sont respectivement de 1,6% et 1,2%.
- En plaine (alt < 100m), le profil s'approche de l'horizontal. L'eau coule sur un lit large et relativement plat, les pentes sont de 0,5% (TA) et 0,2% (PB).
- **Tableau 1** : Altitudes et pentes des stations des cours d'eau étudiés.

Stations	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Altitude (m)	1115	1045	1080	1110	210	160	100	70
Pente à la station	14.8	13.6	19.8	16.8	1.6	1.2	0.5	0.2

2.2.2-Débit et vitesse du courant

Les débits dépendent de l'altitude, de la distance à la source la plus en amont, de la nature des terrains traversés et des précipitations, ils jouent un rôle crucial dans la distribution, composition et la dynamique des communautés benthiques.

La diminution du débit peut avoir des conséquences directes sur l'habitat aquatique notamment en ralentissant le transport et en favorisant le dépôt des particules fines en

suspension dont la surabondance peut provoquer asphyxie et réduction de l'habitat disponible, particulièrement dommageable pour les zones de reproduction (REISER & WHITE, 1988).

Selon LOUNACI (1987), la vitesse du courant dépend du débit, du substrat du fond et de la largeur du lit, de la pente, des précipitations (périodiques) et de la fonte des neiges qui en provoquent de grandes variations.

Dans notre travail, en raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant est quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station. Les mesures sont effectuées en surface du cours axial, sur une distance connue à l'aide d'un flotteur. Le temps écoulé par le flotteur permet de calculer la vitesse.

Les vitesses du courant relevées dans les huit stations sont portées sur le tableau 2. Elles sont classées en cinq catégories 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 m/s

La vitesse du courant varie d'une station à l'autre.

- Les stations de hautes altitude (alt. 1010 m – alt. 1115) TR1, TR2, AA et AI présentent des vitesses du courant rapides à très rapides ;
- Les stations de piémont (alt. 160 m – alt. 210 m) FR et BH présentent des vitesses du courant moyenne ;
- Les stations de basses altitude (alt. 100 – alt. 70 m) TA et PB présentent des vitesses du courant lentes.

En effet, la vitesse de courant ralentie de l'amont vers l'aval à cause de la pente qui est plus élevée en amont et plus faible en aval à cause de l'élargissement du lit des cours d'eau (Tableau 2)

Tableau 2 : Altitudes et vitesses du courant mesurées aux stations d'étude.

Stations	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Altitudes (m)	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
Largeur du lit (m)	1.5	1.5	1.5	2	4	10	10	10
Vitesse du courant (Cm/s)	120	110	120	80	40	30	20	10
Observation	T. R	T. R	T. R	R	M	M	L	L

T.R: vitesse très rapide, **R** : vitesse rapide, **M** : vitesse moyenne, **L** : vitesse lente.

2.2.3-Substrat

Chez les macroinvertébrés, le substrat est indispensable à l'accomplissement de nombreuses fonctions biologiques telles que la reproduction, le développement des œufs et l'alimentation (HYNES, 1970 ; MINSHALL, 1984). Il influence leur répartition spatiale au niveau local (CUMMINS & LAUFF, 1969), et la structure (RICHARDS *et al.*, 1993) et la productivité du peuplement (WATERS, 1984) au niveau du cours d'eau.

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

La répartition des particules constituant le lit du cours d'eau est contrôlé par l'écoulement, qui produit ainsi une mosaïque de substrats très diversifiée. On distingue fondamentalement les substrats fins relativement fluides en raison d'une forte teneur en eau, des substrats grossiers plus rigides (WARD *et al.*, 1998).

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 3).

La distribution des stations en fonction de la nature du substrat montre une hétérogénéité du substratum.

- Aux niveaux des stations de hautes altitude (TR1, TR2, AA et AI) le substrat est à dominance de gros galets et de graviers, contrairement à la végétation aquatique est composée que de quelques mousses ;
- Dans les stations de piémont et de basse altitude (BH, FR, TA et PB) le substrat est plutôt hétérogène : Galets-Graviers, Sable-Limons avec une abondance de matière organique et de végétation aquatique (algues).

Tableau 3 : Nature du substrat dans les stations étudiées

Stations	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Gal-Gra (%)	100	95	90	90	50	30	30	10
Sab-Lim (%)	0	0	5	0	20	30	40	50
M.O (%)	0	0	0	0	10	20	10	10
V.A (%)	0	5	5	10	20	20	20	30

- **Gal** : galets, **Gra** : graviers, **Sab** : sable, **Lim** : limons, **M.O** : matière organique,
- **V.A** : végétation aquatique.

2.3-Matériels et méthodes d'étude de la faune benthique

En raison de la systématique importante et la diversité des macroinvertébrés benthiques, ces derniers colonisent une grande variété d'habitats et de microhabitats. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat.

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative du milieu à étudier pour obtenir un bilan le plus complet possible des taxons présents dans les cours d'eau. Six prélèvements sont effectués par station : trois en faciès lotique et trois en faciès lentique.

La récolte de la faune a été effectuée au cours du mois de Juin (2023).

2.3.1-Techniques d'échantillonnage

Le matériel biologique provient de prélèvements benthiques. Ces derniers ont été effectués à l'aide d'un filet surber pour les faciès lotique et d'un filet troubleau pour les faciès lentique.

❖ Milieu lentique

Les écosystèmes lenticques se distinguent les uns des autres selon leur taille et leur profondeur, on trouve ainsi des étangs et des lacs. Malgré leurs affluents et confluents ces écosystèmes restent relativement fermés à la différence des eaux courantes.

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

❖ Milieu lotique

La plupart des situations d'échantillonnage de la faune benthique dans les eaux courantes et peu profonde, les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un filet Surber.

Dans ce cas le filet à maille de 275 μm est déposé sur le fond du cours d'eau. Les pierres et les galets de la surface échantillonnée sont retournés et nettoyés à l'ouverture du filet pour arracher les espèces fixées ainsi que celles agrippées au substrat.

2.3.2-Chasse d'adultes

Des chasses d'adultes sont effectuées aux abords des cours d'eau, permettant de confirmer les déterminations des stades aquatiques. Les insectes repérés à vue d'œil en bordure des cours d'eau sur la végétation ou sur les pierres sont capturés à l'aide d'un filet fauchoir ou bien saisis à l'aide d'une pince entomologique souple, puis recueillis dans des piluliers remplis d'alcool à 70%.

La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notées à chaque prélèvement.

2.3.3- Lavage, Tri et détermination

Cette étape consiste à extraire la faune du substrat contenue dans l'échantillon. Elle se fait au laboratoire, où les échantillons conservés dans des récipients étiquetés sont rincés

abondamment à l'eau claire sur une série de tamis de mailles de tailles décroissantes (5 à 0,2 mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...) (EL AGBAN *et al.*, 1992).

Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béchers de 250 CC. Le tri, le comptage et la détermination commencent sous la loupe binoculaire. Les organismes sont manipulés délicatement, à l'aide de pinces fines dans des boîtes de pétri. Après cette opération, ces organismes sont transvasés dans des récipients contenant du formol à 8 %.

L'unité taxonomique retenue dans ce travail est le genre à l'exception de certains macroinvertébrés qui sont déterminés jusqu'à la famille, en raison des difficultés de détermination qu'ils présentaient pour nous. Pour ce faire nous nous sommes référés aux clés de détermination publiées par CLERGUE-GAZEAU (1991) et TACHET *et al.* (1980, 2000), ZOUGGAGHE & MOALI (2009).



Photo9 : Matériel utilisé pour le tri et la détermination au laboratoire



Photo10 : Matériel utilisé pour le tri au laboratoire

2.4- Méthodes d'analyse de la faune

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité de la faune.

2.4.1- Etude de la diversité

2.4.1.1 - Indice de diversité de SHANNON

L'indice de SHANNON(1949) est l'outil le plus répandu en écologie numérique. Selon BOURNAND & KECK (1980), il revêt une importance écologique majeure car il offre une indication globale sur l'importance relative des différents taxons présents dans un écosystème

donné. Cet indice permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu en prenant en compte à la fois la richesse spécifique (nombre total d'espèces) et la proportion représentée par chaque taxon au sein de la communauté. En combinant ces deux aspects, il fournit une mesure globale de la diversité et de la répartition des espèces dans un habitat particulier.

Il a pour modèle mathématique :

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

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 ;

S : nombre de groupes taxonomiques.

L'indice de Shannon, noté H', est d'autant plus petit (proche de 0) lorsque le nombre d'espèces est faible ou lorsque quelques espèces dominent la communauté. En revanche, il est d'autant plus grand lorsque le nombre d'espèces est élevé et qu'elles sont réparties de manière équitable.

2.4.1.2 - Indice d'équitabilité

L'indice de SHANNON est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité appelé également indice d'équipartition (BLONDEL, 1979) qui correspond au rapport de la diversité observée H' à la diversité maximale H 'max :

$$E = H' / H 'max = H' / \log_2 S$$

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, cela indique que les taxons présents ont la même abondance.

2.4.2 Occurrence et Abondance

La fréquence d'occurrence d'un taxon est le rapport exprimé en pourcentage, du nombre de relevés contenant le taxon i pris en considération par rapport au nombre total de relevés.

$$F = P_i / P \times 100$$

F : fréquence d'occurrence du taxon *i* ;

P_i : nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération ;

P : le nombre total de prélèvements faits.

On distingue : les taxons constants ($F \geq 50\%$), accessoires ($25\% < F < 50\%$) et les taxons accidentels ($F \leq 25\%$)

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (*i*) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps. Elle est calculée avec la formule suivante : $P_i = n_i / N \times 100$

P_i : Représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang « *i* ».

n_i: Nombre d'individus de l'espèce de rang « *i* » (taxon) dans l'échantillon.

N : Nombre total d'individus de toutes les espèces (taxon) dans l'échantillon.



Chapitre 3

Analyse de la faune

Dans ce chapitre, nous rapportons les résultats de nos inventaires faunistiques ainsi que leur traitement qualitatif et quantitatif.

Le benthos regroupe une multitude d'invertébrés qui peuplent le fond des cours d'eau. Leur répartition varie en fonction de la nature du substrat et dépend étroitement des conditions environnementales. Par conséquent, toute modification de l'environnement entraîne des répercussions au sein des communautés, en particulier en ce qui concerne la composition faunistique.

L'exploration du benthos offre une opportunité d'évaluer la composition, la structure et la répartition dans l'espace et le temps des macroinvertébrés présents dans leur habitat naturel. Les données faunistiques et écologiques présentées dans cette étude découlent d'une unique campagne d'échantillonnage menée en juin 2023.

Les prélèvements effectués dans les cours d'eau sous enquête ont abouti à la détection de 22451 individus, répartis en 14 groupes zoologiques et appartenant à 61 familles distinctes. Parmi les 81 taxa d'invertébrés benthiques identifiés, 71 taxa (soit 87,65%) correspondent à des insectes, tandis que les 10 taxons restants (soit 12,35%) appartiennent à d'autres classes ou embranchements, tels que les Oligochètes, les Mollusques, les Crustacés et les Hydracariens (voir Tableau 4).

Tableau 4 : Nombre de taxon par groupe faunistique

Groupe zoologique	Nombre de familles	Nombre de genres
Oligochète	3	3
Hirudinée	1	1
Mollusque	5	5
Crustacé	2	2
Hydracariens	1	1
Ephéméroptères	4	7
Plécoptères	6	9
Odonates	1	1
Hétéroptères	4	4
Coléoptères	9	21
Trichoptères	9	10
Diptères	14	14
Planipennes	1	1
Collemboles	1	2
Total	61	81

3.1- Analyse globale de la faune benthique

Sur le plan qualitatif, le groupe le mieux représenté parmi les insectes est l'ordre des Diptères, qui compte 14 familles repartis en 14 genres (tableau 4). Viennent ensuite les Coléoptères avec 9 familles et 21 genres, les Trichoptères avec 9 familles repartis en 10 genres, les Plécoptères avec 6 familles représentées par 9 genres, les mollusques avec 5 familles et 5 genres, les Hétéroptères (4genres) et les Ephéméroptères (7genres) avec 4 familles pour chacun, les oligochètes avec 3 familles et les Crustacés avec 2 familles, les Hydracariens, les odonates, les planipennes, Hirudinée et les collemboles avec 1 seule famille pour chacun et un à deux genre.

Sur le plan quantitatif, les Diptères et les Ephéméroptères sont largement dominant. Ils représentent respectivement 52,5 % (soit 11787 individus) et 26,99 % (soit 6059 individus) de la faune totale (figure 8).

Les oligochètes, les Trichoptères les Plécoptères, les crustacés et les Coléoptères occupent respectivement la troisième, la quatrième, la cinquième et la sixième et septième place par ordre d'abondance, ils constituent respectivement 8,03% (1803 individus), 3,14 % (705 individus), 2,84 % (637 individus), 2,47 % (555 individus) et 2,06% (462 individus) de la faune totale.

Les Hétéroptères et les mollusques, sont avec des faibles abondances ils représentent respectivement 0,56% (125 individus), 0,53%(120 individus),

Quant aux Hydracariens, les Hirudinés, les Planipennes, les Collemboles et les Odonates, sont très rares dans nos récoltes. Ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée : respectivement ; 0,45 % (101 individus), 0,29 % (64 individus), 0,12 % (17 individus), 0,12% (26 individus), 0,08% (19 individus) et 0,03% (7 individus).

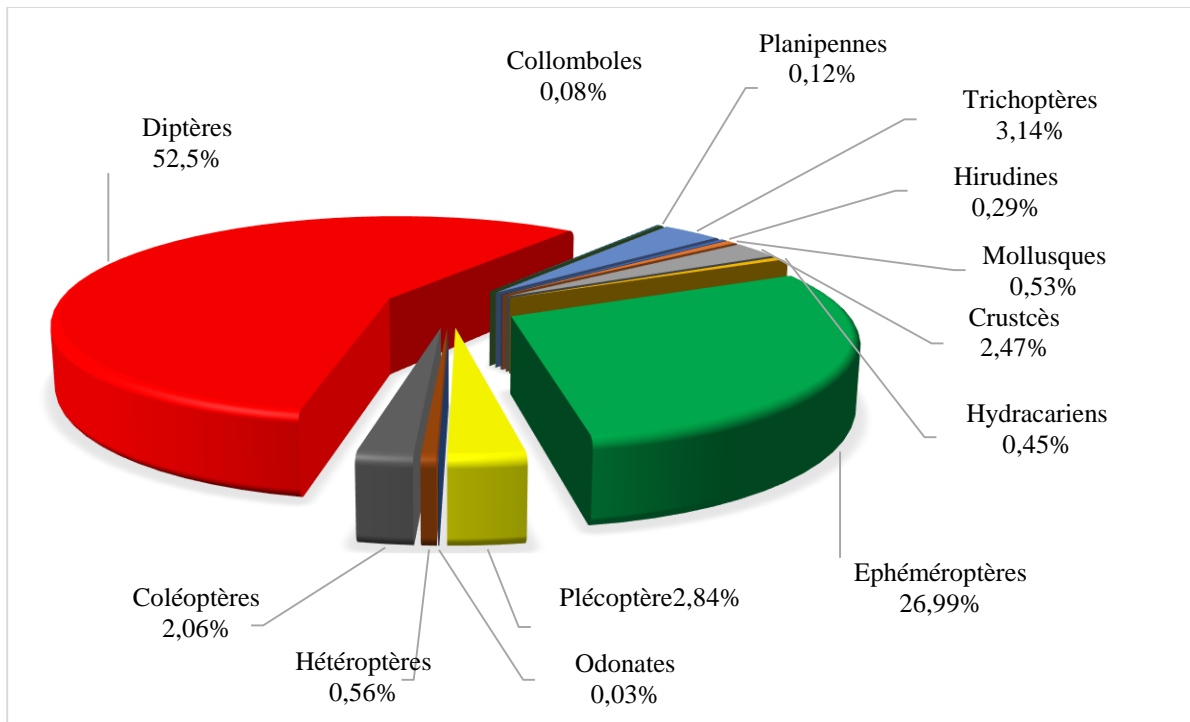


Figure 7 : Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'études.

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

Taxons/Sations	Code	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Abr1	Abr2	OC
OLIGOCHETES													
Naididae	Nai	23	12	45	73	70	48	692	730	1693	7,54	93,90	8
Tubificidae	Tub	18		10	6	41	5	5		85	0,38	4,71	6
Lumbricidae	Lum	15		6			4			25	0,11	1,39	2
Total		56	12	61	79	111	57	697	730	1803	8,03		
HIRUDINES													
Erpobdellidae	Erp		30	10	18			6		64	0,29		
MOLLUSQUES													
Ancylidae													
<i>Ancylus</i>	Anc	15	25	12	12	3	11			78	0,35	65,00	6
Bythinellidae													
<i>Bythinella</i>	Byt			10			7			17	0,08	14,17	2
Bithyniidae													1
<i>Bithyniia</i>	Bith							5		5	0,02	4,17	
Physidae													
<i>Physa</i>	Phy								13	13	0,06	10,83	1
Planorbidae													
<i>Planorbis</i>	Pot							7		7	0,03	5,83	1
Total		15	25	22	12	3	18	12	13	120	0,53		
CRUSTACES													
Gammaridae													1
<i>Gammarus</i>	Gam			552						552	2,46	99,46	
Potamonidae													
<i>Potamon</i>	Pot	3								3	0,01	0,54	1
Total		3		552						555	2,47		
HYDRACARIENS													
Hydracaina	Hydh	26		5	18		25	27		101	0,45		5
EPHEMEROPTERES													
Baetidae													
<i>Acentrella</i>	Ace	193	85	65		63	75		50	531	2,37	8,76	6
<i>Baetis</i>	Bae	1195	276	245	565	408	370	725	586	4370	19,46	72,12	8
<i>Centropilum</i>	Cen	64		91	133	94	102	173	142	799	3,56	13,19	7
Caenidae													
<i>Caenis</i>	Cae					85	17	33	18	153	0,68	2,53	4
<i>Brachycerus</i>	Brac							25		25	0,11	0,41	1
Heptageniidae													
<i>Ecdyonurus</i>	Ecd	29								29	0,13	0,48	1
Leptophlebiidae													
<i>Habrophlebia</i>	Hab	115	27						10	152	0,68	2,51	3
Total		1596	388	401	698	650	564	956	806	6059	26,99		
PLECOPTERES													
Capnidae													
<i>Capnia</i>	Capn		12	9	5					26	0,12	4,08	3
Leuctridae													

Taxons/Sations	Code	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Abr1	Abr2	OC
<i>Leuctra</i>	Leu	106	18	51						175	0,78	27,47	3
Nemouridae													
<i>Amphinemura</i>	Amp	85		4	6					95	0,42	14,91	3
<i>Protonemura</i>	Pro	52	14	26	15					107	0,48	16,80	4
Perlidae													
<i>Perla</i>	Per	16								16	0,07	2,51	1
<i>Marthamea</i>	Mar	5								5	0,02	0,78	1
Perlodidae													
<i>Perlodes</i>	Per	87	6	37	28					158	0,70	24,80	4
<i>Isoperla</i>	Iso	25			19					44	0,20	6,91	2
Taeniopterygidae													
<i>Brachyptera</i>	Brac		5	6						11	0,05	1,73	2
Total		376	55	133	73					637	2,84		
ODONATES													
Gomphidae													
<i>Gomphus</i>	Gom						7			7	0,03		1
HETEROPTERES													
Mesoveliidae													
<i>Mesovelia</i>	Mes	40	10	18						68	0,30	54,4	3
Hydrometridae													
<i>Hydrometra</i>	Hydm	8		10						18	0,08	14,4	2
Gerridae													
<i>Gerris</i>	Ger	19			8			7		34	0,15	27,2	3
Veliidae													
<i>Velia</i>	Vel	5								5	0,02	4	1
Total		72	10	28	8			7		125	0,56		
COLEOPTERES													
Gyrinidae													
<i>Gyrinus</i>	Gyr	6			5		7			18	0,08	3,90	3
<i>Aulonogyus</i>	Aul							8		8	0,04	1,73	1
Helodidae													
<i>Hydrocyphon</i>	Hydh	91	15		28					134	0,60	29,00	3
Staphilinidae													
<i>Staphilinus</i>	Sta		10	9						19	0,08	4,11	2
<i>Coerostoma</i>	Coe		8							8	0,04	1,73	1
Elmidae													
<i>Limnius</i>	Lim	16					12			28	0,12	6,06	2
<i>Limnebius</i>	Limn					8				8	0,04	1,73	1
<i>Elmis</i>	Elm	12		59				15		86	0,38	18,61	3
<i>Potamophilus</i>	Pota	5	5							10	0,04	2,16	2
<i>Riolus</i>	Rio				8					8	0,04	1,73	1
Haliplidae													
<i>Peltodytes</i>	Pel					11				11	0,05	2,38	1
Helophoridae													
<i>Helophorus</i>	Hel	14								14	0,06	3,03	1
Hydraenidae													

Taxons/Sations	Code	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Abr1	Abr2	OC
<i>Hydraena</i>	Hyda	7	5			7		10		29	0,13	6,28	4
<i>Ochthebius</i>	Och	10				13				23	0,10	4,98	2
Dytiscidae													
<i>Dytiscus</i>	Dyts							18		18	0,08	3,90	1
<i>Laccophilus</i>	Lac					5				5	0,02	1,08	1
<i>Hydrovatus</i>	Hydv	5								5	0,02	1,08	1
<i>Copelatus</i>	Cop			8						8	0,04	1,73	1
<i>Rhantus</i>	Rha							7		7	0,03	1,52	1
Hydrophilidae													
<i>Berosus</i>	Bero				4					4	0,02	0,87	
<i>Hydrobius</i>	Hydb							11		11	0,05	2,38	1
Total		166	43	76	45	44	19	69		462	2,06		
TRICHOPTERES													
Hydropsychidae													
<i>Hydropsyche</i>	Hyd	56		34	25	16	297		13	441	1,96	62,55	6
Polycentropodidae													
<i>Polycentropus</i>	Poly	19								19	0,08	2,70	1
Rhyacophilidae													
<i>Rhyacophila</i>	Rhya	8		15	4	4				31	0,14	4,40	4
Hydroptilidae													
<i>Hydroptila</i>	Hydt	7		129	9		3			148	0,66	20,99	4
Leptoceridae													
<i>Adicella</i>	Adi	5								5	0,02	0,71	1
Philopotamidae													
<i>Philopotamus</i>	Phi	6		3						9	0,04	1,28	2
<i>Wormaldia</i>	Wor			3						3	0,01	0,43	1
Limnephilidae													
<i>Stenophylax</i>	Ste		23	3						26	0,12	3,69	2
Glossosomatidae													
<i>Agapetus</i>	Aga			20						20	0,09	2,84	1
Psychomiidae													
<i>Psychomyia</i>	Psy		3							3	0,01	0,43	1
Total		101	26	207	38	20	300		13	705	3,14		
DIPTERES													
Tipulidae	Tip	9			10			5		24	0,11	0,20	3
Blephariceridae	Ble	330	370	20	15					735	3,27	6,24	4
Limonidae	Lim	12			57	10	18	17		114	0,51	0,97	5
Simuliidae	Sim	112	142	75	146	37	1308	1494	770	4084	18,19	34,65	8
Chironomidae	Chi	2560	191	451	125	303	1030	263	1183	6106	27,20	51,80	8
Stratiomiidae	Str	21		265	53	5				344	1,53	2,92	4
Psychodidae	Psyc	7		12	4	4				27	0,12	0,23	4
Ceratopogonidae	Cer	35	26	34	12	27	28	12		174	0,78	1,48	7
Tabanidae	Tab	18		12	24	9	20			83	0,37	0,70	5
Dixidae	Dix	15		9				13		37	0,16	0,31	3
Empididae	Emp				10					10	0,04	0,08	1
Cylindrotomidae	Cyl	17								17	0,08	0,14	1

Taxons/Sations	Code	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Abr1	Abr2	OC
Athericidae	Ath	5				3				8	0,04	0,07	2
Total		3141	729	878	456	398	2404	1828	1953	11787	52,50		
PLANIPENNES													
Neurorthidae													1
<i>Neurorthus</i>	Neu	26								26	0,12		
COLLEMBOLLES													
Entomobryomorpe													
<i>Heteromerus</i>	Hete	7								7	0,03	36,84	1
<i>Entomobrya</i>	Ento			12						12	0,05	63,16	1
Total		7		12						19	0,08		2
Totaux		5585	1318	2385	1445	1226	3375	3602	3515	22451			
Occurebce		51	23	38	37	30	22	24	10				

Ab : Abondance des taxons.

Abr1 : Abondance relative par rapport à la faune totale (%).

Abr2 : Abondance relative par rapport aux groupes zoologiques (%).

Oc : Occurrence.

3.2- Abondance stationnelle

Les prélèvements ont permis de collecter un total de 22451 invertébrés, répartis entre les stations amont et les stations de basses altitudes.

Les données révèlent une variabilité significative de l'abondance des macroinvertébrés benthiques entre les stations, avec des valeurs allant de 1226 individus à 5585 individus.

Les stations d'amont (TR1, TR2, AA, AI) présentent une structure assez équilibrée en termes d'abondance, avec des valeurs oscillantes entre 1318 individus (station TR2) et 5585 individus (station TR1).

Il est remarquable que les stations d'amont abritent principalement des formes polluosensibles. Les Plécoptères (Perlidae), les Ephéméroptères (Heptageniidae), les Diptères (Bléphariceridae), et d'autres indiquent une tendance sténotherme et rhithrophile.

En revanche, les stations de basses altitudes (BH, FR, TA, PB), plus exposées à la pollution organique et/ou industrielle, présentent une abondance plus élevée (TA avec 3602 individus). Cela est dû en grande partie à la prolifération des Ephéméroptères (Baetidae), des Oligochètes et des Diptères (Chironomidae).

La faible abondance observée à la station BH (1226 individus) peut être attribuée aux perturbations locales, notamment la destruction des habitats et les prélèvements intensifs de sable. Ces perturbations modifient le substrat, réduisant ainsi le nombre de niches écologiques disponibles et entraînant une diminution du nombre d'espèces. Les espèces les plus adaptées à ces conditions, telles que les Diptères (Chironomidae), prédominent dans un environnement perturbé.

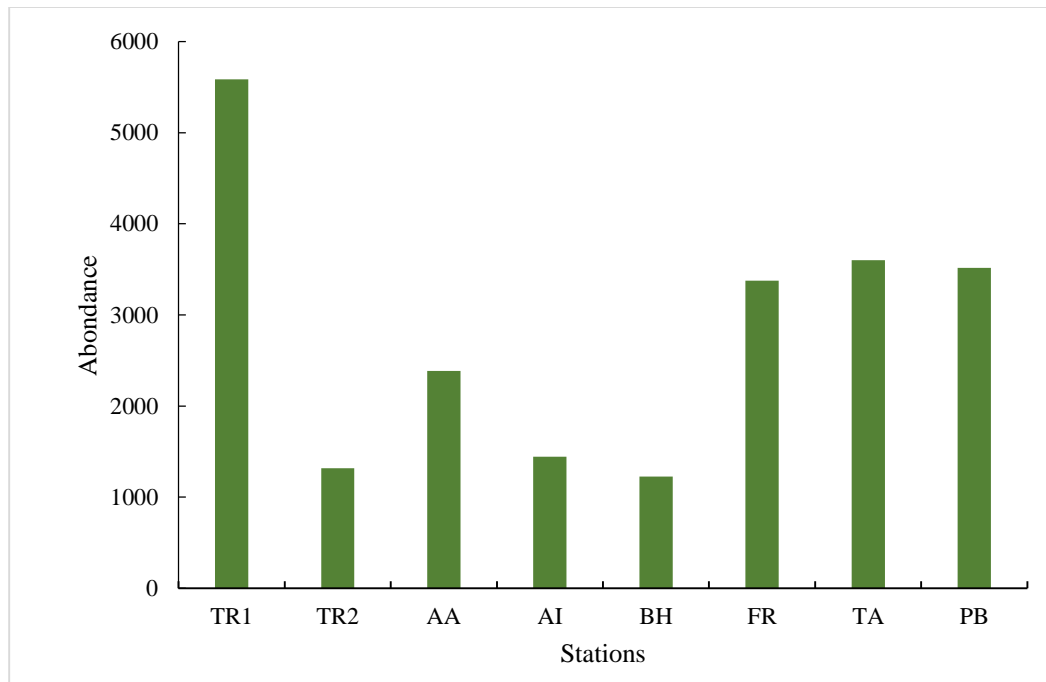


Figure 8 : Abondance de la faune benthique dans les stations d'études.

3.3-Richesse taxonomique

La richesse taxonomique, c'est-à-dire le nombre de taxons différents, varie considérablement d'une station à l'autre. Les stations présentent un éventail de valeurs, allant de 10 taxons enregistrés à la station PB à un maximum de 51 taxons récoltés à la station TR1.

Les stations situées en amont, notamment les stations AA et AI, affichent une richesse taxonomique élevée avec respectivement 38 et 37 taxons. Ces stations se caractérisent par la présence d'habitats diversifiés, d'une couverture végétale significative, et de vitesses de courant modérées à rapides, favorisant une faune riche et variée.

En revanche, les stations de basses altitudes, telles que FR, TA, et PB, présentent une richesse taxonomique plus faible, allant de 10 à 30 taxons. Ces stations sont influencées par des températures de l'eau plus élevées, un substrat prédominant en sable et matière organique, ainsi que des perturbations anthropiques négatives.

La richesse taxonomique est un indicateur de la diversité et de la qualité de l'environnement aquatique. Les stations d'amont, caractérisées par des conditions environnementales favorables, abritent une faune plus diversifiée.

Les stations de basses altitudes subissent des perturbations anthropiques qui contribuent à une richesse taxonomique réduite. Ces perturbations incluent la modification du substrat et la pollution de l'eau.

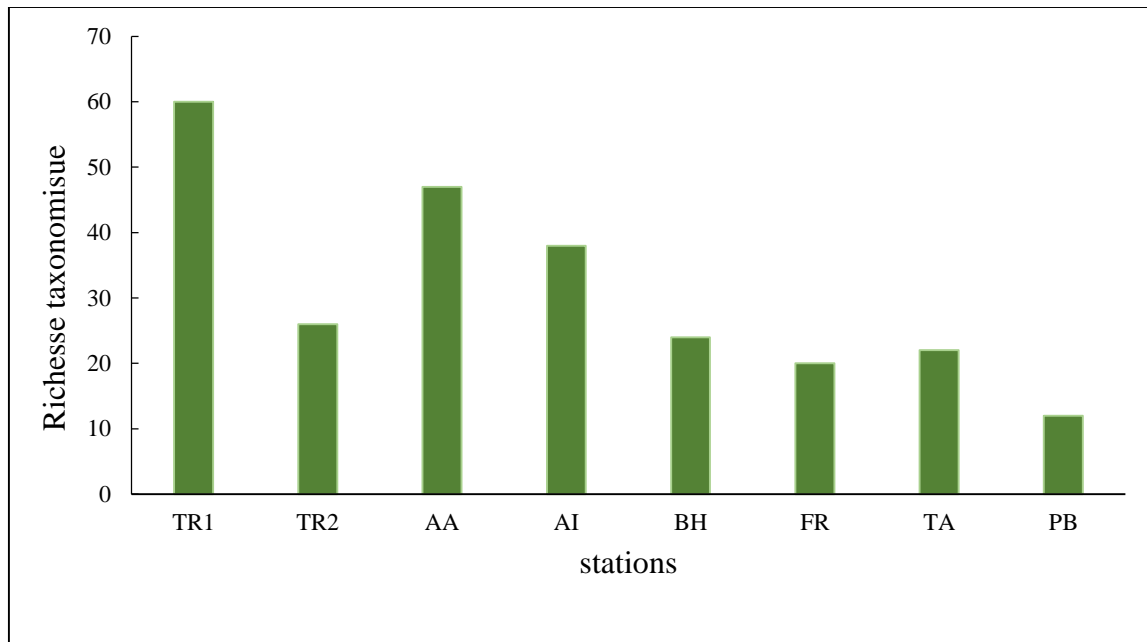


Figure 9 : Richesse taxonomique des stations étudiées.

- **Occurrence et Abondance**

L'évaluation de la fréquence d'occurrence des taxons au sein de la faune recueillie au cours de cette étude joue un rôle fondamental dans la compréhension de la dynamique écologique des écosystèmes aquatiques étudiés. Cette métrique, exprimée en pourcentage, nous permet de quantifier la répartition des différents taxons par rapport à l'ensemble des relevés effectués, ce qui offre un aperçu essentiel de leur rôle au sein de ces écosystèmes complexes.

Les données de l'abondance et de l'occurrence des espèces sont visualisées graphiquement par les figures (11 ,12).

- **Les taxons dominants**

Caractérisés par une fréquence d'occurrence égale ou supérieure à 50%, ce sont des éléments très abondants, très fréquents et à large valence écologique, se démarquent en tant qu'éléments prédominants de ces écosystèmes. Parmi eux, les Epheméroptères (*Beatis*, *Centroptilum*, *Acentrella*), les Diptères (*Simuliidae*, *Chironomidae*, *Stratiomyidae*, *Limoniidae* et *Ceratopogonidae*), les Trichoptères (*Hydropsyche*) et les Oligochètes (*Naididae*, *Tubificidae*) se distinguent par leur ubiquité. Leur fréquence élevée suggère qu'ils jouent un rôle clé dans le maintien de la biodiversité et de la stabilité des écosystèmes aquatiques étudiés.

- **Les taxons peu abondants**

Avec une fréquence d'occurrence comprise entre 25% et 50%, se sont en général des éléments à populations peu denses, composées de taxons plus ou alticoles, on compte les Plécoptères (*Protonemura*, *Leuctra*, *Capnia*, *Amphinemura*, *Isoperla*, *Perla*, *Perlodes*), les Ephéméroptères (*Habrophlebia*, *Ecdyonurus*), les Trichoptères (*Hydroptila*, *Stenophylax*), les Coléoptères (*Elmis*, *Hydraena*, *Hydrobius*) et les Hétéroptères (*Mesovelina*). Bien que moins fréquents, ils contribuent significativement à la diversité et à la complexité de ces écosystèmes.

- **Les taxons rares**

Caractérisés par une fréquence d'occurrence inférieure ou égale à 25%, ce sont à la fois très peu abondants, et très peu fréquents, ce sont des taxons de biotopes bien localisé, que l'on retrouve dans deux ou trois stations des ccours d'eau de la Kabylie. Cette catégorie englobe une variété de taxons, tels que les Odonates (*Gomphus*), les Mollusques (*Bithyniia*, *Planorbis*), les Coléoptères (*Aulonogyrus*, *Coerostoa*, *Riolus*, *Copelatus*, *Rhantus*), les Trichoptères (*Polycentropus*, *Philopotamus*, *Wormaldia*, *Agapetus*, *Psychomya*), les Diptères (*Tipulidae*, *Empididae*, *Cylindrotomidae*, *Athericidae*), les Ephéméroptères (*Rithrogena*, *Ecdyonurus*), Plécoptères (*Capnioneura* et *Amphinemura*) et les Hétéroptères (*Velia*).

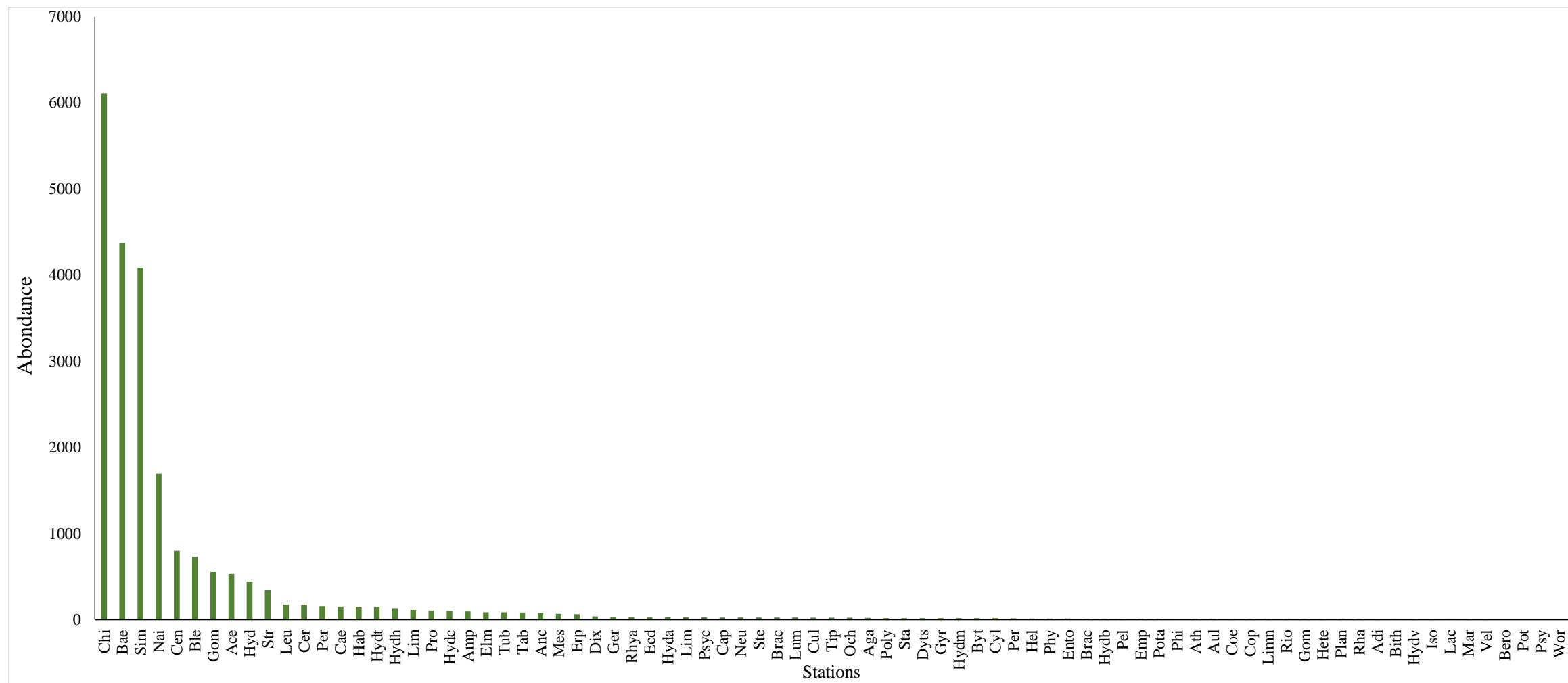


Figure 10 : Occurrence des taxons dans les stations étudiées.

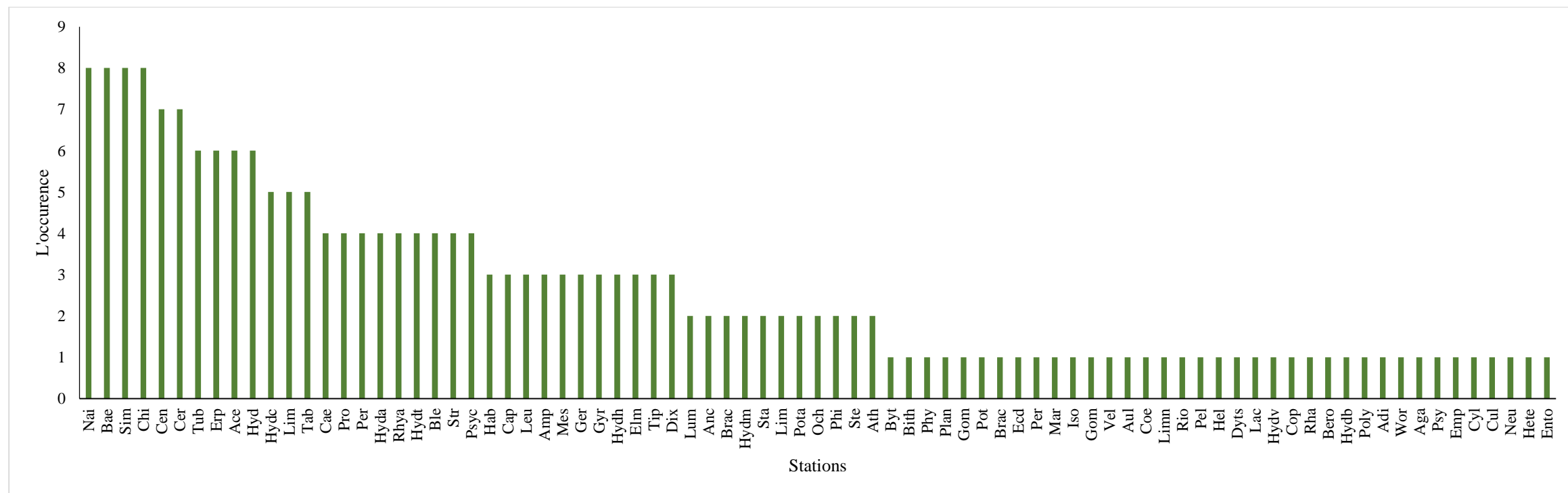


Figure 11 : Abondance des taxons dans les stations étudiées.

3.4-Deversité et équitabilité

Les indices H' (indice de Shannon) et E (équitabilité) sont utilisés dans notre étude pour évaluer la diversité et la répartition des individus au sein des groupes taxonomiques dans chaque station. Ils fournissent des indications sur le niveau de diversité et la répartition inégale des espèces au sein des populations de chaque station. Ces indices sont utilisés comme des outils pour qualifier la diversité et l'équilibre des peuplements dans notre travail.

Les valeurs des indices H' et E sont consignées dans l'Annexe Vet sur la figure 13.

Les variations des indices H' (indice de Shannon) et E (équitabilité) dans les différents peuplements montrent des profils similaires. Les valeurs de H' et de E varient respectivement entre un maximum $H'=3,03$ $E = 0,53$ à la station TR1 et un minimum de $H'=1,15$, $E = 0,23$ notées à la station BH. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations des cours d'eau de montagne. Cela est dû à plusieurs facteurs. Les cours d'eau de montagne offrent des conditions environnementales particulières, telles qu'un courant rapide, des températures plus basses et une variété de substrats. Ces conditions sont propices à une plus grande diversité d'espèces et à une répartition plus équilibrée des individus. De plus, les cours d'eau de montagne sont souvent moins perturbés par les activités humaines et présentent donc des écosystèmes relativement intacts, ce qui favorise également une plus grande diversité biologique.

Les stations de piémont et de basse altitude BH, FR, TA et PB présentent des indices relativement élevés. H' est compris entre 2,01 et 1,15. Il est probable que ces résultats s'expliquent par les crues observées pendant la période d'échantillonnage. Le mois de juin 2023 a été marqué par des précipitations soudaines et intenses, ce qui a entraîné des crues soudaines et spectaculaires dans les cours d'eau étudiés. Les crues ont augmenté la vitesse du courant, provoquant une intense érosion et un transport solide des matériaux. Ces conditions hydromorphologiques modifiées peuvent avoir un impact significatif sur les habitats aquatiques, créant des opportunités pour l'installation de nouvelles espèces et favorisant la diversité biologique. Les crues peuvent également perturber les populations d'espèces déjà présentes, entraînant des fluctuations dans les effectifs et les répartitions des organismes. Ainsi, les crues peuvent jouer un rôle important dans la structuration des communautés aquatiques et expliquer en partie les résultats observés dans cette étude.

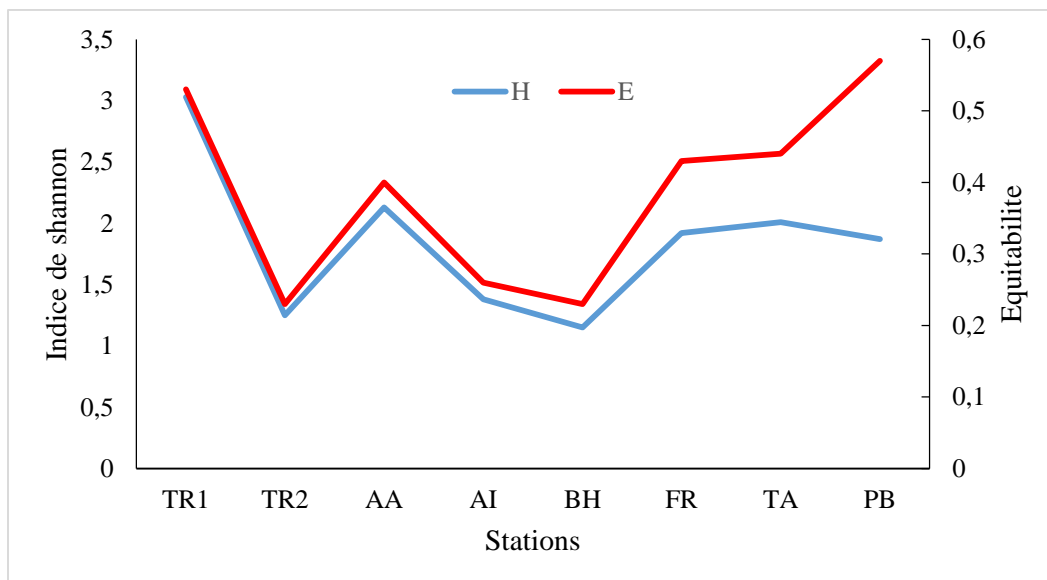


Figure 12 : Evolution des indices de SHANNON (H') et d'Equitabilité (E) dans les stations étudiées.

3.5- Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique

3.5.1- Les Diptères

Les Diptères, se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique selon TACHET et *al.* (2000). Ils occupent une place prédominante dans notre étude. Ils constituent le groupe le plus abondant, avec un total de 11787 individus, ce qui représente 52,50% de l'ensemble de la faune benthique de nos cours d'eau (figure 14).

Cette domination des Diptères témoigne de leur adaptabilité écologique remarquable et de leur capacité à coloniser divers milieux aquatiques. Leur présence dans 14 familles distinctes illustre leur diversification taxonomique et fonctionnelle au sein de nos écosystèmes aquatiques.

La haute abondance des Diptères peut être liée à plusieurs facteurs. Leur cycle de vies relativement courtes, leur capacité de reproduction rapide et leur large spectre alimentaire les rendent aptes à prospérer dans des conditions variables. De plus, certaines familles de Diptères sont connues pour leur résistance à la pollution, ce qui peut expliquer leur abondance dans nos cours d'eau.

➤ Famille des Chironomidae

La famille des Chironomidae se démarque comme l'une des familles de Diptères les plus dominantes dans notre étude. Elle représente une part significative de la faune benthique, contribuant à 51,80 % de l'ensemble des Diptères récoltés.

Ces Diptères sont bien adaptés à une variété de milieux aquatiques et sont souvent les premiers à coloniser des habitats nouvellement disponibles. Leur cycle de vie, comprenant des

stades larvaires et adultes, leur permet de tirer parti de différentes ressources alimentaires, contribuant ainsi à leur succès écologique.

Selon AIT-MOULOUD (1988), les Chironomidae sont connus pour leur tolérance à des conditions environnementales variables, y compris la pollution. Leur présence en abondance dans le milieu peut donc être indicative de la perturbation de l'écosystème aquatique.

➤ **Famille des Simuliidae**

D'après GIUDICELLI et *al.* (1986), la présence des diptères est notablement élevée dans les environnements non pollués, tandis qu'elle diminue significativement en cas de pollution accrue. Ces Diptères ont été observés dans toutes les stations étudiées, démontrant ainsi leur capacité à coloniser une gamme étendue d'environnements, des zones amont aux zones en aval. Leur adaptabilité écologique s'explique par leur résistance aux forts courants dans les zones amont et par leur prospérité en aval, favorisée par des températures de l'eau plus élevées, un courant rapide et la présence de matière organique. Dans notre étude ils représentent 34,65% de l'ensemble des diptères récoltés.

➤ **Autres familles**

Les autres familles sont peu abondantes, elles ne représentent que 13,55 % des Diptères: Les Bléphariceridae 6,24%, les Stratiomyidae 2,92%, Ceratopogonidae 1,48%, les Limoniidae 0,97 %, Tabanidae 0,70%, les Dixidae 0,31%, les Psychodidae 0,23%, les Tipulidae 0,20% Culicidae, 0,20%, Cylindrotomidae 0,14%, Empididae 0,08 % et Athericidae 0,07%. Ils ont été récoltés dans une ou deux stations seulement. (figure 14).

L'analyse de la distribution longitudinale de ce groupe d'insectes le long des cours d'eau étudiés souligne leur importance particulière dans les zones d'altitudes (figure 15). La plus grande richesse est observée aux stations TR1, AA, et AI avec respectivement 12, 8 et 10 taxons. Ces stations sont caractérisées par un courant allant de rapide à très rapide, des températures basses et un substrat hétérogène. Cette distribution met en évidence la diversité significative de diptères benthiques dans ces zones spécifiques. Les caractéristiques environnementales telles que le courant rapide, les températures plus basses et le substrat hétérogène semblent jouer un rôle essentiel dans la présence et l'abondance de ces insectes.

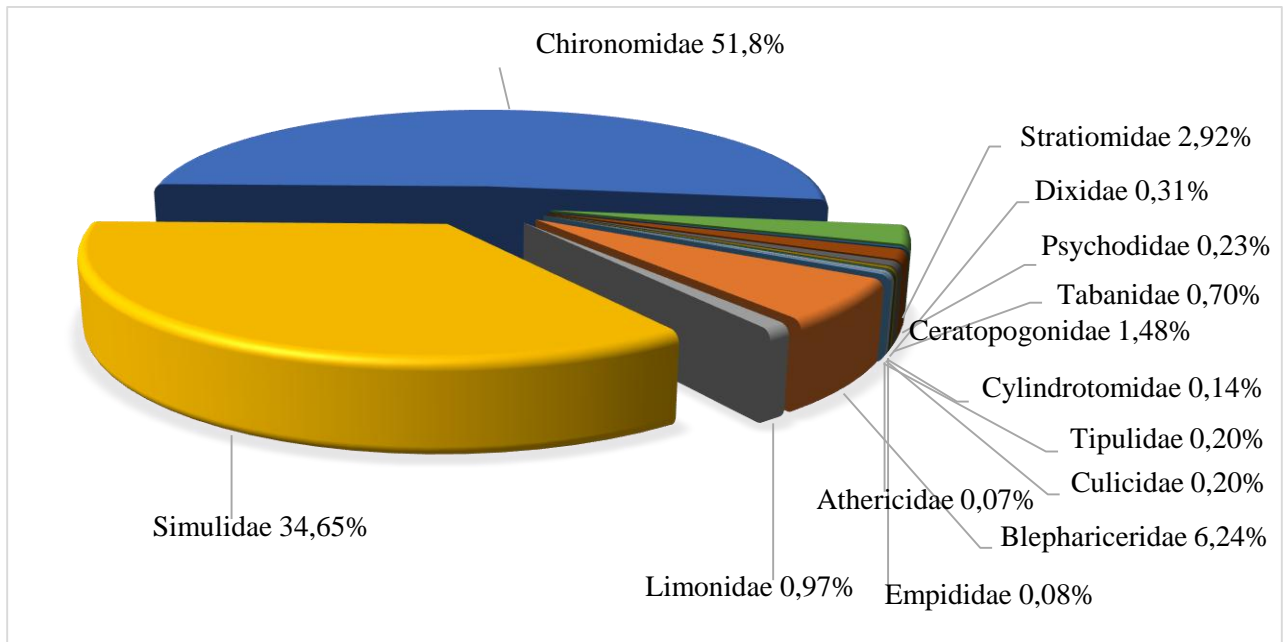


Figure 13 : Abondance des Diptères dans les stations étudiées.

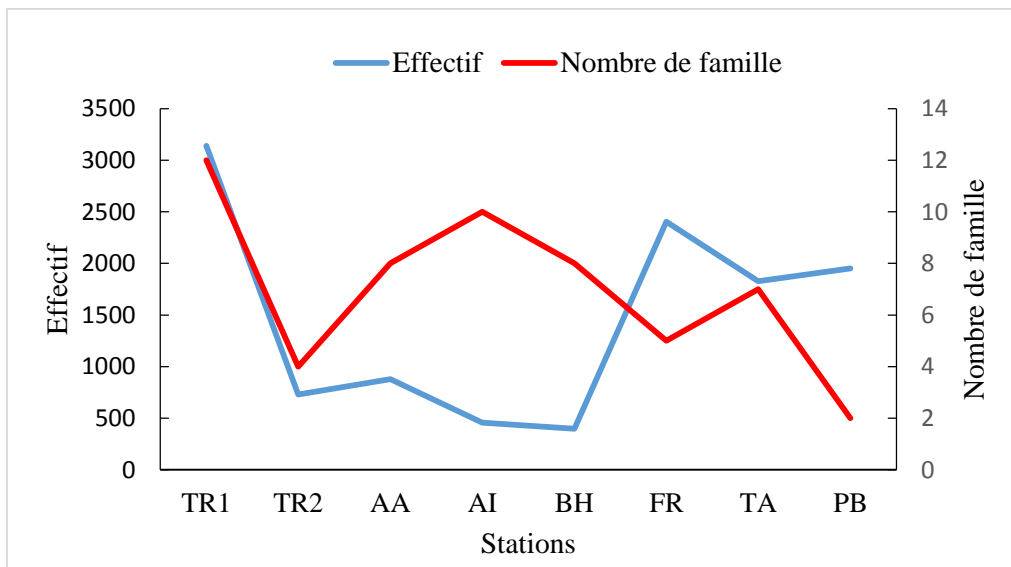


Figure 14 : Distribution des Diptères dans les stations étudiées.

3.5.2- Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères constituent un groupe peu varié mais numériquement important. Leurs larves sont abondantes dans les cours d'eau, et souvent occupent le premier rang en termes de quantité de biomasse parmi les insectes aquatiques (THOMAS, 1981).

Cette caractéristique remarquable met en lumière leur rôle clé au sein des écosystèmes fluviaux que nous avons étudiés.

Au cours de nos prospections, un total impressionnant de 6059 individus d'Ephéméroptères ont été répertoriés, répartis en quatre familles distinctes : les Baetidae, les Caenidae, les Heptageniidae et les Leptophlebiidae, et regroupant sept genres différents (voir

figure 16). Cette diversité taxonomique, bien que leur groupe soit peu varié, est un indicateur de leur capacité à occuper différentes niches écologiques.

En termes quantitatifs, les Ephéméroptères représentent une part substantielle, soit 26,99%, de l'ensemble de la faune étudiée.

➤ Famille des Baetidae

La famille des Baetidae se distingue comme étant la famille la plus abondante et elle est la plus répandue dans les cours d'eau que nous avons étudiés, confirmant ainsi les observations précédentes de THOMAS (1981). Les individus appartenant à ce groupe jouent un rôle essentiel en tant qu'espèces pionnières, colonisant des environnements qui ont été délaissés par des espèces plus sensibles aux conditions environnementales changeantes. Les Baetidae sont prédominants, représentant une part remarquable de 94,07% de l'ensemble des Ephéméroptères que nous avons répertoriés. De plus, cette famille se distingue par sa diversité, ce qui en fait la famille la plus variée au sein de ce groupe taxonomique.

L'abondance des Baetidae dans nos échantillons révèle leur résilience et leur capacité à prospérer dans des habitats aquatiques variés.

-*Baetis* : Le genre *Baetis* se révèle être le plus abondant et le plus fréquent parmi les Ephéméroptères que nous avons étudiés, totalisant un impressionnant nombre de 4370 individus, ce qui représente une part significative de 72,12 % de l'ensemble des Ephéméroptères recensés. Ce genre est omniprésent, se retrouvant dans toutes les stations étudiées, indépendamment de l'altitude. Cette observation confirme la robustesse de *Baetis* dans des environnements divers.

Selon les travaux de VERNEAUX (1973), les *Baetis* se distinguent par leur remarquable résistance à la pollution. Leur capacité à prospérer dans des milieux altérés est favorisée par la présence de dépôts organiques fins, souvent issus de mousses ou d'algues. Ces matériaux organiques constituent une source essentielle de nutriments pour les *Baetis*, ce qui explique leur capacité à persister et à se reproduire même dans des environnements pollués.

-*Centroptilum* : ce genre compte 799 individus (soit 13,19 % des Ephéméroptères) et présente une large répartition longitudinale.

-*Acentrella* : ce genre a été récolté dans presque toutes les stations échantillonnées, avec un total de 531 individus (soit 8,76%, des Ephéméroptères). Cela démontre sa large distribution et sa présence fréquente dans les différents sites étudiés.

➤ **Famille des Caenidae**

La famille des Caenidae, représente que 2,94 % de l'ensemble des Ephéméroptères que nous avons étudiés. Bien que peu abondants en termes de quantité, les Caenidae sont relativement fréquents.

Cette famille se compose de deux genres distincts, *Caenis* et *Brachycerus*. Les membres de ce groupe se démarquent par leur mode de déplacement, utilisant principalement le rampant et le fouissement. Ils affichent une préférence marquée pour les substrats à granulométrie fine, ce qui caractérise leur niche écologique. Les Caenidae sont adaptés aux environnements thermophiles, et leur tolérance écologique étendue leur permet de s'adapter à une variété d'habitats et de conditions environnementales, comme le souligne LOUNACI (2005).

-*Caenis* : 153 individus (soit 2,53 % des Ephéméroptères) ont été récoltés.

-*Brachycerus* : 25 individus de ce genre sont récoltés dans une seule station (soit 0,41% des Ephéméroptères).

➤ **Famille des Leptophlebiidae**

Elle est représentée par le genre *Habrophlebia*

Bien que ce genre est peu abondant, occupe une place notable dans nos prélèvements, comptabilisant 152 individus, soit 2,51 % de l'ensemble des Ephéméroptères. Sa présence est particulièrement marquée dans les stations d'altitude, notamment TR1, TR2, où les conditions environnementales offrent une eau fraîche et propice à son développement.

Ces observations mettent en lumière un comportement migratoire caractéristique de ces espèces, comme l'a noté LOUNACI (2005). En effet, *Habrophlebia* et d'autres taxons similaires semblent préférer les zones d'altitude pour échapper aux habitats perturbés en aval. Cette stratégie de migration vers des altitudes plus élevées peut être interprétée comme une réponse à la pression exercée par les activités humaines et les perturbations environnementales dans les habitats situés en aval.

➤ **Famille des Heptageniidae**

La famille des Heptageniidae, représenté par le genre *Ecdyonurus* avec une proportion modeste de seulement 0,48 % de l'ensemble des Ephéméroptères que nous avons étudiés. LOUNACI (2005) a souligné que ces insectes sont des organismes sensibles à la pollution de l'eau, ce qui explique leur faible abondance et leur rareté dans nos échantillons. Leur présence ou leur absence peut ainsi servir d'indicateur de la qualité de l'eau et de la santé globale des écosystèmes fluviaux. De plus, les Heptageniidae se distinguent par leur stratégie unique de migration vers des altitudes plus élevées pour échapper aux élévations de température et aux perturbations anthropiques des milieux en aval. Cette capacité à s'adapter aux changements

environnementaux en se déplaçant vers des zones plus favorables met en lumière leur rôle de sentinelles de la stabilité environnementale et de la biodiversité des écosystèmes fluviaux

L'analyse de la répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (figure 17), révèle une distribution variée le long du cours d'eau. Parmi ces stations, TR1 se distingue nettement comme étant la plus abondante et la plus diversifiée en termes d'espèces d'Ephéméroptères. La présence substantielle de 1596 individus dans cette station met en lumière la richesse de sa biodiversité aquatique.

La station AI suit de près avec 698 individus, ce qui en fait une station significativement peuplée en Ephéméroptères. De même, la station AA abrite 401 individus, ce qui est notable en termes de densité de population de ces insectes aquatiques. Enfin, les stations TR2, BH, TA, FR et PB se caractérisent par une diversité intéressante.

Cette répartition inégale des Ephéméroptères le long du cours d'eau est attribuable à une combinaison complexe de facteurs environnementaux. Parmi ces facteurs, les caractéristiques du substrat, la vitesse du courant et la température de l'eau occupent une place prépondérante, influençant la disponibilité des habitats et des ressources alimentaires pour ces insectes aquatiques.

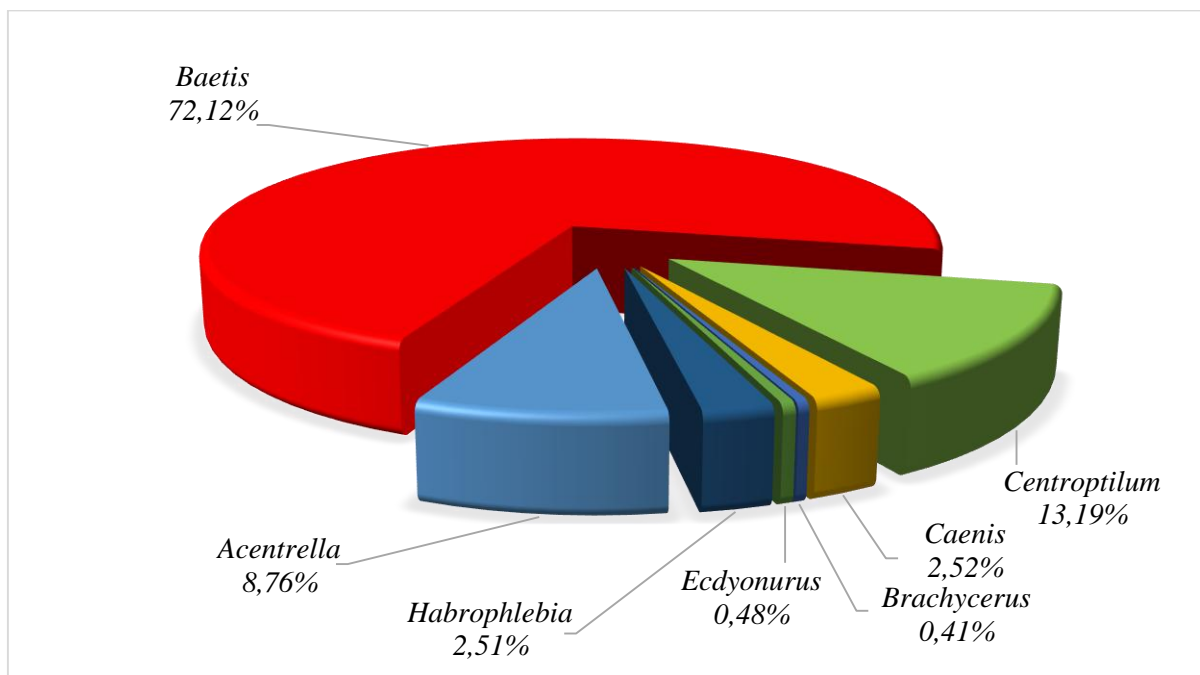


Figure 15 : Abondance des Ephéméroptères dans les stations étudiées.

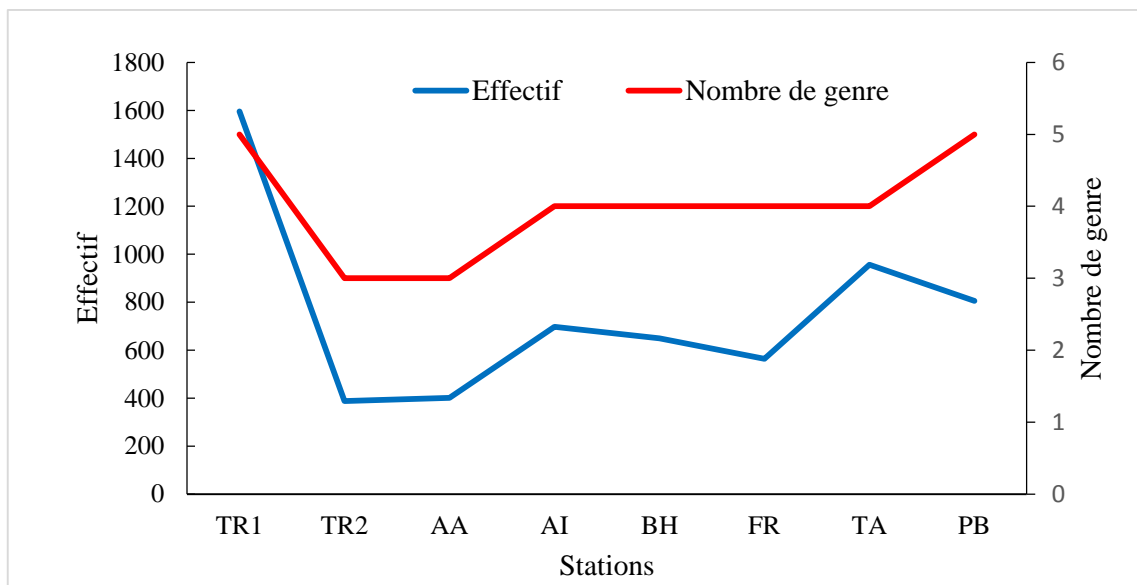


Figure 16 : Distribution des Ephéméroptères dans les stations étudiées.

3.5.3- Les Plécoptères

Les Plécoptères, bien que moins abondants en comparaison avec les Diptères et les Ephéméroptères, jouent néanmoins un rôle distinct au sein de la faune benthique étudiée. Le nombre total d'individus récoltés dans les stations de notre étude s'élève à 637 individus, représentant ainsi 2,84 % de la faune totale (figure 18).

Cette relative rareté des Plécoptères dans nos échantillons est due à leur spécificité écologique. En effet, ces insectes aquatiques sont connus pour leur préférence pour des habitats spécifiques, tels que les zones de substrat rocheux ou les cours d'eau à courant rapide. Leur faible abondance dans nos prélèvements peut donc refléter la disponibilité limitée de ces habitats particuliers le long du cours d'eau étudié.

Les Plécoptères que nous avons identifiés sont répartis en sept familles, à savoir les Capniidae, les Leuctridae, les Nemouridae, les Perlidae, les Perlodidae, les Taeniopterygidae, avec la présence de neuf genres distincts. Cette diversité taxonomique souligne l'adaptabilité de ces insectes à une gamme variée d'habitats aquatiques, allant des eaux rapides aux zones rocheuses.

➤ Famille des Perlodidae

Les Perlodidae se caractérisent souvent par leur adaptation à des habitats de cours d'eau à courant rapide, où ils occupent des niches écologiques spécifiques. Cette famille est représentée par deux genre : *Perlodes* et *Isoperla*.

-*Perlodes* : Le genre *Perlodes* se démarque en tant que le groupe le plus abondant parmi les Plécoptères de nos échantillons, représentant 24,80 % de la population totale. Sa prédominance est marquée dans les stations en haute altitude, où les conditions spécifiques,

telles que le substrat grossier, courant rapide et températures basses de l'eau, favorisant son développement.

-*Isoperla* : Ce genre se démarque par sa relative rareté, avec un total de 44 individus recueillis exclusivement dans deux stations, à savoir TR1 et AI. Cette présence limitée représente 6,91% de l'ensemble des Perlodidae identifiés dans nos échantillons.

Cette distribution restreinte d'*Isoperla* est attribuable à ses préférences écologiques spécifiques. Ces insectes sont particulièrement adaptés à des conditions environnementales particulières, notamment un substrat composé de galets, un courant soutenu, et des températures d'eau relativement basses. Les stations TR1 et AI offrent ces caractéristiques, ce qui en fait des habitats propices à la survie et au développement d'*Isoperla*.

➤ **Famille Nemouridae**

Elle est représentée par 2 genres : *Amphinemura* et *Protonemura*.

-*Protonemura* : Le genre *Protonemura* se distingue par son adaptation aux environnements de haute altitude, en colonisant principalement les cours d'eau de montagne et les torrents caractérisés par un lit pierreux étendu et un courant rapide, comme l'a souligné LOUNACI (2000).

Dans nos prélèvements, *Protonemura* compte un total de 107 individus, représentant ainsi une part significative, soit 16,80 % de l'ensemble des Plécoptères identifiés

-*Amphinemura* : avec un total de 95 individus, représentant ainsi 14,91 % de l'ensemble des Plécoptères identifiés, se trouve principalement dans trois stations d'altitude : TR1, AA, et AI. Sa présence dans les cours d'eau de Kabylie a été notée par MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005), qui le décrivent comme un taxon ayant une distribution spatiotemporelle très limitée.

➤ **Famille Leuctridae**

Elle est représentée par un seul genre

-*Leuctra* : Il compte 175 individus (soit 27,47% des Plécoptères).

➤ **Famille Capniidae**

Elle est représentée par un seul genre : *Capnia*.

-*Capnia* : Il compte 26 individus (soit 4,08 % des Plécoptères) récoltés dans 3 stations de montagne : TR2, AA et AI.

➤ **Famille Perlidae**

Elle est représentée par deux genres : *Perla* et *Marthamea*.

-*Perla* : dans nos stations ce genre est peu fréquent et peu abondant, il compte 16 individus (soit 2,51% des Plécoptères).

-*Marthamea* : Ce genre compte seulement 5 individus (soit 0,78%) des Plécoptères, enregistrés au niveau d'une station d'altitude : TR1.

➤ **Famille des Taeniopterygidae :**

Cette famille est représentée par un seul genre : *Brachyptera*.

Brachyptera: Ce genre est peu abondant et assez fréquent, il compte 11 individus (soit 1,73 % des Plécoptères).

L'observation des Plécoptères dans nos échantillons révèle une distribution géographique spécifique, limitée aux stations en altitude, à savoir TR1, TR2, AA, et AI (voir figure 19). Cette répartition confirme la préférence marquée de ce groupe d'insectes pour les cours d'eau de montagne, caractérisés par des conditions environnementales uniques. En particulier, les Plécoptères sont connus pour leur adaptation aux eaux de montagne plus fraîches et au courant soutenu, conformément aux observations de CONSIGLIO (1963, cité dans FERRITO, 1994).

Les Plécoptères se distinguent par leur profil écologique exigeant, préférant les habitats sténothermes et rhéophiles des cours d'eau de montagne. Cette préférence géographique est clairement manifeste, car ces insectes ne sont pas présents dans les stations de basse altitude (figure 19).

L'absence des Plécoptères en basse altitude est due à la présence de matière organique dans ces régions. Même une légère pollution organique peut avoir un impact significatif sur leur présence, comme l'ont noté les observations de LOUNACI (2005). Ainsi, les Plécoptères se révèlent être des indicateurs sensibles de la qualité de l'eau, signalant la pureté des cours d'eau et leur sensibilité aux perturbations environnementales.

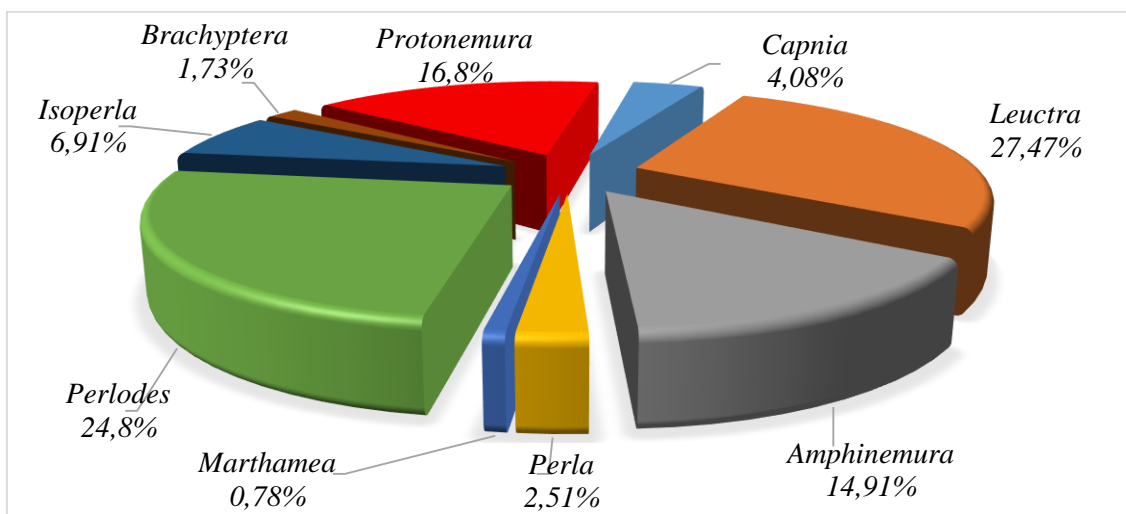


Figure 17 : Abondance des Plécoptères dans les stations étudiées.

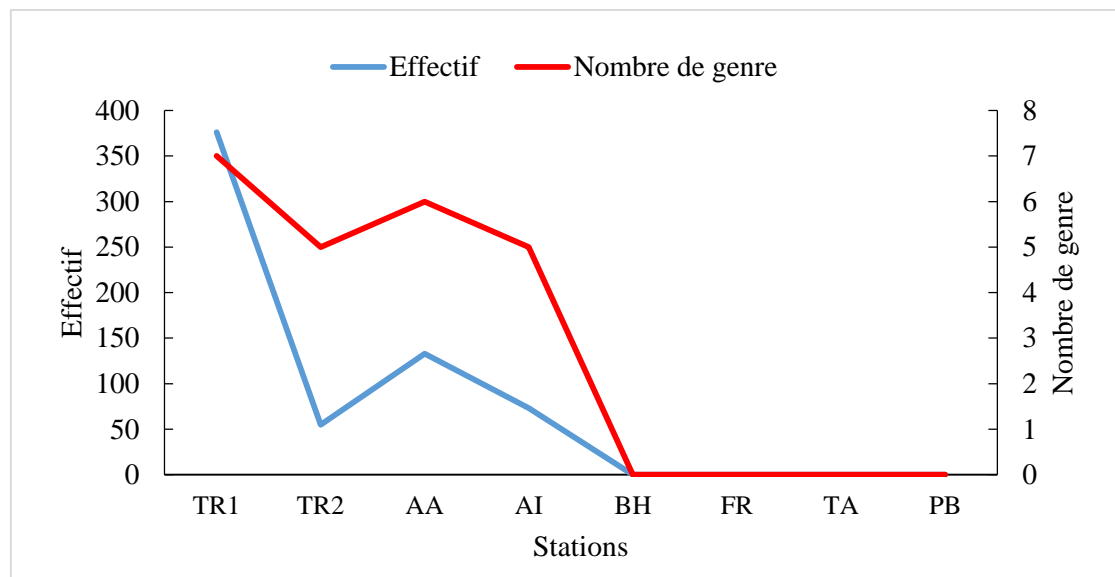


Figure 18 : Distribution des Plécoptères dans les stations étudiées.

3.5.4- Les Coléoptères

Les coléoptères se distinguent des autres insectes holométaboles en étant présents à la fois sous forme adulte et larvaire dans les milieux aquatiques. Ils sont capables de peupler divers habitats aquatiques tels que les sources, les rivières à débit modéré et les rivières à faible courant, qui sont caractérisées par une végétation abondante (TACHET *et al.*, 1980).

Dans le cadre de cette étude, l'ordre des Coléoptères est remarquablement représenté et se révèle être le groupe le plus diversifié parmi la faune étudiée. Un total de 462 individus de Coléoptères a été recensé, ce qui équivaut à 2,06 % de l'ensemble de la faune benthique. Cette diversité est répartie en 21 genres appartenant à 9 familles différentes (figure 20).

L'abondance et la diversité des Coléoptères dans nos échantillons témoignent de leur rôle essentiel au sein des écosystèmes aquatiques. Leur présence dans une variété d'habitats aquatiques indique une adaptation réussie à des conditions environnementales variées.

➤ Famille des Elmidae

C'est la famille la mieux représentée des Coléoptères avec 140 individus (soit 30,13% des Coléoptères), repartis en 5 genres.

-Elmis : est le genre le plus abondant (18,61 % des Coléoptères), mais peu fréquent et récolté que dans 3 stations.

-Limnius : Il est peu abondant et peu fréquent, il représente 6,06 % des Coléoptères-

Potamophilus : il est rare, il compte 10 individus (soit 2,16% des Coléoptères).

-Riolus et Limnebius : ils sont rares, il compte 8 individus pour chacun (soit 1,73% des Coléoptères).

➤ **Famille des Helodidae**

Elle est représentée par le genre *Hydrocyphon*. C'est le genre le plus abondant des Coléoptères avec 134 individus (soit 29,00% des Coléoptères), il est collecté dans 3 stations d'altitude (TR1, TR2 et AI).

➤ **Famille des Hydraenidae**

Elle est représentée par 2 genres : *Hydraena* et *Ochthebius*.

-*Hydraena* : il est fréquent dans nos prélèvements et récolté dans 4 stations de différentes altitudes, mais il compte que 29 individus (soit 6,28 % des Coléoptères).

-*Ochthebius* : il compte 23 individus (soit 4,98 % des coléoptères) il est rencontré dans 2 stations.

➤ **Famille des Dytiscidae**

Les Dytiscidae, ils présentent une forte préférence pour les habitats à faible courant d'eau, où l'écoulement se produit sur des fonds constitués de sable, de limons et de matières organiques. Ces milieux sont également caractérisés par une végétation aquatique abondante, incluant des macrophytes et des algues.

Les genres : *Dytiscus*, *Laccophilus*, *Hydrovatus*, *Copelatus*, *Rhantus* sont très faiblement représentés, ils comptent de 5 à 18 individus récoltés et ils sont présents que dans une ou deux stations.

➤ **Famille des Hydrophilidae**

Représentés par deux genres *Hydrobius* et *Berosus* sont peu abondants et peu fréquents, ils comptent respectivement 11,4 individus (soit respectivement 2,38 % et 0,87 % des Coléoptères) rencontrés tout au long des cours d'eau étudiés.

➤ **Famille des Staphilinidae**

Elle est représentée par 2 genres : *Staphilinus* et *Coerostoma*

-*Staphilinus* : représente 4,11 % des coléoptères, avec 19 individus recensés. Les membres de ce taxon montrent une préférence écologique marquée pour les milieux d'altitude caractérisés par des températures fraîches, un courant vif et un substrat grossier. Ils ont été observés dans deux stations d'altitude : TR2 et AA. Cette préférence pour les milieux d'altitude met en évidence l'adaptation et la spécialisation de *Staphilinus* à ces conditions environnementales particulières.

-*Coerostoma* : il compte 8 individus (soit 1,73% des Coléoptères) ont été rencontrés dans une station (TR2).

➤ **Famille des Gyrinidae**

Elle est représentée par deux genres : *Gyrinus* et *Aulonogyrus*.

-***Gyrinus*** : il compte 18 individus (soit 3,90 % des Coléoptères), rencontré dans 3 stations de différentes altitudes : TR1, AI et FR.

-***Aulonogyrus*** : il compte 8 individus (soit 1,73 % des Coléoptères) sont récoltés dans une seule station (TA).

Les autres familles sont très peu abondantes. Elles sont représentées par un seul genre et récoltées dans une ou deux stations seulement : les Helophoridae (14 individus du genre *Helophorus*) et les Haliplidae (11 individus du genre *Peltodytes*).

L'analyse de la distribution longitudinale des Coléoptères dans les cours d'eau étudiés (figure 21) révèle la présence d'un peuplement à caractère rhéophile. Cette caractéristique indique que ces insectes préfèrent les habitats avec un courant d'eau rapide.

Il est intéressant de noter que la richesse la plus élevée en Coléoptères est observée dans les stations TR1 et AA, avec respectivement 13 et 7 taxons. Cette observation peut s'expliquer par le fait que les biotopes présents dans ces stations offrent les conditions idéales pour le développement de ces insectes

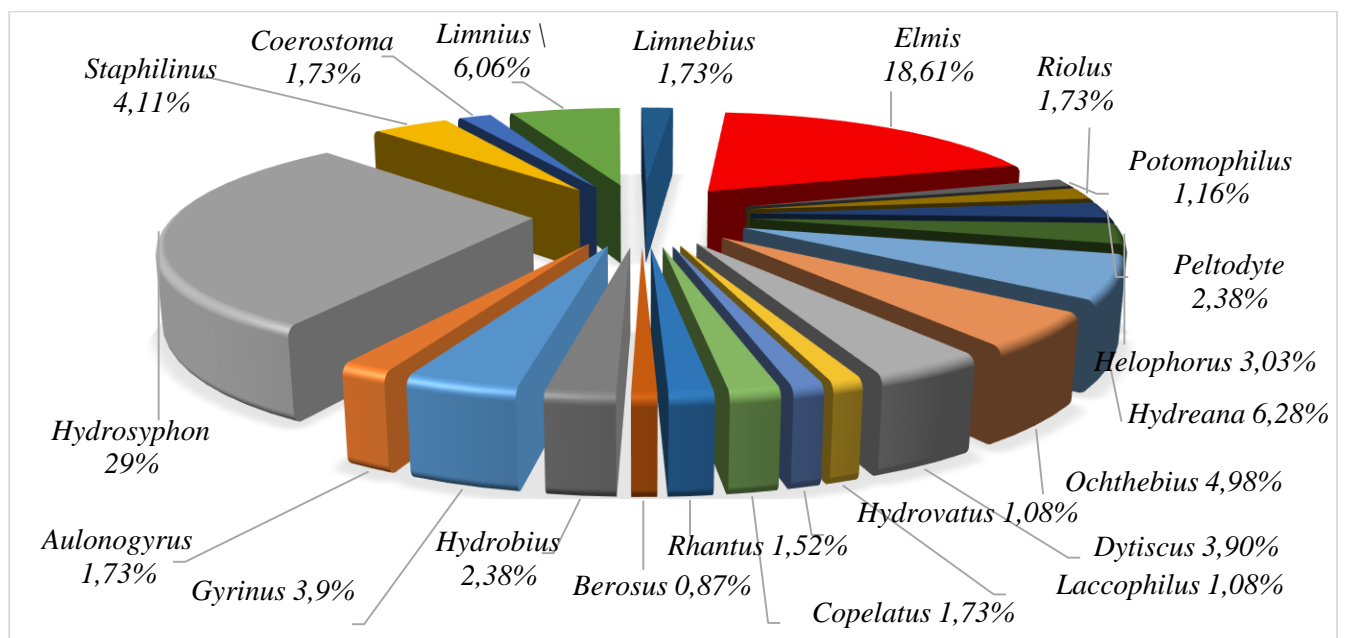


Figure 19 : Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées.

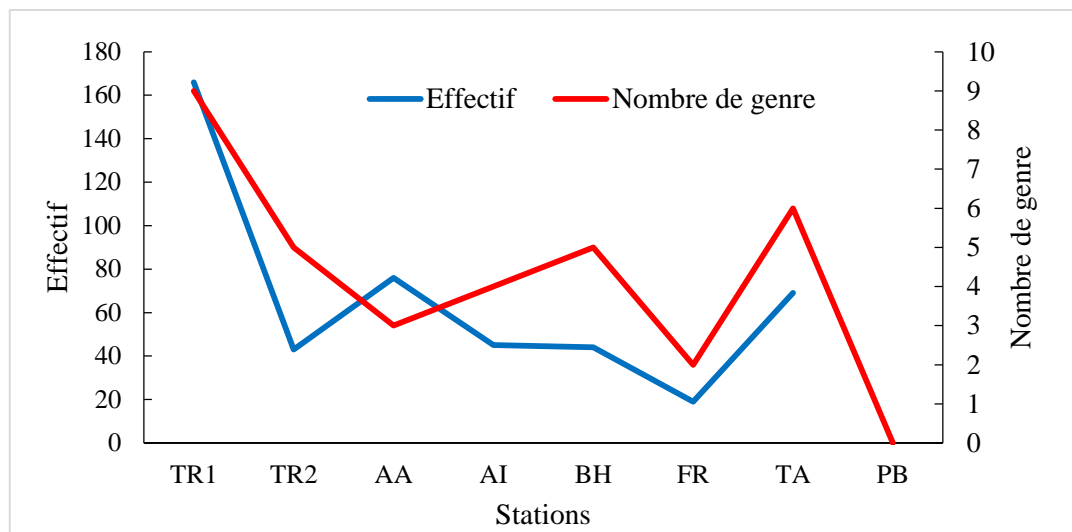


Figure 20 : Distribution des Coléoptères dans les stations étudiées.

3.5.5- Les Trichoptères

Les Trichoptères, un ordre d'insectes aquatiques, occupent une place essentielle au sein des écosystèmes d'eau douce en raison de leur rôle écologique primordial. Ils sont fréquemment utilisés comme des indicateurs de la santé et de la qualité des cours d'eau, étant donné que leurs larves et nymphes passent la majeure partie de leur cycle de vie dans l'eau.

➤ FamilleHydropsychidae

Elle est représentée par le genre *Hydropsyche*.

Le genre *Hydropsyche* se distingue comme étant le plus abondant et le plus fréquent parmi les Trichoptères que nous avons recensés. Avec un total de 441 individus, soit une proportion importante de 62,55 %, il domine clairement les effectifs de Trichoptères dans nos échantillons. Sa présence s'étend sur une large gamme altitudinale, puisque nous l'avons observé dans pas moins de 6 stations.

Selon les conclusions de LOUNACI (2005), *Hydropsyche* se révèle être le taxon le plus abondant et le plus fréquent parmi les cours d'eau d'Algérie. Cette constatation souligne l'importance de ce genre dans les écosystèmes aquatiques du pays.

Dans le cadre de cette étude, nous avons recensé un total de 705 individus de Trichoptères, ce qui représente 3,14% de la faune totale que nous avons étudiée. Ces Trichoptères sont répartis en 10 genres appartenant à 9 familles différentes (figure 22).

➤ Famille des Hydroptilidae

Elle est représentée par le genre *Hydroptila* avec 148 individus (soit 20,99% des Trichoptères).

➤ **Famille des Rhyacophilidae**

Représentée par le genre *Rhyacophila* avec 31 individus (soit 4,40 % des Trichoptères), il est assez fréquent dans nos prélèvements, il est récolté dans 4 stations d'altitudes et de moyenne montagne : TR1, AA, AI, et BH.

➤ **Famille des Limnephilidae**

Elle est représentée par le genre *Stenophylax* Il compte 26 individus (soit 3,69 % des Trichoptères) rencontrés dans 2 stations d'altitude : TR2 et AA.

➤ **Famille des Glossosomatidae**

Elle est représentée par le genre *Agapetus*. Ce genre est rare et peu abondant avec 20 individus (soit 2,84 % des Trichoptères).

➤ **Famille des Polycentropodidae**

Elle est représentée par le genre *Polycentropus* qui compte 19 individus (soit 2,70% des Trichoptères) récoltés dans 2 stations d'amont TR1 et AA.

Les autres familles, notamment les Leptoceridae, les Philopotamidae et les Psychomyidae, sont caractérisées par une faible abondance, avec seulement 3 à 12 individus, et une occurrence rare. Elles sont observées dans une ou deux stations d'altitude (figure 23).

La répartition des Trichoptères le long des cours d'eau que nous avons étudiés met en évidence l'importance significative de cet ordre dans les stations situées à une altitude supérieure à 1000 mètres. Ces stations correspondent généralement à des cours d'eau de montagne qui se caractérisent par un couvert végétal dense, un courant d'eau rapide et des températures plus fraîches.

La prédominance des Trichoptères dans ces habitats d'altitude suggère leur forte adaptation à ces conditions environnementales spécifiques. Le couvert végétal dense offre des abris et des sites de ponte favorables, tandis que le courant rapide et les températures plus fraîches créent des conditions idéales pour leur développement et leur reproduction.

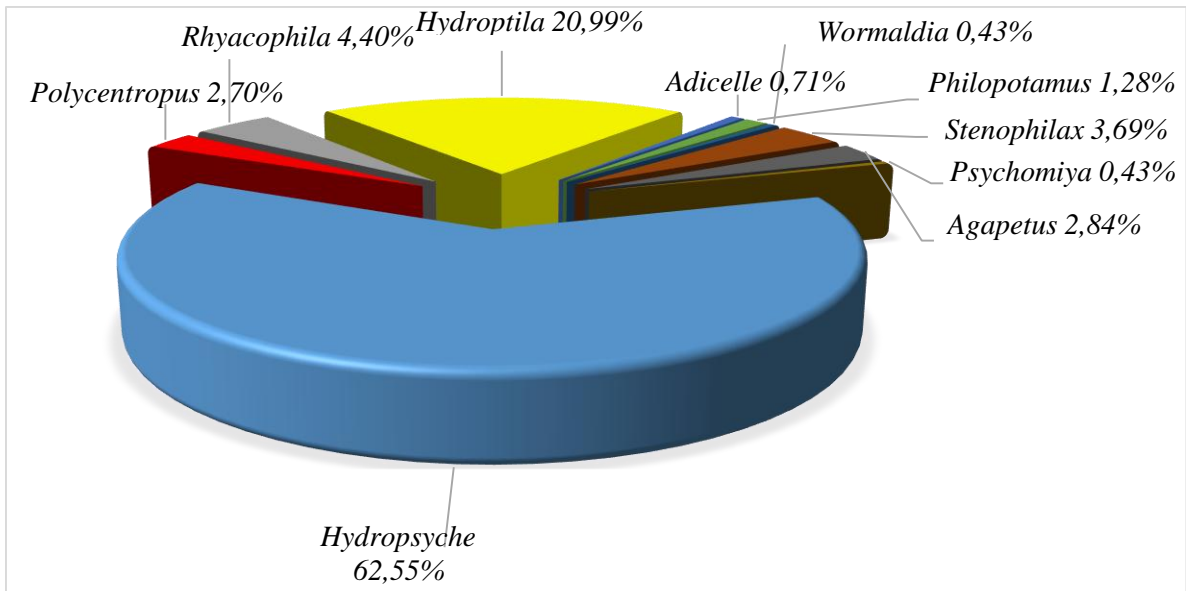


Figure 21 : Abondance des Trichoptères dans les stations étudiées.

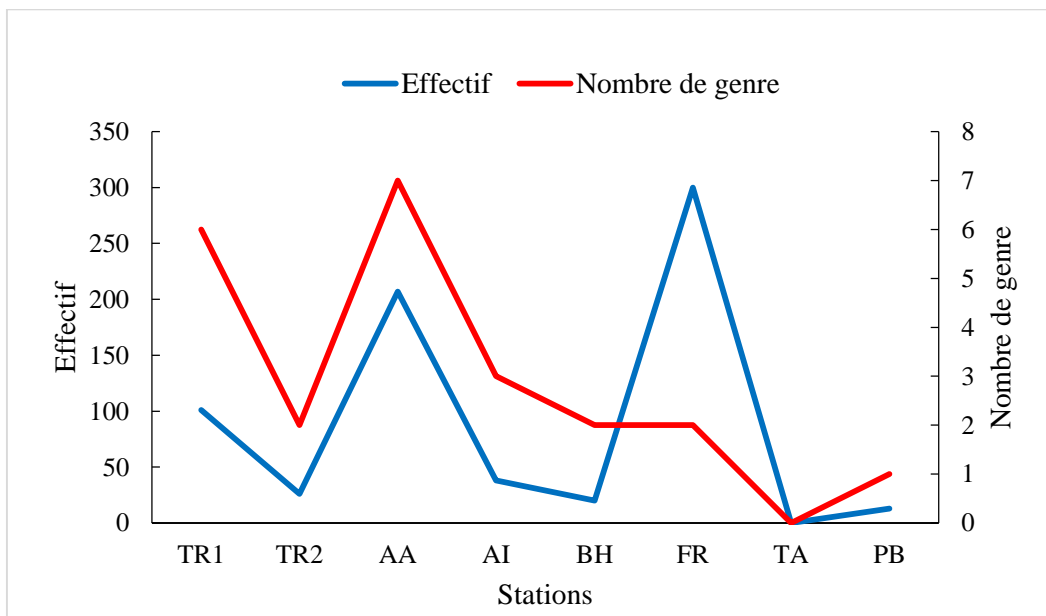


Figure 22 : Distribution des Trichoptères dans les stations étudiées.

3.5.6- Les Hétéroptères

Selon POISSON (1957), les Hétéroptères sont des insectes qui peuplent une diversité d'habitats au sein des écosystèmes aquatiques, incluant les zones humides, les plans d'eau stagnants, les cours d'eau à débit modéré et les cours d'eau à débit constant. Ils sont particulièrement observés le long des berges des cours d'eau.

Cependant, dans le cadre de cette étude, les Hétéroptères sont faiblement représentés, comptant seulement 125 individus, soit 0,56 % de l'ensemble de la faune que nous avons examinée. Ces Hétéroptères sont répartis en 4 genres appartenant à 4 familles distinctes (figure24).

➤ **Famille des Mésoveliidae**

La famille des Mesoveliidae, représentée par le genre *Mesovelis*, se démarque comme la famille la plus abondante parmi les Héteroptyères que nous avons récoltés. En effet, elle compte un total de 68 individus, ce qui équivaut à une part significative de 54,40 % de l'ensemble des Héteroptyères. Ces insectes ont été observés dans les stations d'altitude, à savoir TR1, TR2, et AA.

Cette prédominance des Mesoveliidae, en particulier dans les stations d'altitude, souligne leur adaptation à ces conditions environnementales spécifiques. Leur abondance dans ces milieux montagneux suggère une affinité particulière pour les habitats d'altitude, caractérisés par un substrat spécifique, un courant d'eau et des températures distinctes

➤ **Famille des Gerridae**

Elle est représentée par le genre *Gerris* avec 27,20% des Héteroptyères. Nous avons récolté 34 individus dans 3 stations TR2, AI, TA.

➤ **Famille des Hydrometridae**

Elle est représentée par le genre *Hydrometra* avec 18 individus (soit 14,40% des Héteroptyères), ils sont récoltés dans deux stations d'altitude : TR1 et AA.

➤ **Famille Veliidae**

Elle est représentée par le genre *Velis*, elle est rare dans nos prélèvements elle présente que 5 individus (soit 4,00% des héteroptyères).

La plupart des Héteroptyères que nous avons recensés sont principalement présents dans les stations de montagne (figure 25). Ces insectes, pour la plupart, sont des espèces rhythobiontes qui montrent une préférence marquée pour les habitats abrités du courant.

Cette distribution spécifique des Héteroptyères souligne leur adaptation aux conditions environnementales particulières des cours d'eau de montagne. Les habitats de montagne offrent souvent un substrat rocheux, un courant d'eau vif et des températures plus fraîches, ce qui favorise la présence de ces insectes.

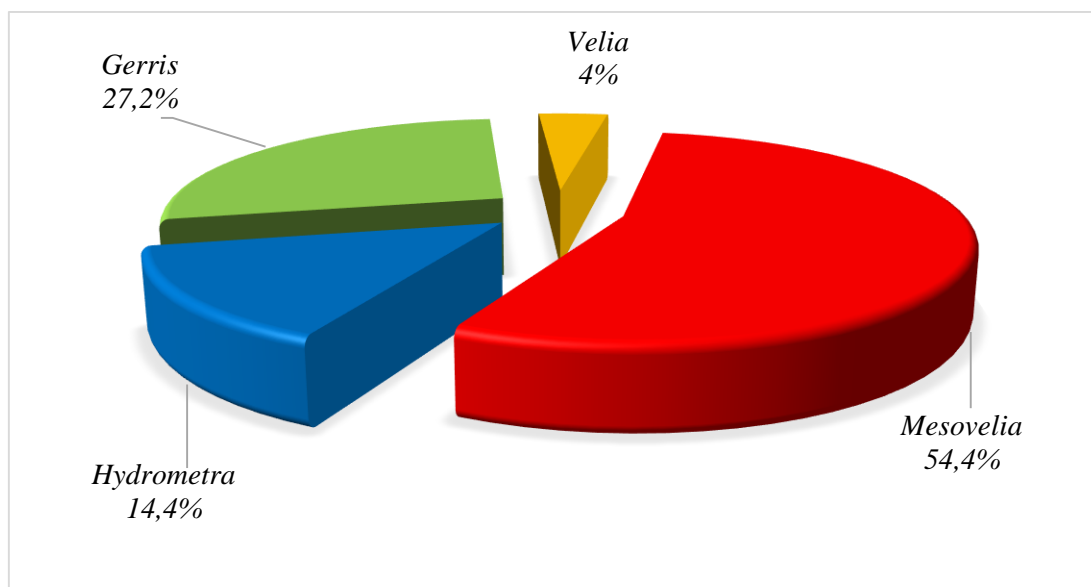


Figure 23 : Abondance des Hétéroptères dans les stations étudiées.

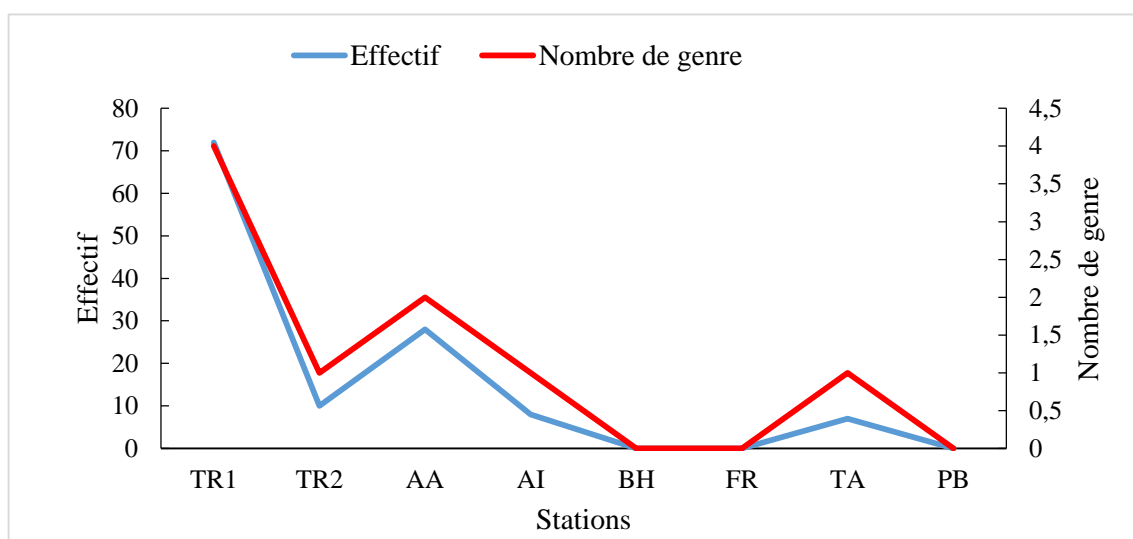


Figure 24 : Distribution des Hétéroptères dans les stations étudiées.

3.5.7- Les Oligochètes

Les Oligochètes, également connus sous le nom de vers, sont bien représentés dans nos échantillons, totalisant 1803 individus, ce qui équivaut à 8,03 % de l'ensemble de la faune que nous avons étudiée. Ces vers sont répartis au sein de trois familles différentes, avec une nette domination des Naididae, représentant 93,90 % des vers, suivis des Tubificidae avec 4,71% et des Lumbricidae avec 1,39 % du total des Oligochètes (figure 26).

Les vers montrent une valence écologique étendue, ce qui signifie qu'ils peuvent s'adapter à diverses conditions environnementales. Ils sont également réputés pour leur tolérance à la pollution organique. En conséquence, ils sont présents dans toutes les stations que nous avons étudiées, ce qui reflète leur capacité à coloniser différents types d'habitats, y compris ceux soumis à une certaine pollution.

Dans cette étude, nous constatons une croissance notable de la population des Oligochètes dans les stations situées à des altitudes plus basses, (figure 27). Cette augmentation

de l'effectif est attribuable à plusieurs facteurs environnementaux favorables à leur développement.

Tout d'abord, les températures plus élevées dans ces zones de basse altitude créent un climat propice à la croissance des stades immatures des Oligochètes. De plus, la présence de matière organique dans ces environnements est un autre facteur clé. Cette matière organique sert de source de nutriments essentiels pour les Oligochètes, favorisant ainsi leur reproduction et leur prolifération.

Ces conditions environnementales favorables dans les zones de basses altitudes ont créé un milieu propice à l'augmentation significative de la population des Oligochètes. Cette observation met en évidence l'importance de la température et de la disponibilité de matière organique dans la régulation de la population de ces organismes dans nos cours d'eau étudiés.

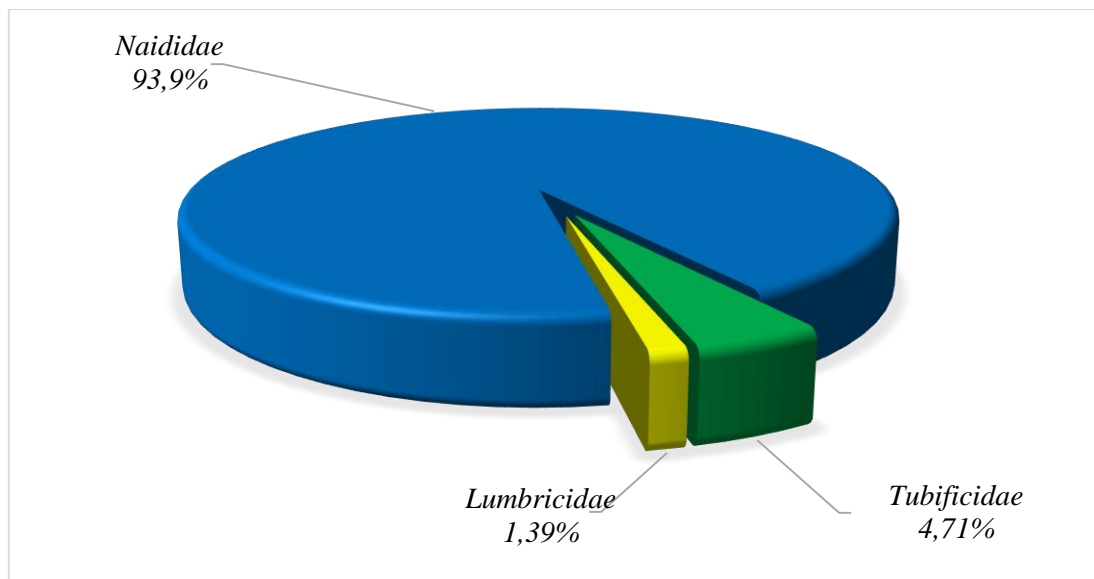


Figure 25 : Abondance des Oligochètes dans les stations étudiées.

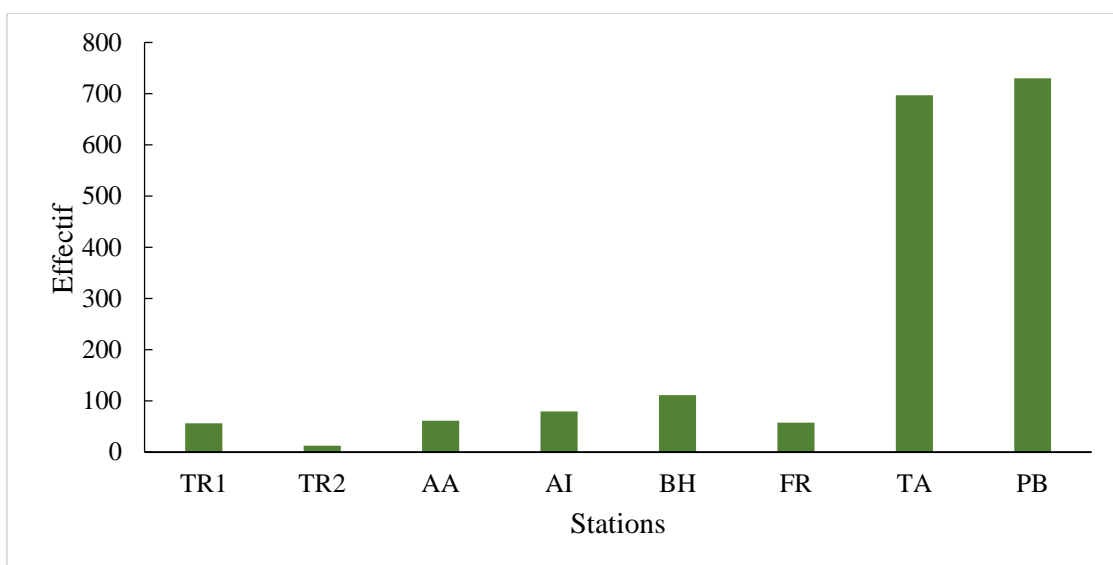


Figure 26 : Distribution des oligochètes dans les stations étudiées.

3.5.8- Les Mollusques

La présence des Mollusques dans nos échantillons est relativement faible, représentant seulement 0,53 % de l'ensemble de la faune que nous avons étudiée, avec un total de 120 individus répartis sur 5 genres appartenant à 5 familles distinctes. Parmi ces genres, *Ancylus* est le plus dominant, représentant 65,00 % des mollusques, suivi de près par *Bythinella*, qui compte pour 14,17 % de la population de mollusques. Ensuite, nous trouvons les genres *Physa*, contribuant à hauteur de 10,83 %, *Planorbis* avec une proportion de 5,83 % et enfin *Bithyniia* avec une proportion de 4,17 % de la population totale de mollusques (figure 28).

En ce qui concerne leur répartition le long des cours d'eau, les mollusques sont présents dans toutes les stations, depuis l'amont jusqu'à l'aval (figure 29).

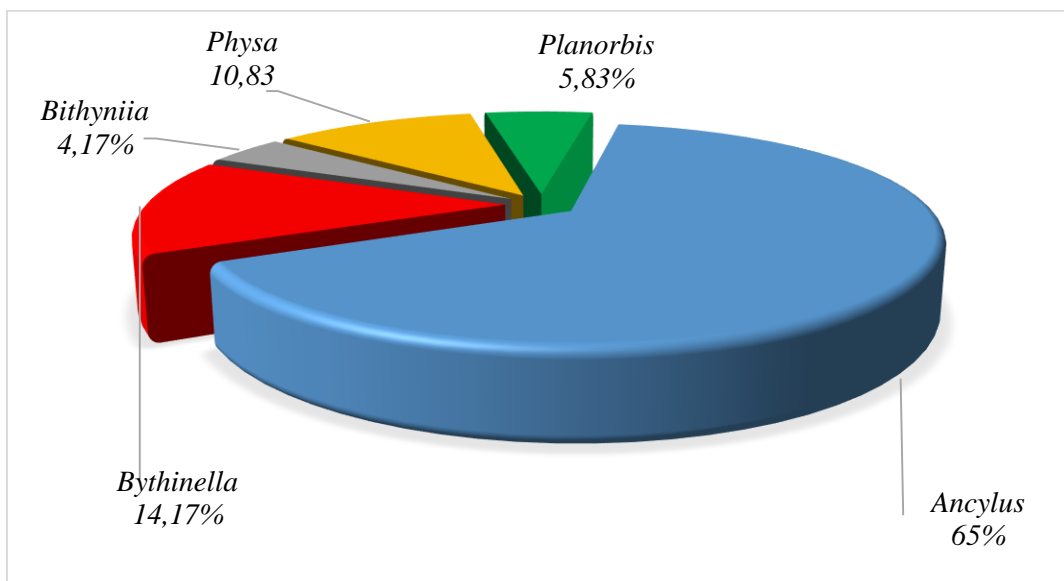


Figure 27 : Abondance des Mollusques dans les stations étudiées.

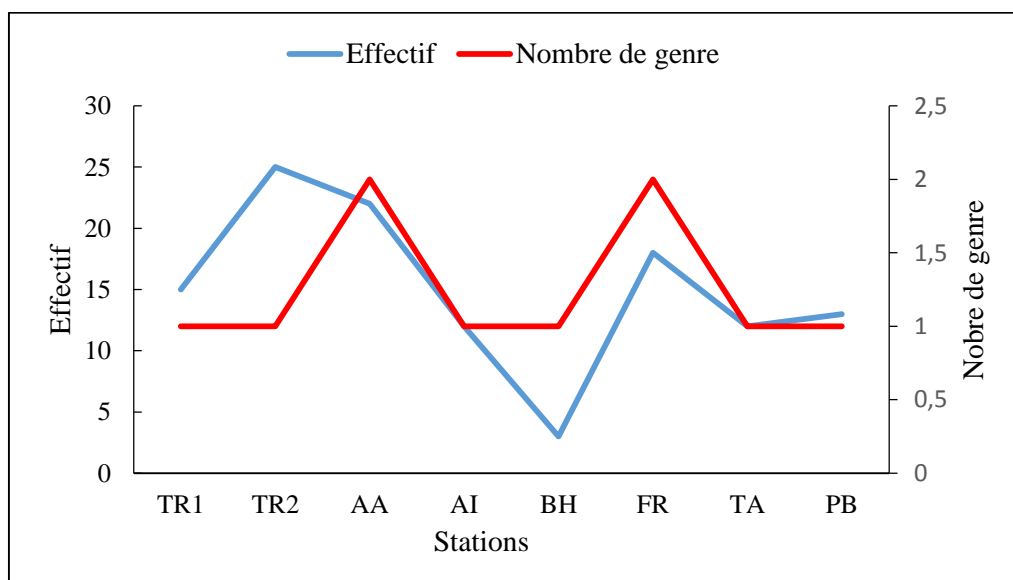


Figure 28 : Distribution des Mollusques dans les stations étudiées.

3.5.9- Autres groupes faunistiques

Les Crustacés, Comptant 555 individus, représentent 2,47 % de la faune totale dans notre étude. Ce groupe se caractérise par une faible diversité, comprenant seulement 2 familles et 2 genres : les Gammaridae, avec le genre *Gammarus* en nette dominance à 99,46 %, et les Potamonidae, représentés par le genre *Potamon* avec les 0,54 % restants (figure 30).

Les Crustacés, étudiés dans nos environnements aquatiques, affichent une préférence prononcée pour les cours d'eau de montagne. En effet, le plus grand nombre d'individus de ce groupe a été observé dans la station AA, qui correspond à un environnement de montagne.

Les Hydracariens, avec un total de 101 individus, représentent 0,45 % de la faune totale que nous avons étudiée. Leur répartition dans nos échantillons est assez hétérogène. Une concentration significative de ces organismes est observée dans les zones de piémont des cours d'eau, où le substrat est principalement composé de galets, le courant est généralement moyen à rapide, et les températures de l'eau sont relativement élevées.

Les Huridinés, avec un total de 64 individus, représentent 0,29 % de la faune totale que nous avons étudiée. Ils sont présents dans 4 stations (TR2, AA, AI et TA).

Les Planipennes, se font rares dans nos prélèvements, avec seulement 52 individus (soit 0,12% de la faune total), appartenant à la famille des Neurorthidae et au genre *Neurorthus*. Ces organismes sont principalement récoltés dans les stations amont, telles que TR1, AA, et AI. Cette distribution limitée suggère une préférence pour les habitats situés en amont des cours d'eau.

Les collemboles, se font rares dans notre échantillonnage avec seulement 12 individus (soit 0,08% de la faune total) sont regroupés au sein d'une unique famille Entomobryomorpe, représentés par les genres *Heteromerus* et *Entomobrya*, ont été observés dans les stations TR1 et AA.

Les Odonates, bien que rares dans nos échantillons, ont été représentés par seulement 17 individus (soit 0,03% de la faune total), appartenant à la famille des Gomphidae et au genre *Gomphus*. Ces spécimens ont été récoltés dans la station FR et ont été observés près des rives des cours d'eau.

Chapitre 4

Evaluation de la qualité de l'eau

Ce chapitre se focalise sur l'évaluation de la qualité de l'eau par la méthode des indices biotiques (IB)

4.1- Méthodes de détection et d'estimation du degré de pollution

Dans la quête pour comprendre et préserver les écosystèmes aquatiques, l'évaluation de la qualité de l'eau joue un rôle central. Ces habitats riches et diversifiés sont le théâtre de dynamiques complexes, où la santé des rivières, des lacs et des zones humides est intimement liée à la qualité de leur milieu aquatique. Lorsqu'une perturbation survient, que ce soit dû à des activités humaines ou à des facteurs naturels, elle induit des transformations perceptibles dans la structure des peuplements aquatiques.

Ces changements se traduisent par des bouleversements dans la composition des espèces, des remaniements faunistiques et floristiques, et peuvent même conduire à la disparition totale des communautés biologiques si la perturbation est violente. Dans cette quête pour évaluer et comprendre ces transformations, plusieurs méthodes ont été développées.

Parmi elles, la méthode des "Indices Biotiques" se distingue comme une approche profondément écologique. Cette méthode trouve ses racines dans la compréhension du lien étroit entre les organismes aquatiques et leur environnement.

Le principe fondamental des Indices Biotiques est de considérer la présence ou l'absence de ces espèces comme des indicateurs de la qualité de l'eau. En effet, chaque organisme vivant possède des préférences spécifiques en ce qui concerne les conditions environnementales. Certaines espèces ou associations sont ainsi capables de révéler la pureté ou la pollution d'une eau en fonction de leur présence ou de leur absence.

L'indice résultant est construit à partir d'un tableau qui prend en compte la nature de la faune récoltée, en mettant en avant la sensibilité différente de ces groupes aux perturbations, ainsi que leur diversité.

Au fil du temps, cette méthode a évolué et a donné naissance à différents indices, tels que l'Indice de Qualité Biologique Globale (I.Q.B.G) et l'Indice Biologique Global Normalisé (I.B.G.N), qui sont devenus des outils essentiels pour évaluer la qualité de l'eau et comprendre les écosystèmes aquatiques.

Dans ce travail, l'évaluation de la qualité de l'eau a été appréciée par la méthode des Indices Biotiques.

Le principe général de cette méthode (TRENT RIVER AUTHORITY, 1964 in TUFFERY et VERNEAUX 1967), consiste en l'élaboration d'indices empiriques caractérisant la qualité du macrofaune d'invertébrés benthique.

4.2.- Principe et calcul de l'Indice Biotique

L'étude de la qualité des eaux en un point donné est effectuée à partir de la récolte des macro-invertébrés qui colonisent le substrat, et qui sont soumis aux éventuelles fluctuations de la qualité du support aqueux. L'identification taxonomique des individus est réalisée en prenant en considération les limites standards de détermination établies par TUFFERY et VERNEAUX (1967) figurant dans le tableau 6.

Tableau 6 : Limites de détermination pratique des unités systématiques d'après TUFFERY et VERNEAUX (1967).

Ordres	Unités systématiques limites de précision et de détermination
Plécoptères	Genre
Trichoptères	Famille ou Genre selon les cas
Ephéméroptères	Genre
Odonates	Genre
Coléoptères	Famille
Mollusques	Genre ou Espèce selon les cas
Crustacés	Famille
Mégaloptères	Genre
Hémiptères	Genre
Diptères	Famille
Planaires	Genre ou Espèce selon les cas
Hirudines	Genre ou Espèce selon les cas
Oligochètes	Famille
Nématodes	Présence
Hydracariens	Présence

Le calcul de l'indice biotique, note attribuée à la qualité biologique des eaux s'effectue à l'aide d'un tableau standard à double entrée (tableau 7).

Dans le tableau 7 sont mentionnés :

-Colonne I

Les principaux groupes faunistiques classés de 1 à 7 selon leur tolérance croissante à la pollution (en particulier à la pollution organique).

-Colonne II

Les ordres ou les familles placées en tête de colonne sont plus exigeants quant à la qualité des eaux. Ils sont très sensibles à la pollution, et ont un caractère "sténo". Ceux du bas, groupes de 5 à 7, sont plus tolérants à des variations du milieu, ils ont un caractère "eury" et sont associés aux conditions de fortes pollutions organiques.

-Colonne III

En haut de la colonne 5 classes d'abondances selon le nombre total d'unités systématiques présentes dans l'échantillon. Ces classes d'abondances recourent les rangées horizontales correspondant aux groupes faunistiques. Cette zone du tableau standard se lit selon une double entrée, colonnes verticales et rangées horizontales, le point de recoupement porte la valeur standard de l'indice biotique.

L'indice biotique (Ib) déterminé à l'aide du tableau standard est exprimé par la valeur numérique conventionnelle pouvant varier de 0 à 10.

Les eaux les plus pures présentent l'indice biotique le plus élevé (10) et les plus polluées, l'indice le plus bas (0 à 1).

Tableau 7 : Tableau standard de détermination des indices biotiques d'après TUFFERY et VERNEAUX (1967)

I GROUPES FAUNISTIQUES	II SOUS GROUPES SELON LE NOMBRES D'UNITES SYSTEMATIQUES RENCONTREES		III NOMBRE TOTAL DES UNITES SYSTEMATIQUES PRESENTES				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16 et+
1- Plécoptères ou Ecdyonuridae	1 2	+ D'une US* Une seule US	INDICES BIOTIQUES				
			-	7	8	9	10
			5	6	7	8	9
2- Trichoptères A fourreaux			-	6	7	8	9
			5	5	6	7	8
3- Ancyliidae ou Ephéméroptères Sauf Ecdyonuridae	1	+ De 2 US*	-	5	6	7	8
	2	2 ou moins de 2US	3	4	5	6	7
4- Aphelocheirus Odonates ou Gammaridae ou Mollusques (Sauf Spheridae)	0	Toutes les US* ci-dessus absentes	3	4	5	6	7
5- Aselus ou Hirudinae ou Spheridae ou Hémiptères (Aphelocheirus)	0	Toutes les US ci-dessus absentes	2	3	4	5	-
6- Tubificidae ou Chironomidae des groupes Thumni ou Plumosus	0	Toutes les US ci-dessus absentes	1	2	3	-	-
7- Eristalinae	0	Toutes les US ci-dessus Absentes	0	1	1	-	-

* : Unités systématiques

Sur cette base, nous avons dressé une liste faunistique des macro-invertébrés récoltés dans les 8 stations d'étude durant notre campagne d'échantillonnage juin 2023 (tableau 8).

Tableau 8 : liste faunistique des macros invertébrées benthique lors de la campagne de l'échantillonnage (juin 2023).

Stations Unités Systématiques	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
PLECOPTERES								
G: <i>Perla</i>	+							
G: <i>Marthamea</i>	+							
G: <i>Perlodes</i>	+	+	+	+				
G: <i>Isoperla</i>	+			+				
G: <i>Brachyptera</i>		+	+					
G: <i>Amphinemura</i>	+		+	+				
G: <i>Protonemura</i>	+	+	+	+				
G: <i>Capnia</i>		+	+	+				
G: <i>Leuctra</i>	+	+	+					
TRICHOPTERES								
G: <i>Hydropsyche</i>	+		+	+	+	+		+
G: <i>Polycentropus</i>	+							
G: <i>Rhyacophila</i>	+		+	+	+			
G: <i>Hydroptila</i>	+		+	+		+		
G: <i>Adicella</i>	+							
G: <i>Philopotamus</i>	+		+					
G: <i>Wormaldia</i>			+					
G: <i>Stenophylax</i>		+	+					
G: <i>Agapetus</i>			+					
G: <i>Psychomyia</i>		+						
EPHEMEROPTERES								
G: <i>Beatis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
G: <i>Acentrella</i>	+	+	+		+	+		+
G: <i>Centroptilum</i>	+		+	+	+	+	+	+
G: <i>Caenis</i>					+	+	+	+
G: <i>Brachyserus</i>							+	
G: <i>Ecdyonurus</i>	+							
G: <i>Habrophlebia</i>	+	+						+
ODONATES								
G: <i>Gomphus</i>						+		
COLEOPTERES								
F: Dytiscidae	+		+		+		+	
F: Hydraenidae	+	+			+		+	
F: Elmidae	+	+	+	+	+	+	+	
F: Gyrinidae	+			+		+	+	
F: Hydrophilidae				+			+	
F: Helodidae	+	+		+				
F: Staphilinidae		+	+					
F: Haliplidae					+			
F: Helophoridae	+							
MOLLUSQUES								
G: <i>Ancylus</i>	+	+	+	+	+	+		
G: <i>Bythinella</i>			+			+		
G: <i>Bithyniia</i>							+	
G: <i>Physa</i>								+
G: <i>Planorbis</i>							+	

Stations Unités Systématiques	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
CRUSTACES								
G: <i>Gammarus</i>			+					
G: <i>Potamon</i>			+					
HETEROPTERES								
G: <i>Mesovelia</i>	+	+	+					
G: <i>Hydrometra</i>	+		+					
G: <i>Gerris</i>	+			+			+	
G: <i>Velia</i>	+							
DIPTERES								
F: Simuliidae	+	+	+	+	+	+	+	+
F: Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+	+
F: Limoniidae	+			+	+	+	+	
F: Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+	+	
F: Tabanidae	+		+	+	+	+		
F: Empididae				+				
F: Athericidae	+				+			
F: Tipulidae	+			+			+	
F: Psychodidae	+		+	+	+			
F: Sратиomyidae	+		+	+	+			
F: Blephaeiceridae	+	+	+	+				
F: Dixidae	+		+				+	
F: Culcidae							+	
F: Cylindrotomidae	+							
F: HIRUDINES								
G: <i>Erpobdellidae</i>		+	+	+			+	
VERS								
F : Naididae	+	+	+	+	+	+	+	+
F : Tubificidae	+		+	+	+	+	+	
F : Lumbricidae								
HYDRACARIENS	+		+	+		+	+	

4.3.- Cartographie de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau en fonction de l'indice biotique et de la pollution est donnée dans le tableau 9.

Tableau 9 : Qualité de l'eau en fonction des indices biotiques d'après TUFFERY et VERNEAUX, (1967).

Indice biotique	Indice de pollution	Qualité de l'eau	Pollution	Couleur
$I_b \geq I_n - 1$	$I_p \leq 1$	Bonne	Absente	Bleu
$I_n - 1 > I_b \geq I_n - 3$	$I_p \leq 3$	Acceptable	Présente	Vert
$I_n - 3 > I_b \geq I_n - 5$	$I_p \leq 5$	Douteuse	Notable	Jaune
$I_n - 5 > I_b \geq I_n - 7$	$I_p \leq 7$	Critique	Importante	Rouge
$I_b < I_n - 7$	$I_p > 7$	Dangereuse	Très importante	Violet

I_b : indice biotique de la station considérée;

I_n : indice biotique normal représentatif de la qualité biologique du cours d'eau en situation normal, il est égal à 10;

I_p : indice de pollution. Il est déterminé comme suit : $I_p = I_n - I_b$.

4.4.- Résultats et discussion

Les résultats obtenus sur la qualité de l'eau dans les 8 stations d'étude sont consignés dans le tableau 10.

Les résultats de l'Indice Biotique (IB) nous offrent un aperçu précieux de la qualité de l'eau en amont et en aval de notre réseau hydrographique, une évaluation qui s'appuie sur les travaux précurseurs de chercheurs éminents tels qu'Albert Berthelmy, dont l'étude sur les Plécoptères en 1966 a marqué un tournant dans notre compréhension des écosystèmes aquatiques.

En amont, dans les stations TR1, TR2, AA, AI, l'IB atteint un remarquable score de 10, indiquant une qualité de l'eau exceptionnelle, symbolisée par la couleur bleue. Ces stations sont nichées dans les cours supérieurs du réseau hydrographique de la région d'étude, un environnement où la pollution est absente. Cette absence de pollution favorise l'établissement d'une faune diversifiée, en particulier des espèces polluo-sensibles telles que les Plécoptères, qui prospèrent dans des milieux à l'eau pure et bien oxygénée.

Même dans des conditions où l'on pourrait s'attendre à une certaine présence de matières organiques dues aux rejets domestiques, la station TR2, conserve un IB de 10, confirmant ainsi la remarquable capacité d'auto-épuration active dans cette région du cours d'eau.

En aval, les stations BH, FR, TA présentent des IB de 8, indiquant une présence modérée de pollution, illustrée par la couleur verte. La station PB affiche un IB légèrement inférieur à 7,

signe que la pollution y est plus prononcée, bien que la qualité de l'eau demeure acceptable. Cela est cohérent avec l'observation que, généralement, l'IB diminue à mesure que l'on s'éloigne des sources et que diverses formes de pollution, notamment d'origine organique et industrielle, ainsi que des extractions de sable occasionnelles, entraînent une déstabilisation du lit et une remise en suspension d'éléments fins, créant ainsi une pollution mécanique.

Il convient de noter que la présence d'une station d'épuration au niveau du Pont de Bougie, ainsi que les fortes précipitations enregistrées lors de nos campagnes de prélèvements, ont joué un rôle essentiel dans l'épuration de l'eau et la réduction du taux de pollution dans cette partie du cours d'eau.

Tableau 10 : Les résultats obtenus sur la qualité de l'eau dans les 8 stations d'étude.

Stations	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Distance à la source	0,5	1,5	0,5	1	25	40	45	75
Nombre totale d'US	46	22	37	30	21	20	23	10
IB	10	10	10	10	8	8	8	7
IP	0	0	0	0	2	2	2	3
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Pollution	Absente	Absente	Absente	Absente	Présente	Présente	Présente	Présente
Couleur	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Vert	Vert	Vert	Vert

L'utilisation des indices de pollution tout au long du cours d'eau nous permet de créer un diagramme de pollution. Ce diagramme revêt une importance particulière en fournissant une représentation quantitative de la pollution ainsi que des indications sur l'emplacement des sources de rejets polluants.

- **Diagramme de pollution**

L'examen du diagramme présenté dans la figure 32, basé sur notre échantillonnage, révèle des informations cruciales concernant la qualité de l'eau le long du cours d'eau étudié. Cette analyse permet de dégager des tendances significatives qui éclairent la compréhension de l'état écologique de la région étudiée.

Le déclin de l'indice biotique observé dans ce contexte est un indicateur majeur de la dégradation de la qualité de l'eau. En d'autres termes, une diminution de l'Indice Biotique (IB) est synonyme d'une détérioration de l'environnement aquatique. Cette relation inverse entre l'IB et la pollution suggère que l'écosystème aquatique est vulnérable aux perturbations, en particulier d'origine humaine.

Plus précisément, il est possible d'observer que les zones situées en aval des zones densément peuplées ou des secteurs soumis à des activités industrielles et agricoles intensives présentent des indices biotiques plus bas, indiquant une altération de la faune aquatique et une détérioration de la qualité de l'eau. Cette tendance met en lumière les conséquences néfastes de l'action anthropique sur la santé des écosystèmes aquatiques.

En conclusion, l'analyse du diagramme démontre de manière convaincante l'impact de l'activité humaine sur la qualité de l'eau et la biodiversité des cours d'eau. Il souligne la nécessité d'une gestion responsable des ressources hydriques et de la mise en œuvre de pratiques durables pour préserver la santé des écosystèmes aquatiques et garantir un approvisionnement en eau de qualité pour les générations futures.

L'Indice Biotique (IB) présente un intérêt majeur dans l'évaluation de la qualité de l'eau et la surveillance des écosystèmes aquatiques. Cette méthode, souvent désignée comme l'une des "indices biotiques", offre plusieurs avantages notables qui en font un outil précieux dans le domaine de l'écologie et de la gestion des ressources en eau.

Tout d'abord, l'IB se distingue par sa simplicité d'utilisation. Contrairement à certaines méthodes de contrôle de la qualité de l'eau qui requièrent des analyses complexes et des équipements coûteux, l'IB repose sur l'observation et la collecte d'échantillons de la faune aquatique. Cette approche accessible permet aux chercheurs, aux gestionnaires de l'environnement et aux organismes de régulation de surveiller rapidement et efficacement la santé des écosystèmes aquatiques.

Un autre avantage significatif de l'IB est sa capacité à fournir une évaluation quasi immédiate de la qualité de l'eau. En utilisant des critères de présence-absence de diverses espèces d'invertébrés d'eaux douces, l'IB permet de juger rapidement si une zone aquatique est en bon état ou si elle présente des signes de pollution. Cette réactivité est cruciale pour prendre des mesures de gestion appropriées en cas de dégradation de la qualité de l'eau.

De plus, l'IB offre une traduction concrète de la qualité de l'eau en se basant sur la sensibilité des espèces à la pollution. Lorsque l'IB diminue, cela indique une réduction de la diversité biologique et la présence potentielle de contaminants. Cela permet d'alerter les autorités compétentes sur la nécessité d'agir pour protéger et restaurer l'écosystème aquatique.

Il est également important de noter que l'IB peut être utilisé en complément des méthodes physico-chimiques de contrôle de la qualité de l'eau. Les données obtenues par ces méthodes se complètent mutuellement, offrant ainsi une image plus complète de l'état de l'environnement aquatique. Cette approche multidisciplinaire renforce la fiabilité des évaluations et contribue à une meilleure compréhension des facteurs qui influent sur la qualité de l'eau.

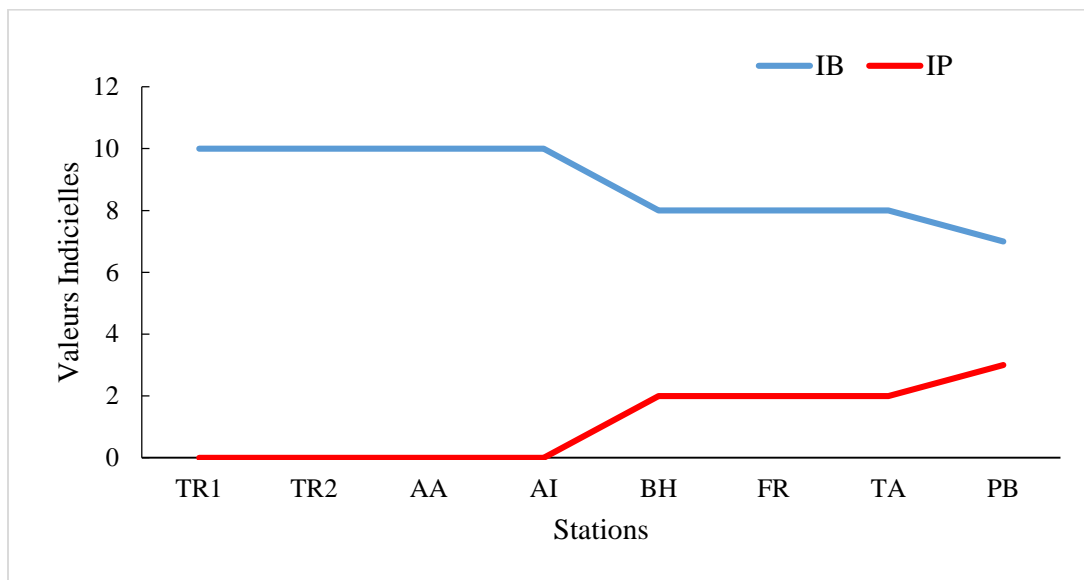


Figure 39 : Expression graphique des indices biotiques.

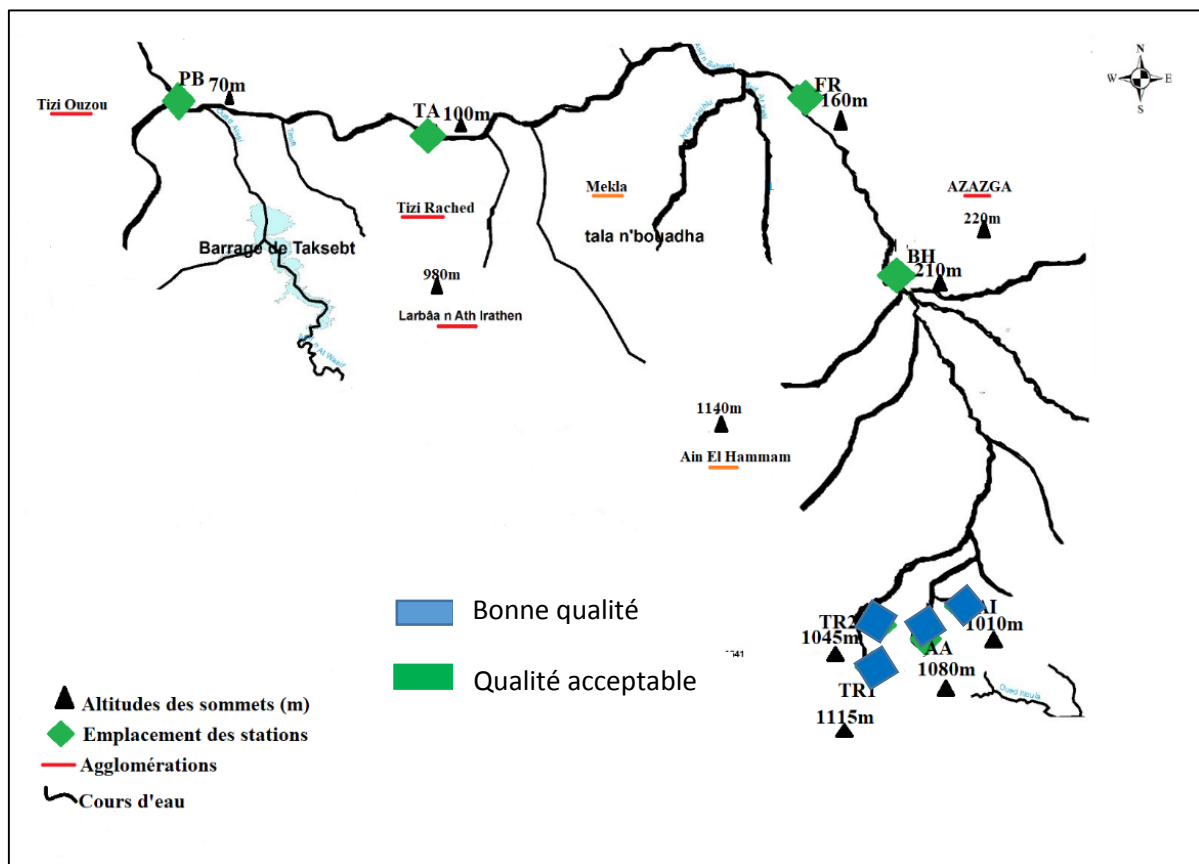


Figure 30 : La qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés (méthode IB)

Conclusion

Conclusion

Ce travail a permis de recenser une diversité remarquable de la limnofaune dans les cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, avec un total de 22451 individus appartenant à 14 groupes zoologiques et 81 genres, échantillonnés dans 8 stations situées à des altitudes variant entre 70 et 1115 mètres.

Parmi ces groupes, les Diptères, les Coléoptères et les trichoptères se démarquent en termes de représentation, avec respectivement 14 et 9 familles. Les Diptères et les Epheméroptères se révèlent être les groupes dominants, totalisant près de 80% de la faune récoltée, avec des abondances de 52,50% (11787 individus) et 26,99% (6059 individus), respectivement.

D'autres groupes, tels que les Oligochètes, les Trichoptères, les Plécoptères, les Crustacés, les Coléoptères, les Hétéroptères, et les Mollusques occupent des places suivantes en termes d'abondance numérique. Cependant, les Hydracariens, les Hirudinés, les Planipennes, les collemboles et les Odonates sont faiblement représentés.

L'analyse de la structure du peuplement montre que les zones d'altitude sont les plus diversifiées, grâce à des conditions écologiques favorables et à une grande variété d'habitats. En revanche, les zones de piémont et de basse altitude présentent une diversité moyenne en raison des impacts négatifs des activités humaines, notamment les rejets domestiques, l'extraction de sable et de gravier, l'agriculture intensive et le pompage excessif de l'eau, ainsi que les précipitations intenses qui affectent les prélèvements post-crués.

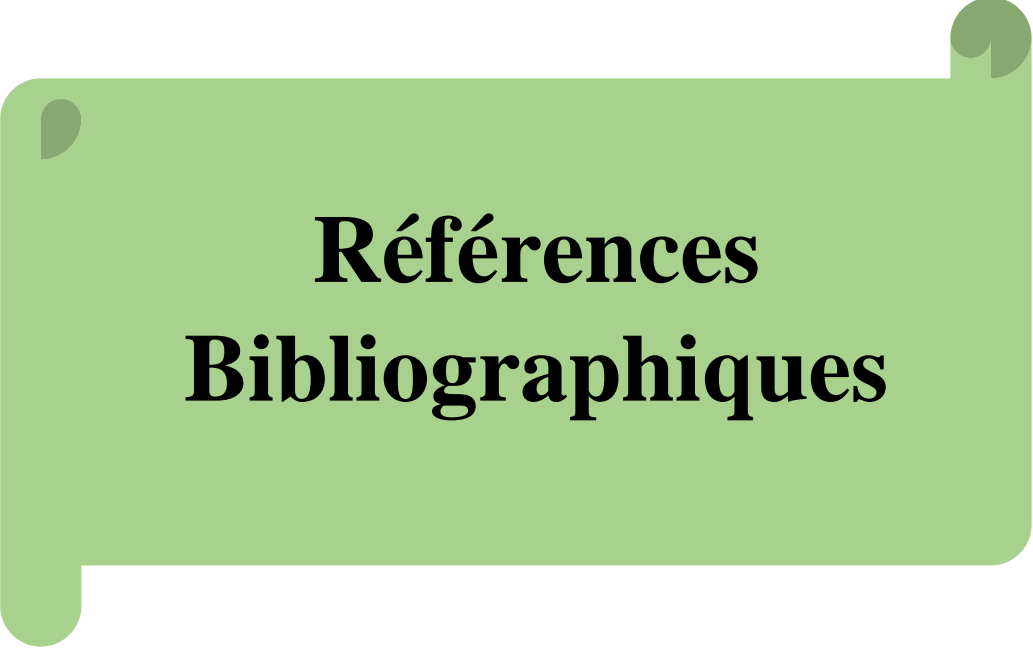
Les indicateurs utilisés, tels que la richesse spécifique, l'abondance, l'occurrence, l'indice de diversité et l'indice d'équitabilité, ont permis de décrire la structure du peuplement. L'indice de Shannon a révélé une diversité importante dans l'ensemble des stations étudiées, avec des valeurs variant de 2,3 à 3,97. Cependant, l'indice d'équitabilité indique un déséquilibre entre les taxons en raison des perturbations diverses qui ont favorisé certaines espèces tolérantes et polluo-résistantes.

L'évaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau à l'aide de l'indice biotique a montré une dégradation de la qualité de l'eau d'amont en aval, due à la fois aux conditions naturelles telles que les crues et les inondations, ainsi qu'à l'action anthropique avec diverses sources de pollution. La qualité de l'eau varie de bonne en haute altitude à acceptable en piémont et basse altitude.

La préservation de l'environnement est devenue une priorité mondiale, et les réseaux hydrographiques, en tant qu'écosystèmes précieux, nécessitent une attention particulière. Pour garantir leur préservation durable, il est essentiel de mieux comprendre leur composition faunistique, en particulier les espèces bioindicatrices. Cette connaissance peut faciliter des interventions rapides pour la préservation de ces milieux.

Conclusion

En ce qui concerne les réseaux hydrographiques du Djurdjura, des recommandations sont formulées, notamment la réduction de l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides, l'obligation de raccordement à l'égout et l'installation de stations d'épuration des eaux usées, ainsi que la mise en place d'une réglementation stricte concernant l'extraction de sable et de gravier dans les oueds. De plus, il est essentiel de sensibiliser les populations à l'importance de l'eau et des écosystèmes qui en dépendent, afin de promouvoir une éducation environnementale et une éthique écologique dans la région.



**Références
Bibliographiques**

Références bibliographiques

ABDESSELAM M., 1987. Contribution à l'étude de l'aquifère karstique du Djurdjura occidental (Algérie). Mém. DEA National d'hydrologie "science de l'eau et aménagement". Université de Franche Compté : 84p.

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

ABDESSELAM M., MANIA J., MUDRY J., JERALD J-P., CHAUVE P., LAMI H ET AIGOUN C., 2000. Arguments hydrogéochimiques en faveur de Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale kabyle, élément des Maghrébides). Revue. Sciences. Eau., 13 (2) : 155-166

AIT-MOULOUD S., 1988. Essais de recherche sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de magister, U.S.T.H.B : 118p.

AMROUN, M., 2005. Compétition alimentaire entre le chacal *Canis aureus* et la Genette *Genetta genetta* dans deux sites de Kabylie : conséquences prévisibles des modifications de milieux. Thèse de doctorat d'Etat en Biologie. Univ. De Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou 107p.

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

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

ARAB, A., Lek, S., LOUNACI, A. & PARK, Y.S. (2004). Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Ann. Limnol. - Int. J. Limn.*, 40 : 317-327.

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

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

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

BOURNAUD M & KECK G., 1980. Diversité spécifique et structure des peuplements macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le furans (Ain). *ActaOecologica,OecolGener*, vol 1, n° 2, 131-150.

Références bibliographiques

BOSSIERE, G., (1980). Un complexe métamorphique polycyclique et sa blastomylonitisation. Etude pétrologique de la partie occidentale du massif de Grande-Kabylie (Algérie). Unpubl. Doct. Etat Thesis, Nantes Univ., 302 pp.

CALVET R, BARRIUSO E, BEDOS C, BENOIT P, CHARNAY M.P, COQUET Y, 2005. Les pesticides dans le sol : Conséquences agronomiques et environnementales. Editions France Agricole, 637 p.

CLERGUE-GAZEAU M., 1991. Clés de détermination des Simulies (Diptera, Simuliidae) des Pyrénées. *Annis Limnol.* 27 (3):pp: 267-286.

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

CUMMINS (K.W) & LAUFF (G.H.),1969. — The influence of substrate particle size on the microdistribution of stream macrobenthos. *Hydrobiologia.* 34 (2) : 145-181.

DAJOZ R., 1971. D'écologie. Précis. Ed. Bordas, Paris, 434 p.

DAJOZ R., 2000 – Précis d'écologie 7e Edition. Dunod ; Paris, 615 p.

DREUX P., 1980. Précis d'écologie. Ed. Presses Universitaire. 622p

EL AGBANI M.A., DAKKI M., & BOURNAUD M., 1992. Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) : les milieux aquatiques et leurs peuplements macroinvertébrés. *Bull. Ecologie,* 23 (1/2) : 103-113p.

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

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

FLANDRIN J., 1952. La chaîne du Djurdjura. XIXe Congrès de Géologie International d'Alger, Monographie. Région. 1re série., 19 : 48p.

FLANDRIN J., CLARACQ P., FABRE CI., LAURIOL E et PAYANJ. 1952. Carte géologique de la chaîne du Djurdjura au 1/50 000. Service de Carte de Géologie. Algérie, feuilles n° 66 et 67, coupure spéciale Alger.

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

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

Références bibliographiques

HAOUCHINE S., 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro- invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse de magister, U.M.M.T.O : 103p.

HYNES H.B.N., 1970. The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool: 555 p.

KROUCHI F., 2010. Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de structure génétique du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Thala- Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Thèse d'Etat en Sciences Agronomies. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou (Algérie), 127 p.

LAMINE S., 2021. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidea et Hydraenidae des cours d'eau de la Kabylie de Djurdjura. Thèse Doctorat U.M.M.T.O : 248 p.

LAPIE, G., 1909. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. Thèse Fac. des Sc., Univ. de Paris., 156 p.

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

LOUNACI A., BROSSE S., THOMAS A. & LEK S. 2000(a). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaouwadi. *Annals Limnol.*, 36(2) : 123- 133.

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

LOUNACI A., 2005. Recherches sur la faunistiques, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou : 208 p.

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

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

MEBARKI M., 2001. Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (parcnational du Djurdjura, oued Sébaou et d'Oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macro- invertébrés benthiques. Thèse Magister, U.M.M.T.O : 178p.

Références bibliographiques

- MEDDOUR R., 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré-forestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse d'État en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 397 pp.
- MINSHALL (G.W.), 1984.** Aquatic insect-substratum relationships. In RESH & ROSENBERG eds., p. 358-400.
- MOUBAYED J., AIT MOULOUD S & LOUNACI A. 1992.** Les Chironomidae d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). Nach. Bayer. Entomol. 41 (1): 21-29.
- MOUBAYED J., LOUNACI A. & LOUNACI-DAOUDI D., 2007.** Non-biting midges from Algeria, North Africa (Diptera, Chironomidae). Ephemera, 8 (2):93-99. Occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapires atlasiques. Thèse Magister. U.S.T.H.B / IST.
- POISSON R., 1957.** Hétéroptères aquatiques. In P. Lechevalier (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 Ecologique, 10. Lechevalier éd., 463p. Paris.
- QUEZEL P., & SANTA S. (1962).** Nouvelle Flore de l'Algérie 1. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- RAMADE F, 1984.** Élément d'écologie : Ecologie fondamentale. Edit Mac GRAWHILL. Paris. 197 p.
- RAMADE F., 2003.** Éléments d'écologie. Écologie fondamentale. 3^{ème} Ed : Dunod, Paris. P.190.
- REISER D.W., WHITE R.G., 1988.** Effects of two sediment size classes on survival of steelhead and chinook salmon eggs. North. Am. Jour, of Fish. Man., 8 : 432- 437 p.
- RICHARDS C., HOST G.E., ARTHUR J.W., 1993.** Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large catchment. Freshwat. Biol., 29, 285-294p.
- SHANNONC. E. & WEAVER W., 1963.** The mathematical theory of communication. Urbane: University of Illinois Press: 117 p.
- SAMRAOUI B., & MENAI R., 1999.** A contribution to the study of Algerian Odonata. Int. J. Odonatology, 2 (2) : 145-165.
- SEKHI S., 2010.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés ces cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB, 117p.

Références bibliographiques

- SEKHI, S., (2022).** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Trichoptères des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse doctorat à l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
- SOCLO H., 2003.** Étude de l'impact de l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides par les populations riveraines sur les écosystèmes (eaux de surface, substrat des réserves de faune) dans les complexes des aires protégées de la Pendjari et du W. Rapport d'étude. Cotonou : CENAGREF. Http:// www.cenagref.net.
- TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Associations Française le Limnologie : 150p.
- TACHET H., BOURMAUD M., RICHOUX PH. & USSEGLIO-POLATERA P., 2000.** Invertébrés d'eaux douces : systématique, Ecologie, Biologie. Edit CNRS Paris : 588p.
- TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. and USSEGLIO-POLATERA, P., 2010.** Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Paris : CNRS Editions, 588 p.
- THOMAS A.G.B., 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Ephéméroptères, Diptères : Dixidae, Cecidomyiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'Homme. Thèse de doctorat, Univ de Toulouse: 330p.
- THOMAS A., 1998.** A previsional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse, 134: 13-20.
- TRENT BIVER AUTHORITY., 1964.** — Rep. Woodrwiss F. S. The biological System of stream classification used by Trent Biver Board. Chem. Indus. : 443-447.
- TUFFERY G., & VERMEAUX J.,1967.** Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Trav. Sect. Techn. P ; et P., C.E.R.A.F.E.R. Paris 23 p.
- VERNEAUX J., 1973.** Cours d'eau de Franche-Comte (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique de Doubs. Thèse Docrorat : 260 p.
- WARD J.V., BRETSCHKO G., BRUNKE M., DANIELOPOL D., GIBERT J., GONSER T., HILDREW A.G., 1998.** The boundaries of river systems: the metazoan perspective. Freshwat. Biol., 40, 531-569p.
- WATERS T.F., 1984.** Annual production by Gammarus pseudolimnaeus among substrate types in Valley Creek, Minnesota. Am. Mid. Nat., 112, 95-102.

Références bibliographiques

YAKOUB B., 2005. L'eau dans le bassin versant du Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Evaluation, contraintes et recommandations. Thèse doctorat d'état en sciences de l'eau. UMMTO. 268p.

YASRI N., 2009. Diversité, écologie et biogéographie des macro-invertébrés de quelques affluents du Mazafran. Thèse de magister, U.S.T.H.B : 94p.

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

Annexes

Annexes

Annexe I : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités du Djurdjura (Ath–Ouabane et Tizi-Ouzou) Période : 2007-2017 ; données de l’A.N.R.H. de Tizi-Ouzou.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Ath Ouabane	64.57	89.62	139.89	207.3	187.08	111.8	111.14	144.85	91.04	18.25	10	26.5
Tizi-Ouzou	43.35	63.55	124.78	137.9	106.51	73.52	69.48	79.97	75.27	5.52	2.72	6.21

Annexe II : Températures moyennes mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou (alt. 190 m) période 2013-2022 (données ONM de Tizi-Ouzou).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
T° Max	13.89	15.33	17.92	21.16	24.73	29.36	33.88	33.65	29.58	24.89	18.64	15.32
T°Min	5.84	7.18	9.23	11.47	14.98	19.26	23.26	23.12	20.49	16.18	10.78	6.89
T° moy	9.87	11.26	13.57	16.31	19.85	24.31	28.57	28.39	25.03	20.54	14.78	11.11

Annexe III : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations étudiées.

Stations	TR1	TR3	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Altitude (m)	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
T.moy (°C)	2	2	3	4	13	15	18	23

Annexe IV : Moyennes mensuelles des températures de l’air (en °C) et des précipitations (mm) à Tizi-Ouzou (période 2013-2022).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
T (°C)	9.87	11.26	13.57	16.31	19.85	24.31	28.57	28.39	25.03	20.54	14.71	11.11
P (mm)	158.83	77.86	101.11	50.08	50.89	19.26	0.98	5.33	38.23	60.66	168.32	136.76

Annexe V :Indices de diversité H' et E

Station	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
H	3,03	1,25	2,13	1,38	1,15	1,92	2,01	1,87
E	0,53	0,23	0,4	0,26	0,23	0,43	0,44	0,57

Résumé

Dans cette étude hydrobiologique menée en Kabylie, huit stations différentes le long d'un gradient altitudinal variant entre 70 et 1115m ont été examinées pour évaluer la composition de la limnofaune. Au total, 22451 individus appartenant à 14 groupes zoologiques et 81 genres ont été recensés.

Les Diptères, comprenant 14 familles, les Coléoptères et les Trichoptères comprenant 9 familles, sont les groupes les plus représentés. Les Diptères et les Ephéméroptères dominent numériquement, représentant respectivement 52,50% et 26,99% de la faune totale, et ils sont abondants dans toutes les stations, constituant près de 80% de la faune collectée.

Les résultats obtenus à partir des indices biotiques (Ib) ont révélé une détérioration de la qualité des stations en aval du cours d'eau, passant de "bonne qualité" à "acceptable".

Cette étude met en lumière l'importance de la diversité des invertébrés benthiques dans les cours d'eau de la région de Kabylie et fournit des informations précieuses sur la qualité hydrobiologique des stations étudiées.

Mots Clés : Cours d'eau, invertébrés benthiques, structure des communautés, qualité hydrobiologique, Kabylie.

Abstract

In this hydrobiological study carried out in Kabylia, eight different stations along an altitudinal gradient varying between 70 and 1115m were examined to assess the composition of the limnofauna. 22451 individuals belonging to 14 zoological groups and 81 genera were recorded.

Diptera, comprising 14 families, Coleoptera and Trichoptera, comprising 9 families, are the most represented groups. Diptera and Ephemeroptera dominate numerically, accounting for 52.50% and 26.99% of the total fauna respectively, and are abundant at all stations, constituting almost 80% of the fauna collected.

Results obtained from biotic indices (Ib) revealed a deterioration in the quality of stations downstream from "good quality" to "acceptable".

This study highlights the importance of benthic invertebrate diversity in streams in the Kabylie region, and provides valuable information on the hydrobiological quality of the stations studied.

Keywords: Streams, benthic invertebrates, community structure, hydrobiological quality, Kabylia.