

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département Sciences Biologiques



Mémoire



De fin d'Études

En vue de l'obtention du diplôme de

Master en Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Ecologie Animale

Thème

**Contribution à l'étude des macroinvertébrés
benthiques et l'évaluation de la qualité
hydrobiologique des cours d'eau de la région
d'Iboudrarène (Tizi-Ouzou) par les voies
biologiques (IBGN et BMWP')**

Réalisé par :

NAIT MOULOU D Meriam

Examiné par le jury composé de :

- | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------|
| • M ^{me} CHAOUCHI N. | M.C.A à l'UMMTO | Présidente |
| • M ^{me} SEKHI S. | M.A.A à l'UMMTO | Examinatrice |
| • M ^{me} HAOUCHINE S. | M.A.A à l'UMMTO | Promotrice |
| • M ^r LAMINE S. | Doctorant à l'UMMTO | Co-promoteur |

Année universitaire 2020/2021



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

❖ **Mes très chers parents BELKACEM et HDJILA**

Qui ont œuvré pour ma réussite, de par leur amour, leur soutien permanent, leurs sacrifices et leurs précieux conseils, ainsi que pour leur assistance et leur présence dans ma vie. Je ne les remercierais jamais assez pour leur bonne éducation, leur patience et pour les valeurs qu'ils m'ont inculquées. Vous êtes ma fierté. Que Dieu les protège et les garde en bonne santé ;

❖ **Mes très chers frères KARIM et son épouse DJOUHER, MERZOUK et ABDERRAHMANE**

Qui sont toujours présents avec moi, me soutiennent, m'aident, me conseillent, m'encouragent et me redonnent l'espoir et m'inspirent la volonté d'avancer encore plus. Que Dieu vous protège ;

❖ **Mes amis Aziz et Ouiza**

Mes sources d'énergie, ma force d'avancer et mes alliés. Ceux qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont soutenu et encouragé tout au long du parcours pour la réalisation de ce travail. Que dieu vous garde.



Remerciements

Je remercie mon Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté de poursuivre mes études et accomplir ce modeste travail.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements et mon plus grand respect à ma promotrice Mme **HAOUCHINE S. MAA** à l'UMMTO pour avoir accepté de m'encadrer ainsi que pour sa compréhension, sa disponibilité, ses conseils judicieux et toute l'aide qu'elle m'a rapporté, qu'elle trouve ici le témoignage de mon éternelle gratitude.

Je remercie vivement Mr **LAMINE S. DOCTORANT** à l'UMMTO de m'avoir accompagné sur le terrain, de m'avoir aidé, soutenu et encouragé durant tout mon parcours, pour ses critiques constructives, ses conseils, ses recommandations, ses encouragements, le temps qu'il m'a consacré et son aide précieuse.

Je remercie Mme **CHAOUCHI N. M.C.A** à l'UMMTO d'avoir accepté de corriger mon travail et présider le Jury.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Mme **SEKHI S. MAA** à l'UMMTO qui m'a beaucoup aidé, orientée, et encouragée pendant mon travail au laboratoire, et qui a bien voulu examiner mon travail.

Ma reconnaissance et ma gratitude vont à Mr **BENSIDHOUM M. MAA** à l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, de m'avoir accompagné sur le terrain. Je souhaite qu'il trouve ici toutes ma reconnaissance pour ses encouragements, ses conseils, le temps qu'il m'a consacré et sa bienveillance.

Je remercie Mr **NAIT MOULOUD M. MCA** à l'UMMTO qui m'a orienté et aidé pour la réalisation de mon mémoire.

Toute ma gratitude va également au personnel du laboratoire d'hydrobiologie spécialement Mr **LOUNACI** de m'avoir autorisé à travailler dans son laboratoire et Mme **KECHEMIR** pour ses conseils et orientations.

Je tiens à remercier **AZIZ et OUIZA** pour leur précieuse aide, leur soutien, leur encouragement et leur patience tout au long de mon parcours.

Il m'est agréable d'exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à tous ceux ou celles, qui par leur aide, leurs conseils et leurs encouragements, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

Introduction	01
--------------------	----

CHAPITRE I : Caractéristiques générales de la région d'étude.

1.1. Situation géographique.....	03
1.2. Cadre géologique.....	05
1.3. Climatologie.....	06
1.3.1. La température	06
1.3.2. Les précipitations.....	08
1.4. Couvert végétal.....	10
1.5. Perturbations anthropiques	11

CHAPITRE II : Sites et méthodes d'étude.

2.1. Description des cours d'eau et des stations d'étude	12
2.2. Caractéristiques physiques des stations.....	18
2.2.1. La pente.....	18
2.2.2. Le débit	18
2.2.3. Vitesse du courant.....	19
2.2.4. Le substrat	20
2.2.5. Température de l'eau	21
2.3. Matériels et méthodes d'échantillonnage	23
2.3.1. Echantillonnage benthique.....	23
2.3.2. Conservation des échantillons.....	24
2.3.3. Lavage, tri et détermination	24
2.3.4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement	26
2.3.4.1. Indice de diversité et de structure	26
2.3.4.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	28
2.3.4.3. Indice de structure	28
2.3.4.4. Indice biologique	29
2.3.4.5. Traitement statistique des données.....	29
2.3.4.6. Logiciels de calcul.....	30
2.4. Structure mésologique	30

CHAPITRE III : La faune.

3.1. Analyse globale du peuplement	34
3.1.1. Abondance de la faune benthique	38
3.1.2. Richesse taxonomique.....	40
3.1.3. Structure du peuplement.....	41
3.2. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique	43
3.2.1. Les Ephéméroptères	43
3.2.2. Les Diptères	45
3.2.3. Les Coléoptères	47
3.2.4. Les Trichoptères	49
3.2.5. Les Plécoptères	50
3.2.6. Les Hétéroptères	52
3.2.7. Les Vers.....	53
3.2.8. Les Odonates	54
3.2.9. Les autres groupes zoologiques	55

CHAPITRE IV : Evaluation de la qualité biologique de l'eau.

4.1. Domaines d'application de l'IBGN et du BMWP'	57
4.2. Calcul de l'I.B.G.N et du B.M.W.P'	57
4.3. Résultats obtenus à partir de l'IBGN et du BMWP'	59
Discussion	65
Conclusion générale	70
Références bibliographiques	72
Annexes.....	77

Liste des figures

Figure 01 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).....	3
Figure 02: Situation géographique de la région d'étude (Google maps 2021).	4
Figure 03: Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952in HAOUCHINE2011).....	5
Figure 04: Températures mensuelles moyennes de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, Source : O.N.M de Tizi-Ouzou).	7
Figure 05: Précipitations moyennes mensuelles (en mm) de certaines localités de la région d'étude (Ath Ouabane, Tizi-Ouzou) période (2007-2017).....	9
Figure 06: Cours d'eau étudiés et emplacement des stations.....	14
Figure 07: Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations.	22
Figure 08: Choix des composantes principales à retenir.....	32
Figure 09: Analyse des composantes principales des paramètres environnementaux, plans factoriels F1-F2.	33
Figure 10: Analyse des composantes principales des 6 stations étudiées.....	33
Figure 11: Analyse factorielle des correspondances réalisées sur les 6 stations et les 12 paramètres environnementaux.....	34
Figure 12: Répartition de la faune globale dans les stations d'étude.....	38
Figure 13: Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.....	39
Figure 14: Richesse taxonomique aux stations étudiées.	41
Figure 15: Evolution des indices de SHANNON et Weaver et d'Equitabilité dans les stations étudiées.....	42
Figure 16: Répartition des Ephemeropteres récoltés.	44
Figure 17: Abondances des Ephemeropteres dans les stations d'étude.	45
Figure 18: Répartition des Dipteres récoltés.	46
Figure 19: Abondances des Dipteres dans les stations d'étude.....	47
Figure 20: Répartition des Coleopteres récoltés.	48
Figure 21: Abondances des Coleopteres dans les stations d'étude.	48
Figure 22: Répartition des Trichopteres récoltés.	49
Figure 23: Abondances des Trichopteres dans les stations d'étude.....	50
Figure 24: Répartition des Plecopteres récoltés.	51
Figure 25: Abondances des Plecopteres dans les stations d'étude.....	52
Figure 26: Répartition des Heteropteres récoltés.	53
Figure 27 : Abondances des Heteropteres dans les stations étudiées.....	53
Figure 28: Répartition des Oligochetes récoltés.	54
Figure 29: Abondances des Vers dans les stations étudiées.	54
Figure 30: Répartition des Odonates.....	55
Figure 31: Abondances des Odonates dans les stations étudiées.....	55
Figure 32: Analyse hydrobiologique des stations étudiées.	67
Figure 33: La qualité hydrobiologique des stations étudiées (méthode IBGN).....	68
Figure 34: La qualité hydrobiologique des stations étudiées (méthode BMWP').	69

Liste des tableaux

Tableau 1: Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, source O.N.M de Tizi-Ouzou).	7
Tableau 2: précipitations mensuelles moyennes à certaines localités avoisinantes de la région d'étude (Ath Ouabane et Tizi-Ouzou) pour la période 2007-2017 (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).....	9
Tableau 3: Altitudes et pentes des stations étudiées.	18
Tableau 4: Vitesses du courant et largeur du lit aux stations étudiées.....	19
Tableau 5: Nature du substrat dans les stations étudiées.	21
Tableau 6: températures ponctuelles de l'eau enregistrées aux stations étudiées.....	22
Tableau 7: Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées.	30
Tableau 8: Matrice des corrélations entre les 12 variables environnementales.....	31
Tableau 9: Valeurs propres et variances des composantes principales issues de l'ACP.	32
Tableau 10: Nombre de taxons par groupe zoologique.	34
Tableau 11: Tableau faunistique	35
Tableau 12: Abondance de la faune benthique des stations étudiées.	38
Tableau 13: Richesse taxonomique des stations étudiées.....	40
Tableau 14: Indices de diversité H' et d'équitabilité E.....	41
Tableau 15: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90-350, 1990)...	58
Tableau 16: Qualité de l'eau en fonction du BMWP'.	59
Tableau 17: Qualité hydrobiologique des stations étudiées.....	60
Tableau 18: Comparaison des résultats des deux indices étudiés.	61

Liste des photos

Photo 01 : Station AA ₁	15
Photo 02: Station AA ₂	15
Photo 03: Station AA ₃	16
Photo 04: Station HB	16
Photo 05: Station DJ	17
Photo 06: Station TH	17
Photo 07 : Filet Surber (photo originale).....	24
Photo 08 : Matériel de lavage au laboratoire.....	25
Photo 09 : Matériel de tri et de détermination au laboratoire.....	26

Abstract

The results of a study of the population of benthic macroinvertebrates in a watercourse in the sub-watershed of Oued Aissi are presented. The work was carried out on 6 stations sampled between 180m and 1200m altitude.

The faunistic inventory identified a total of 27,446 individuals belonging to 15 zoological groups (50 families and 57 taxa).

This richness is greatest in the high and medium altitudes which constitute the most heterogeneous zones, while in the low altitude stations, the number of taxa decreases considerably. This impoverishment is attributed to the impacts of different human activities.

Diptera with 48.46% of the total fauna and Ephemeroptera with 46.82% are largely numerically dominant. The other groups present only a small fraction of the harvested fauna.

The main objective of this work is the evaluation of the biological quality of water by biological methods (IBGN and BMWP'), based on faunistic data ; as well as to assess the ecological health of the studied water course.

The evaluation of the hydrobiological quality of the sampled stream, assessed by the IBGN and BMWP methods ; showed excellent to questionable variation in water and environmental quality.

Keywords : Iboudrarène, IBGN, BMWP', Macroinvertebrates, Kabylia.

A decorative border of black and white maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a horizontal row at the top, a vertical column on the left, a vertical column on the right, and a horizontal row at the bottom. The leaves are stylized with detailed vein patterns.

Introduction

L'eau est un élément indispensable pour toute forme de vie sur terre. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques et industrielles. L'eau douce est une denrée rare tant pour sa quantité que sa qualité.

Les eaux sont très irrégulièrement réparties à la surface de la planète : 97 % du volume total s'accumule dans les océans, 2 % sur les continents, 0,6 % en phase solide dans les calottes polaires et les glaciers, enfin une part très modeste en phase gazeuse dans l'atmosphère (GHISLAIN, 2006).

Les eaux courantes se distinguent des eaux stagnantes essentiellement par le courant. Ce dernier est le principal facteur abiotique qui agit sur les communautés benthiques. Il conditionne leur vie et leurs stratégies adaptatives ; les autres facteurs écologiques, en dehors de la température, n'ont pas le plus souvent qu'un rôle accessoire (ANGELIER, 2000).

Malheureusement, la qualité de l'eau douce se dégrade de façon alarmante. En Algérie du Nord, la pollution de l'eau connaît une évolution inquiétante notamment dans les cours d'eau qui subissent des contrastes climatiques (régression de la pluviométrie, élévation de la température) accentuées par les fortes perturbations d'origine anthropiques (rejets urbains et industriels, agricultures, extraction du gravier...etc.).

Dans le but d'y remédier, une démarche biologique est nécessaire afin d'identifier et quantifier les perturbations par leurs effets sur les communautés animales, pour avoir des informations sur l'état des écosystèmes d'eaux courantes.

En effet, les biocénoses aquatiques, qui sont soumises à des flots polluants, peuvent témoigner par leurs fluctuations, de la qualité physico-chimique des eaux qui les abritent et servir aussi d'indicateurs biologiques. Parmi les bio indicateurs, les macros-invertébrés constituent les organismes les plus couramment utilisés pour la bio surveillance et l'évaluation de l'état de santé global des systèmes aquatiques permettant de mesurer l'impact réel du phénomène de la pollution sur ce bien capital.

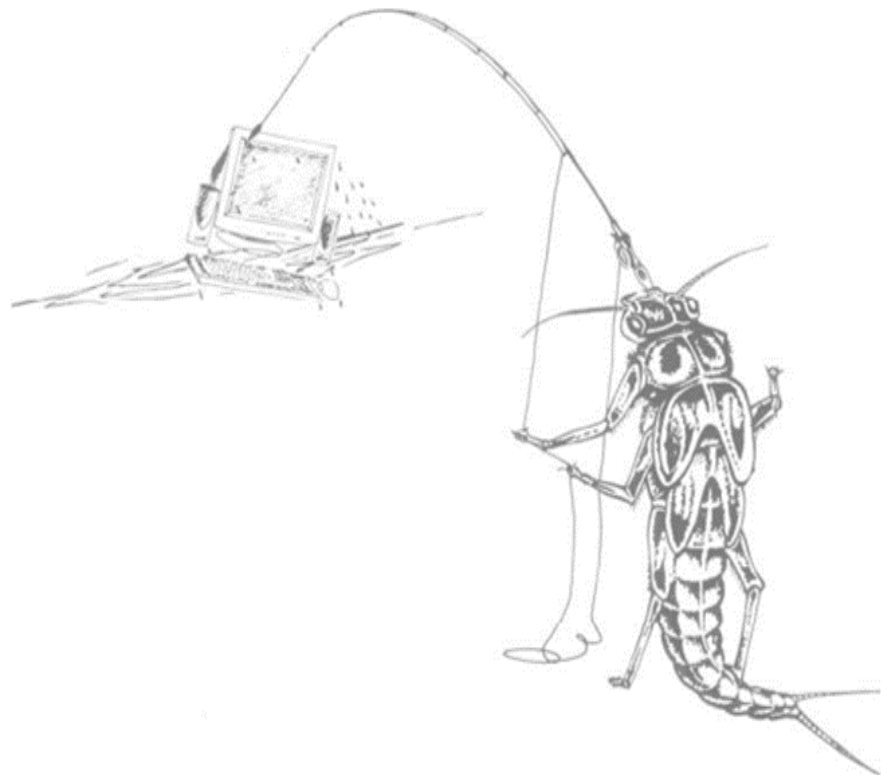
Les méthodes biologiques basées sur l'échantillonnage des invertébrés permettant de mesurer l'impact réel du phénomène de la pollution sont très diverses. Dans cette étude, nous avons opté pour deux méthodes qui sont : la méthode d'Indice Biologique Global Normalisé (I.B.G.N) et l'Indice Biological Monitoring Working Party (B.M.W.P').

En Kabylie, plusieurs travaux ont été réalisés sur les cours d'eau qui font l'objet de suivi sur les macroinvertébrés benthiques par différents auteurs, citant : LOUNACI (1987) et AIT MOULOUD (1988) sur la faune des cours d'eau de l'oued Aissi, LOUNACI-DAOUDI (1996) sur les insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou, LOUNACI et *al.* (2000a) sur la faune benthique du bassin de l'oued Sébaou, LOUNACI et *al.* (2000b) sur l'abondance, la richesse spécifique et la structure des communautés de macroinvertébrés de l'oued Sébaou, MEBARKI (2001) sur la faune benthique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie, LOUNACI & VINÇON (2005) sur les Plécoptères de Kabylie, LOUNACI (2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura et HAOUCHINE (2011) sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de la Kabylie, SEKHI (2010) sur Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma), LAMINE et *al.*, (2019) sur biodiversity and chorology of aquatic beetles (Coleoptera : Elmidae and Hydraenidae) in Kabylia (Central-North Algeria) et LAMINE (2020)

recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae des cours d'eau de la Kabylie de Djurdjura.

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

- Le premier est consacré aux caractéristiques physiques et environnementales de la région d'étude : géographie, géologie, climatologie, végétation et perturbations anthropiques.
- Le deuxième traite la description des sites d'étude, les méthodes et les techniques d'échantillonnages.
- Le troisième chapitre qui représente la majeure partie de ce travail, est consacré à l'étude de la faune benthique (analyse de la faune) ;
- Le quatrième chapitre aborde l'évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques (résultats et discussion).



A decorative border of black maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a horizontal row at the top and bottom, and vertical rows on the left and right sides.

Chapitre I

Caractéristiques générales de la région d'étude

1.1. Situation géographique

La Kabylie du Djurdjura constitue notre zone d'étude. Elle est située dans le centre Nord de l'Algérie à une centaine de kilomètres à l'Est d'Alger.

Elle est drainée par l'oued Sébaou, principal cours d'eau de la région. D'après le bassin versant du Sébaou (figure 01), s'étale sur une superficie de 2 500 Km² et une largeur de 117 Km (YAKOUB, 1996). Il est délimité :

- Au Nord, par la mer méditerranéenne ;
- Au Sud, par la chaîne du Djurdjura ;
- À l'Est, par le massif de l'Akfadou ;
- À l'Ouest, par les massifs des Djebels Belloua et Aissa Mimoun.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, notre intérêt s'est porté principalement sur la région d'Iboudrarène.

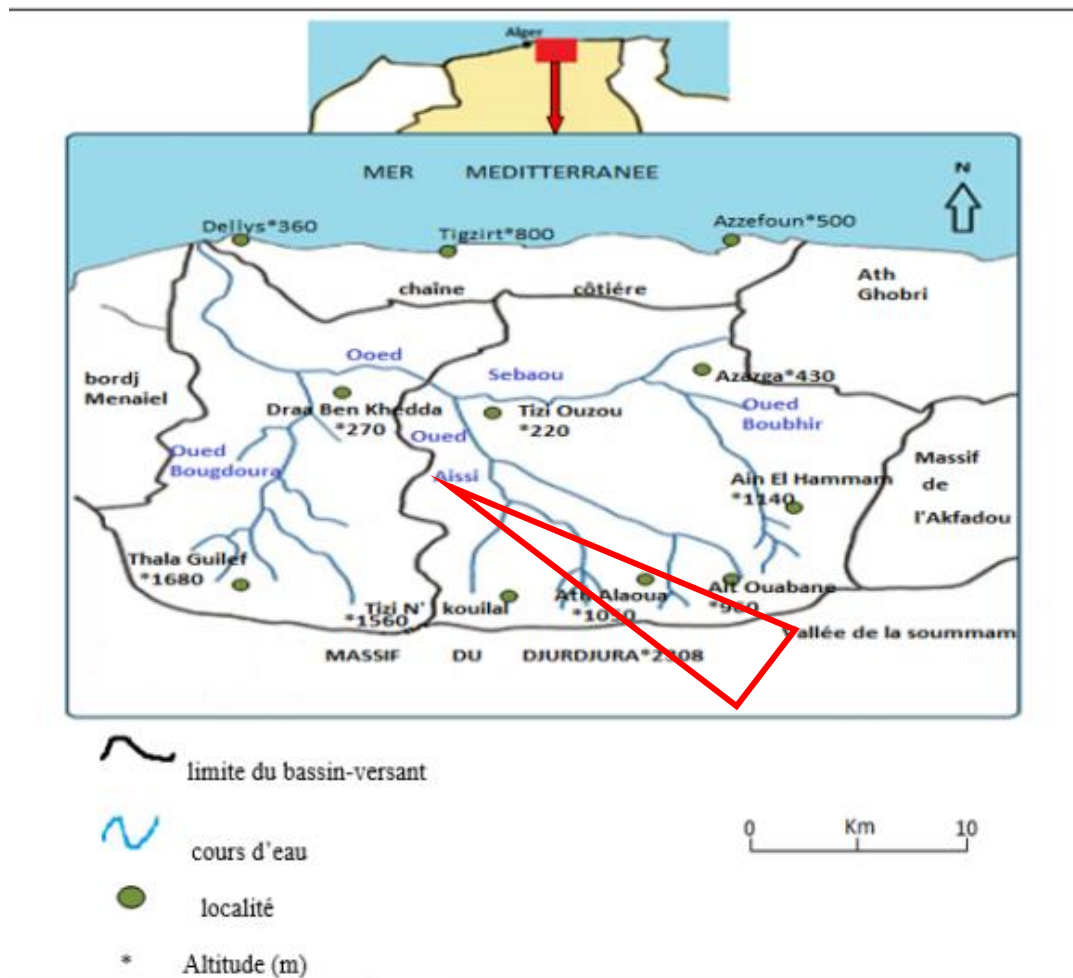


Figure 01 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).

La zone d'étude est localisée sur le versant Nord du Djurdjura, et dépend de la commune d'Iboudrarène, au Sud-Est de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Elle s'étend sur une superficie de 450ha, et s'étale de 768m à 1319m d'altitude. Les coordonnées angulaires sont pour l'ensemble de l'aire d'étude ($36^{\circ} 28' - 36^{\circ} 30'$) Latitude de Nord et ($04^{\circ} 15' - 04^{\circ} 17'$) Longitude Est (BENSIDHOUM, 2010).

La commune d'Iboudrarène (figure 02) est délimitée par la commune Ath-Yenni et Ain-El-Hammam au Nord, Ath Ouacif par l'Ouest, Yatafen en Est et Saharidj par le Sud.

La commune est composée de neuf villages : Ath Erbah, Tassaft Ouguemoune, Ait Ali Ouherzoune, Ighil Ntseda, Bouadnane, Tala n Tazert, Ighil Bouamas, Darna et Ath Allaoua.

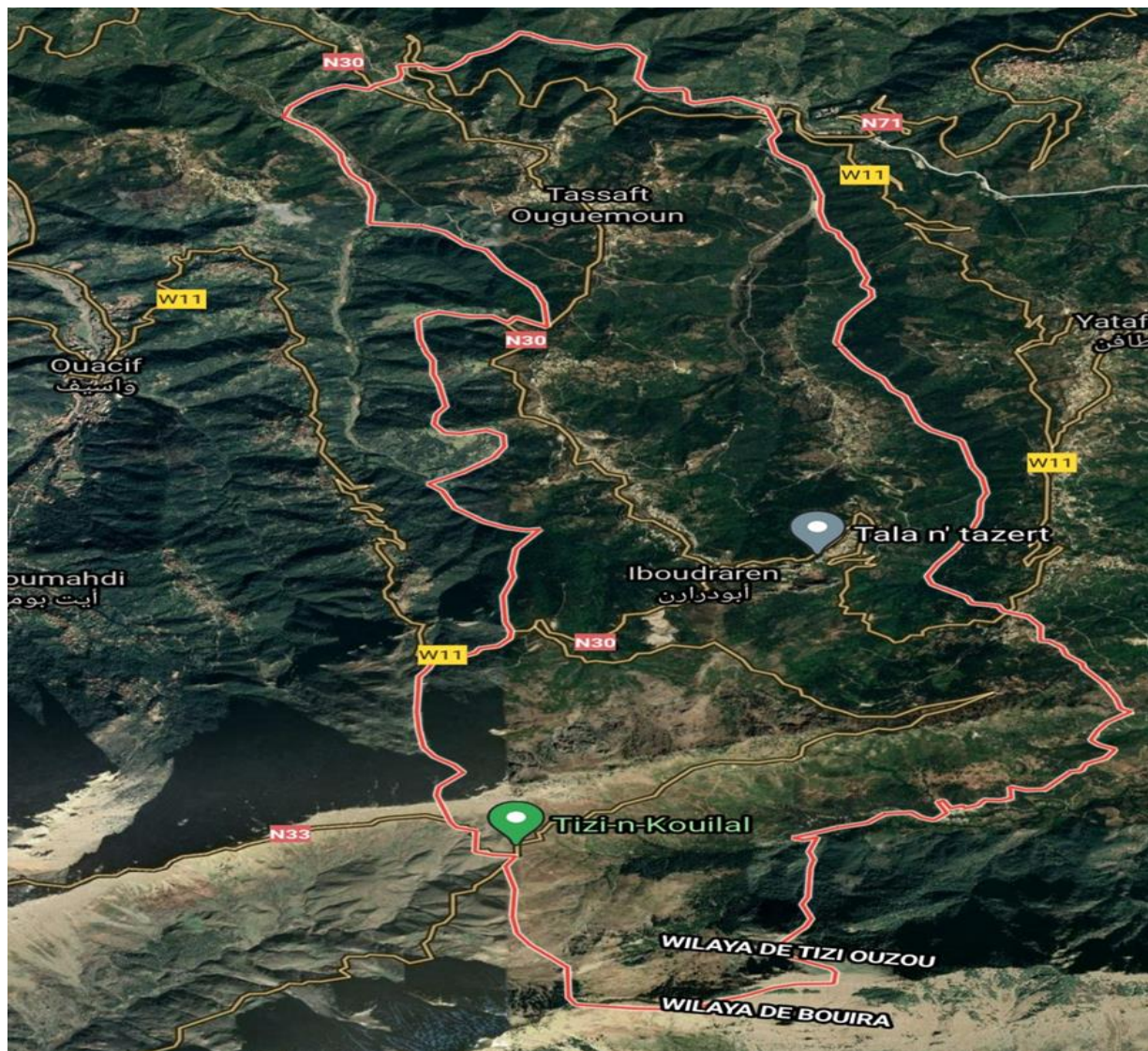


Figure 02 : Situation géographique de la région d'étude (Google maps 2021).

1.2. Cadre géologique

La Kabylie de Djurdjura a fait l'objet de différentes études géologique : stratigraphie, tectonique, orogénèse (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979).

Les unités morpho structurales rencontrées en Kabylie (figure 03) se résument :

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

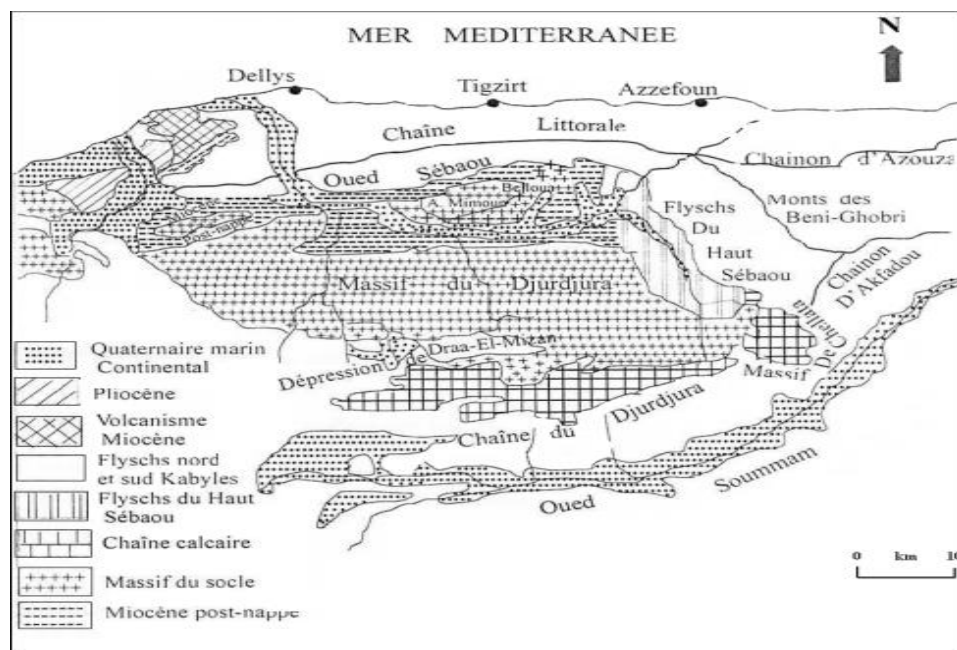


Figure 03 : Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952 in HAOUCHINE, 2011).

1.3. Climatologie

Le climat joue un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eau et par conséquent dans l'établissement, l'organisation et le maintien des communautés animales des milieux lotiques (RAMADE, 2003).

Les données utilisées sont la température et les précipitations. Ce sont les paramètres clés du climat. Ces deux paramètres varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes montagneuses, et jouent un rôle fondamental dans la répartition et le développement des êtres vivants.

La Kabylie de Djurdjura se situant au Nord de l'Afrique et en méditerranée occidentale, se trouve sous l'influence du climat méditerranéen.

Les caractéristiques fondamentales du climat de la région d'étude peuvent être résumées ainsi :

- des étés chauds et secs avec une sécheresse bien marquée de juillet à septembre ;
- des hivers froids et humides avec des précipitations à grandes irrégularités interannuelles.

1.3.1. La température

Selon DAJOZ (1979), la température de l'air est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique et constitue aussi un facteur limitant. Par son importance, elle contrôle l'ensemble des précipitations, des phénomènes métaboliques de plus elle conditionne l'écologie et la biogéographie de tous les êtres vivants dans la biosphère.

Dans ce chapitre, nous n'analyserons que les données thermiques de l'air. Pour la température de l'eau qui dépend en partie de la température du milieu ambiant, elle fera l'objet d'une analyse dans le deuxième chapitre.

Le manque de données dû à l'absence d'un réseau météorologique dans la région d'étude, nous a contraints à utiliser les données enregistrées à Tizi-Ouzou.

Nous avons reporté les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période allant de 2012 à 2020 (Source : Office Nationale de la Météorologie de Tizi-Ouzou O.N.M) dans le tableau 01 :

Tableau 01 : Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T° moyenne des maxima	31,47	27,64	19,80	17	16,05	16,38	19,12	22,63	27,09	31,79	36,08	35,11
T° moyenne des minima	19,2	15,61	12,36	8,18	6,72	6,72	9,08	11,45	14,01	17,66	21,31	22,25
T° moyenne	24,53	20,64	15,26	11,85	10,64	10,84	13,48	16,31	20,75	24,42	28,24	28,38

À la lecture du tableau 01 et de la figure 04, il ressort que :

- Les mois de Décembre, Janvier et Février sont les plus froids, leurs températures moyennes sont respectivement : 11,85°C ; 10,64°C ; 10,84°C et leurs températures minimales sont : 8,18°C ; 6,72°C ; 6,72°C.
- Les mois de Juillet et Août peuvent être considérés comme les plus chauds. Leurs températures moyennes enregistrées sont respectivement : 28,24°C ; 28,38°C, avec des températures maximales de 36,08°C et 35,11°C.
- Les moyennes annuelles des températures de l'air sont variables d'une année à une autre, la température moyenne interannuelle à Tizi-Ouzou entre 2012 et 2020 est de 18,77°C.

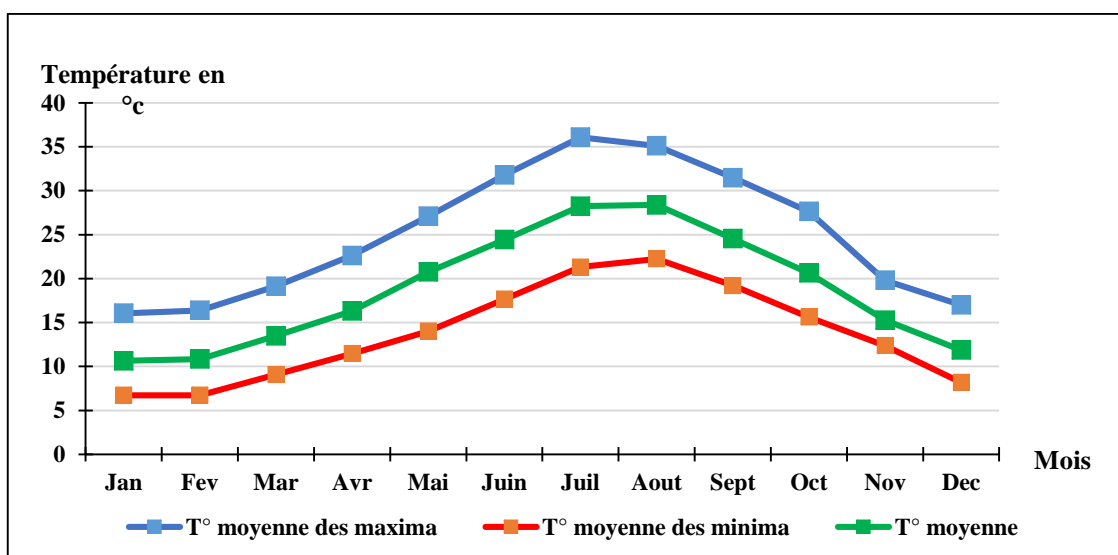


Figure 04 : Températures mensuelles moyennes de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, Source : O.N.M de Tizi-Ouzou).

1.3.2. Les précipitations

La pluviosité est un facteur très important qui est déterminé par sa durée de chute et son intensité. Elle est caractérisée par une répartition inégale d'un point à un autre et d'une saison à une autre (HAOUCHINE, 2011).

Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, etc. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années (DAJOZ, 2000).

Selon SELTZER (1964), QUEZEL (1957), CHAUMONT et PAQUIN (1971), la pluviométrie en Algérie est influencée par les facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est encore plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente également d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

Le massif montagneux du Djurdjura, par sa position et son altitude, joue un rôle de barrière naturelle aux vents marins humides provenant du Nord-ouest qui assurent une forte pluviosité. Il représente un réservoir hydrologique important qui alimente l'Oued Aissi et ses affluents (ITCHIR et LACHEBI,2015).

Selon DERIDJ (1990) et ABDESSELAM (1995), la pluviométrie est plus importante au Djurdjura (altitude > 1000m). Les quantités de pluies reçues accompagnées de neige varient de 1500 à 2000 mm/an en versant Nord, tandis que la zone littorale et les piémonts présentent des précipitations moindres qui oscillent autour de 800 mm/an. De ce fait la grande Kabylie peut être considérée comme l'une des régions les plus arrosées d'Algérie.

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités les plus proches de la région d'étude (Ath Ouabane et Tizi-Ouzou) sont portées sur le tableau 2. Elles nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) de Tizi Ouzou.

Tableau 02 : précipitations mensuelles moyennes à certaines localités avoisinantes de la région d'étude (Ath Ouabane et Tizi-Ouzou) pour la période 2007-2017 (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).

Station	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
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	1202,04
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	884,81

À la lecture du tableau 02 et de la figure 05, il ressort que :

- Dans la région d'Ath Ouabane (alt. 960m) les précipitations sont élevées ; le total est de 1202, 04 mm.
- Les pics sont enregistrés pendant les mois de Décembre avec 207,3 mm et en mois d'Avril avec 144, 85 mm.
- Dans la vallée de Sébaou (Tizi-Ouzou, alt. 220m), les précipitations totales enregistrées sont de 884,81 mm.
- Les précipitations les plus élevées sont enregistrées pendant les mois de Novembre, Décembre et Janvier, ils enregistrent plus de 100 mm en moyenne.
- Les mois de Juin, Juillet, et Août sont les plus secs, ils enregistrent moins de 50 mm en moyenne.

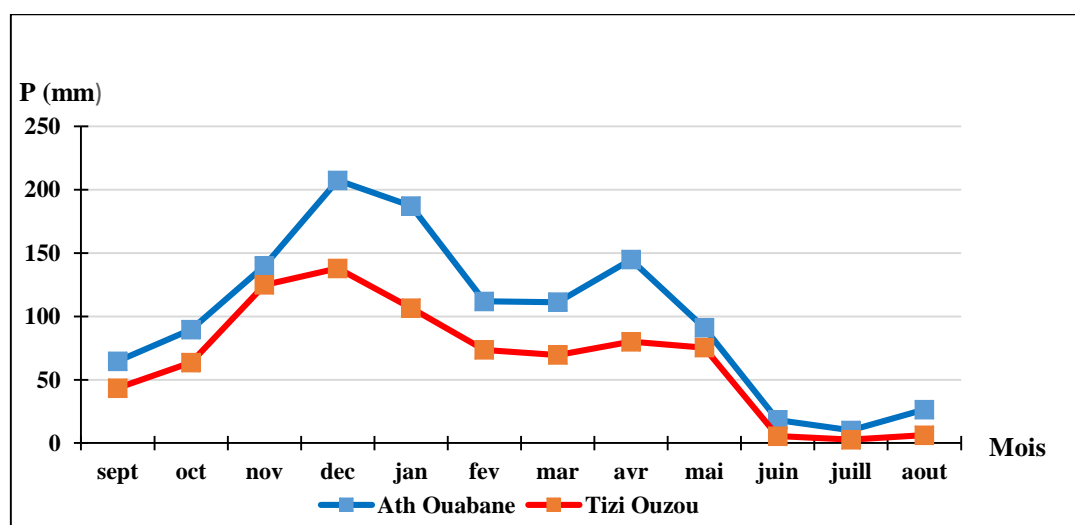


Figure 05 : Précipitations moyennes mensuelles (en mm) dans certaines localités de la région d'étude (Ath Ouabane, Tizi-Ouzou) période (2007-2017).

1.4. Couvert végétal

Le couvert végétal est un facteur écologique très important qui influe sur les écoulements superficiels. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense.

Les végétaux constituent une importante ressource en matière organique consommable par certaines catégories d'animaux aquatiques. Ils empêchent le réchauffement excessif des eaux en été et jouent ainsi un rôle important dans la répartition de la faune benthique (LOUNACI, 2005).

Globalement, la couverture végétale de la région d'étude est assez dense. Elle varie en fonction de l'altitude :

- Au sommet, la végétation est constituée principalement par des pelouses écorchées à xérophytes épineux (*Astragalus armatus*, *Bupleurum spinosum*) ;
- Entre 900 et 1500 m d'altitude, la végétation est formée essentiellement de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), Chêne-liège (*Quercus suber*), Chêne zeen (*Quercus faginea*) et de cèdres (*Cedrus atlantica*) et autres arbres directement associés au cèdre sont des érables (*Acer monspessulanum*, *Acer obtusatum*...) le rosier des chiens (*Rosa canina*), le rosier des montagnes (*Rosa montana*), le grand houx (*Ilex aquifolium*), le petit houx (*Ruscus aculeatus*). On trouve également : le diss (*Amplexmos mauritanicus*), les poacées (*Poaceae*) ou les graminées, la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et la fougère royale (*Osmunda regalis*). Comme on trouve aussi ; l'Orme (*Ulmus campestris*) et le Merisier (*Prunus avium*), l'Aulne (*Alnus glutinosa*), le genêt espagnol (*spartium junceum*) et du Frêne (*Fraxinus angustifolia*), la Ronce (*R. ulmifolius*) et le micocoulier (*Mikrokukki*)
- En moyenne montagne (altitude inférieure à 800 m), la végétation est représentée par le figuier (*Ficus carica*), l'Orme (*Ulmus campestris*), l'Aulne (*Alnus glutinosa*), Frêne (*Fraxinus angustifolia*), la Ronce (*R. ulmifolius*) et surtout par l'olivier (*Olea europea*), olivier sauvage (*Oléastre*).
- En plaines, la végétation est représentée par les cultures de grande productivité : vergers (orangers, citronniers, pommiers, poiriers, figuiers, cerisiers), la vigne et les cultures maraîchères.

Le long du cours d'eau, on peut trouver sur les berges :

- En altitude, une strate herbacée et des épineux (ronces et genêts)

- Dans les zones de piémont et de plaine, l'aulne et le laurier rose.

Sur le lit majeur, le peuplier blanc, le peuplier noir et l'eucalyptus sont les plus dominants.

La végétation aquatique est composée de mousses qui dominent dans la partie supérieure du cours d'eau et d'algues filamenteuses surtout en aval.

1.5. Perturbations anthropiques

La pollution est une contamination des écosystèmes naturels par des corps étrangers, tels que des produits chimiques, des déchets industriels ou ménagers qui entraînent une dégradation de la qualité de l'eau et perturbent ainsi le milieu aquatique, ce qui conduit à des changements profonds de la faune et de la flore benthique.

En Kabylie de Djurdjura, cette pollution a pris une ampleur inquiétante engendrant un impact sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, tel est le cas de l'oued Sébaou considéré comme le plus affecté, devenu à certains endroits, un dépotoir pour des particuliers mais aussi pour les collectivités locales ou les bordants de cet Oued se retrouvent face à un danger avéré.

La pollution dans la partie amont est d'origine domestique et les surfaces agricoles constituent les causes majeures de la dégradation.

Dans la partie avale, les principales sources de pollution sont les rejets d'origine anthropique auxquels s'ajoutent d'autres perturbations : lavage de véhicules, pompage excessif des eaux à des fins d'irrigation, extraction anarchique de sable, effluents des huileries et des stations-services, stations de lavage graissages ainsi que les déchets hospitaliers.

- **Pollution urbaine**

L'Oued Sébaou reçoit environ 80% des rejets de la wilaya de Tizi-Ouzou et, pendant la période estivale les quantités d'effluents trop importantes par rapport aux températures élevées et aux faibles débits ne permettent pas au cours d'eau de s'auto-épurer.

L'extension rapide des zones urbaines accentue le déversement des eaux usées dans les cours d'eau.

Les décharges publiques constituées de dépôts de déchets abondants et anarchiques présentent une autre forme de pollution.

L'enfouissement des déchets engendre la production de lixiviat résultant de la fermentation anaérobie des déchets. Ils peuvent être à l'origine de l'altération des eaux superficielles par ruissellement et des eaux souterraines par infiltration.

- **Pollution agricole**

L'utilisation irrationnelle d'engrais chimiques et des pesticides induisent une dégradation de la qualité des eaux souterraines et de surface.

De plus, l'activité d'élevage et de pompage de l'eau pour l'irrigation peut conduire à la mise à sec de portions importantes du cours d'eau.

Toutes ces perturbations exercées sur les cours d'eau sont à l'origine de la détérioration des conditions de vie du milieu, conduisant ainsi à des changements profonds de la faune et la flore aquatique. D'autre part, elle constitue une menace sur le plan sanitaire et limite la potabilité des eaux des nappes traditionnellement utilisées comme sources d'eau potable.

- **Pollution par la margine**

Elle est cent fois plus importante que celle des eaux usées domestiques. Le rejet à l'état brut de la margine dans le milieu naturel cause des nuisances et des risques de pollutions considérables.

À ces trois principales perturbations, s'ajoutent les extractions de sable et de gravier (pollution mécanique).

A decorative border of black maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with some leaves overlapping at the corners.

Chapitre II

Sites et méthodes d'étude

2.1. Description des cours d'eau et des stations d'étude

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

Notre objectif principal est l'établissement de listes faunistiques d'invertébrés benthiques, et de chercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune.

Notre démarche a été d'échantillonner les habitats des cours d'eau sur la base d'un protocole établi après une étude bibliographique. Ainsi, nous nous sommes intéressés au réseau hydrographique allant de la région d'Iboudrarène jusqu'au moyen Sébaou.

Les cours d'eau peuvent être considérés comme des mosaïques de micro-habitats caractérisés par des conditions environnementales différentes (TOWNSEND, 1989 ; TOWNSEND et HILDREW, 1994).

Pour répondre aux objectifs fixés, nous avons réalisé un grand nombre de prélèvements d'invertébrés aquatiques dans les différents types d'habitats. Faute de temps, de moyens, des conditions sanitaires et difficultés sur le terrain, nous nous sommes limités à une seule période sélective pour la faune, c'est au printemps (Avril et Mai).

Parmi les stations prospectées, 6 stations ont été retenues dans le cadre de ce travail (représentées par des ronds noirs sur la figure 06). Elles nous paraissent bien refléter la diversité des habitats du réseau hydrographique étudié. Certaines de ces stations qui ont fait l'objet d'étude représentent un écoulement permanent, d'autres subissent un assèchement plus ou moins long pendant les périodes sèches.

Notre intérêt s'est porté sur les stations : AA1, AA2, AA3, HB, DJ, TH (figure 06) ; stations situées sur le principal affluent : Assif El Hammam.

Les stations portent la dénomination de la région où elles se situent.

❖ Assif El Hammam

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

❖ Assif El Djemâa

Principal affluent de l'Oued Aissi, il prend naissance dans la région Sud-Ouest d'Ain El Hammam. Il draine l'ensemble des écoulements du flanc Nord de la dorsale méridionale de du Djurdjura depuis Ain El Hammam, Ath Ouabane et Ighil Ali avant de se jeter dans l'Oued Aissi à 500 m en aval du lieu-dit « Thakhoukhth ». L'importance de son débit est due aux écoulements d'Assif El Hammam et de Hammam b'Oudhrar auxquels s'ajoute l'apport de nombreux ruisseaux drainant le massif d'Ain El Hammam. La partie amont d'Assif El Djemâa est connue sous le nom d'El Hemmam b'Oudhrar et sa partie avale d'Assif El Djemâa.

Pour chaque station nous indiquons :

- La localité la plus proche ;
- Nom de la station ;
- Altitude ;
- Pente à la station ;
- Distance à la source ;
- Température de l'eau ;
- Largeur du lit mineur ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- Vitesse du courant ;
- Nature du substrat ;
- Recouvrement ;
- Végétation bordante (ripisylve) ;
- Végétation aquatique ;
- Impact humain, si il y en a.

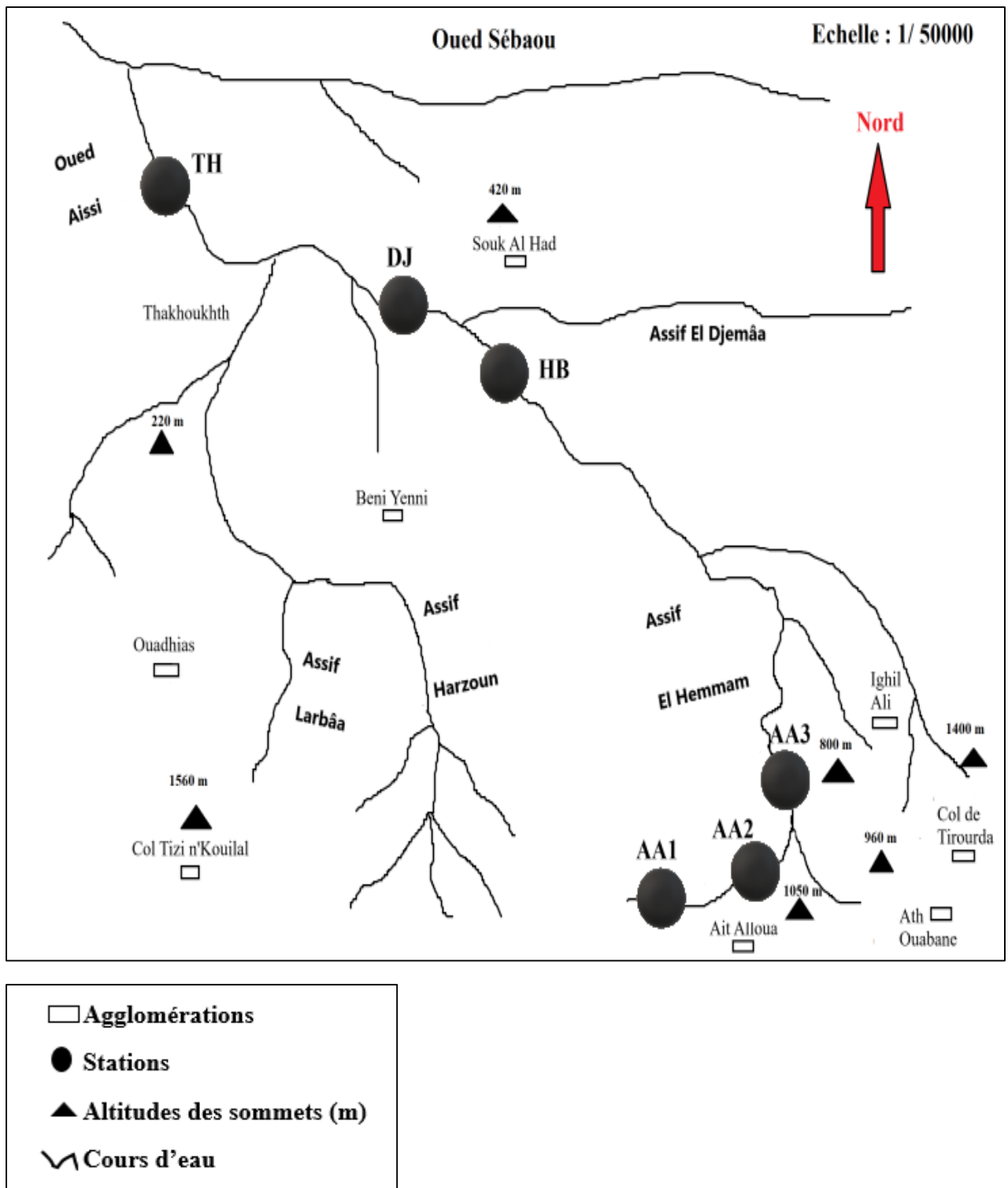


Figure 06 : Cours d'eau étudié et emplacement des stations.

- **Station AA₁** (photographie 01) :

Elle se situe à 3 km en amont du village d'Ath Allaoua.

- Altitude : 1200 m ;
- Pente à la station : 28% ;
- Distance à la source : 0,7 km ;
- Largeur du lit mineur : 1,5 m ;
- Profondeur de l'eau : 25 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne ;
- Température de l'eau : 6 C° ;
- Nature du substrat : gros galets, graviers ;
- Végétation aquatique : quelques mousses ;
- Végétation bordante : le Saul, chêne vert, cèdre ;
- Recouvrement : 80%.

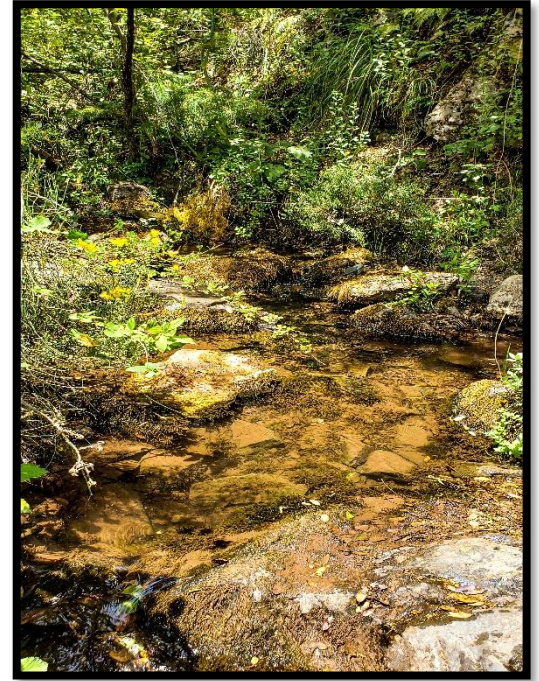


Photo 01 : Station AA₁.

- **Station AA₂** (photographie 02) :

Située à environ 1 km en amont de la commune d'Iboudrarène.

- Altitude : 920m ;
- Pente à la station : 13% ;
- Distance à la source : 1,2 km ;
- Largeur du lit mineur : 5m ;
- Profondeur de l'eau : 30 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide ;
- Température de l'eau : 5 C° ;
- Nature du substrat : gravier et gros galets ;
- Végétation aquatique : mousses (rares) ;
- Végétation bordante : le chêne zeen, le rosier ;
- Recouvrement : 40% ;
- Impact humain : rejets urbains, baignade.

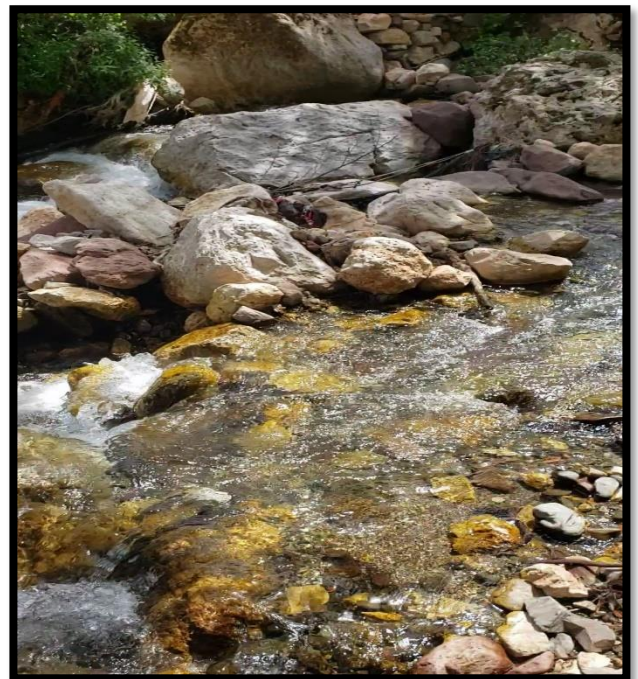


Photo 02 : Station AA₂.

- **Station AA₃** (photographie 03) :

Située à environ 1 km en aval de la commune d'Akbil.

- Altitude : 750 m ;
- Pente à la station : 13% ;
- Distance à la source : 2,2 km.
- Largeur du lit mineur : 4 m ;
- Profondeur de l'eau : 40 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne ;
- Température de l'eau : 16 C° ;
- Nature du substrat : grossier et fin ;
- Végétation aquatique : mousses ;
- Végétation bordante : l'olme, l'orme, le frêne, le Saul, le genêt, l'olivier ;
- Recouvrement : 60% ;
- Impact humain : décharge, rejets domestiques, stade, incendies.

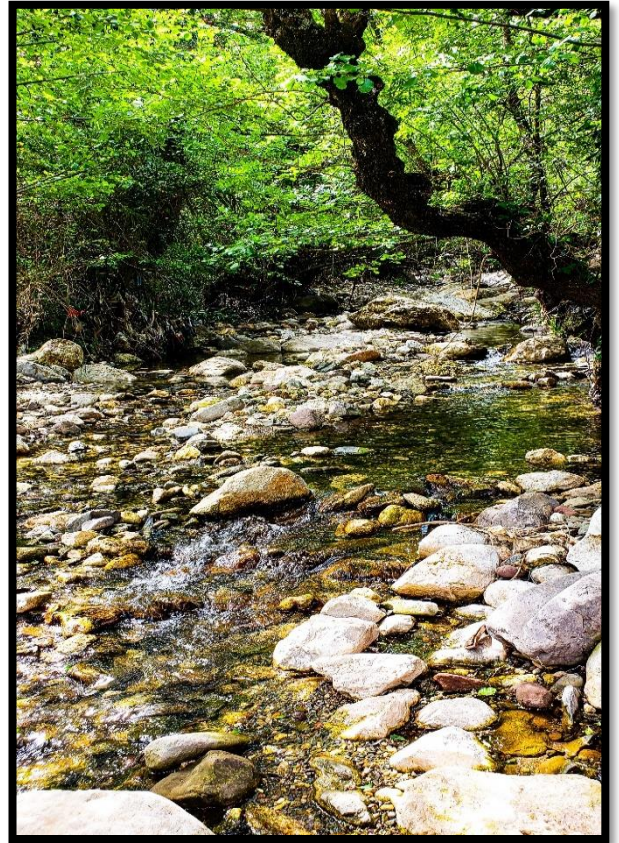


Photo 03 : Station AA₃

- **Hammam B'oudhrar** (photographie 04) :

Située à 1,5 km en amont de la station hydroélectrique de la commune de Yattafen.

- Altitude : 460 m ;
- Pente à la station : 9,6% ;
- Distance à la source : 4 km ;
- Largeur du lit mineur : 5 m ;
- Profondeur de l'eau : 45 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne ;
- Température de l'eau : 19 C° ;
- Nature du substrat : grossier et fin (sable, limons, blocs, gravier)
- Végétation aquatique : mousses, algues ;
- Végétation bordante : le figuier, l'aulne ;
- Recouvrement : 30% ;
- Impact humain : rejets urbains.

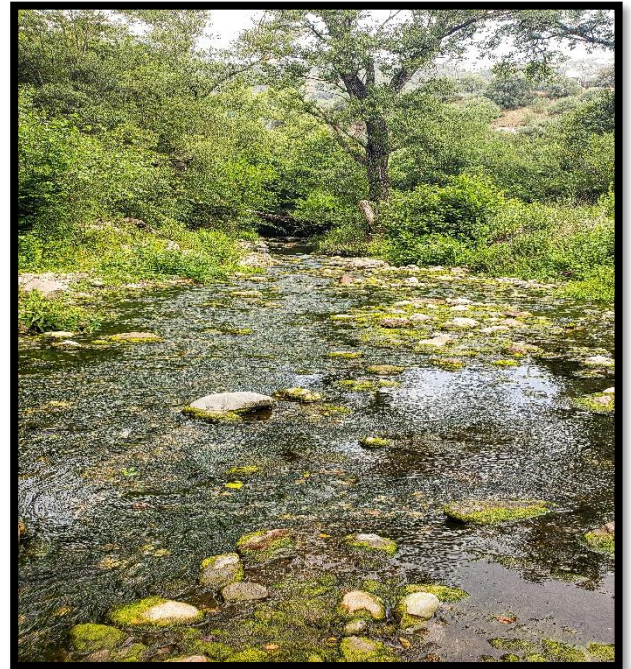


Photo 04 : Station HB.

- **Station Djemâa** (photographie 05) :

Située à 1,4 km en amont de la commune de Yattafen

- Altitude : 350 m ;
- Pente à la station : 3,4% ;
- Distance à la source : 23 km ;
- Largeur du lit mineur : 4 m ;
- Profondeur de l'eau : 60 cm ;
- Vitesse du courant : rapide ;
- Température de l'eau : 19 C° ;
- Nature du substrat : grossier et fin ;
- Végétation aquatique : végétation enracinée ;
- Végétation bordante : tamarix, le peuplier, l'orme, laurier rose (végétation éloignée des rives) ;
- Impact humain : stade, à côté d'une route moyennement occupée, rejets urbains, huilerie.

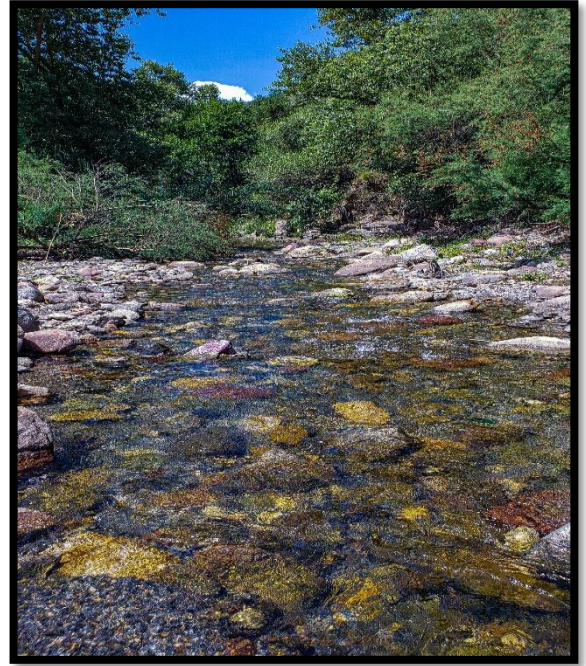


Photo 05 : Station DJ.

- **Station Thakhoukhth** (photographie 06) :

Située à 2 km en aval du pont Thakhoukhth.

- Altitude : 180 m ;
- Pente à la station : 1,2% ;
- Distance à la source : 28 km ;
- Largeur du lit mineur : 7 m ;
- Profondeur de l'eau : 65 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à très rapide ;
- Température de l'eau : 22 C° ;
- Nature du substrat : grossier et fin ;
- Végétation aquatique : algues, mousses, débris végétaux ;
- Végétation bordante : la vigne et les vergers ;
- Impact humain : lavage de voitures, extraction de sable, rejets urbains, pompage d'eau, baignade.

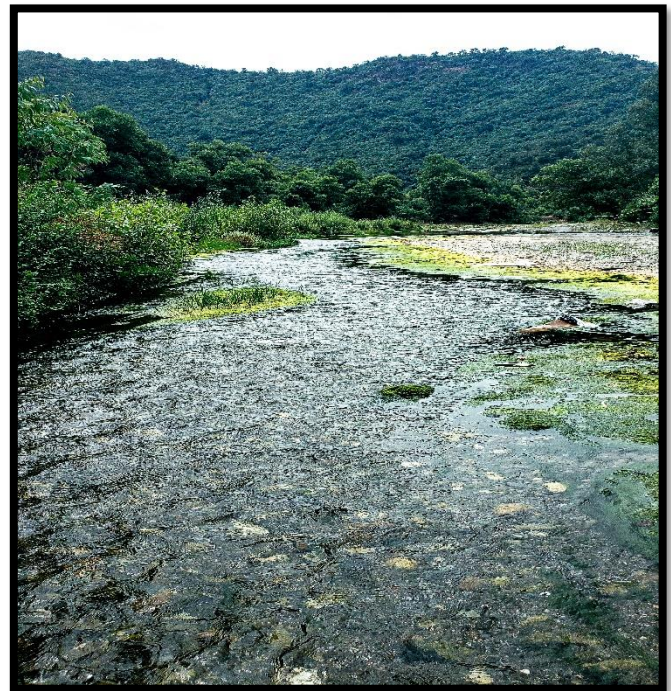


Photo 06 : Station TH.

2.2. Caractéristiques physiques des stations

2.2.1. La pente

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

Le tableau 03 illustre les pentes et les altitudes aux stations étudiées.

La lecture du tableau 03 montre que :

- Les secteurs les plus pentus correspondent aux cours d'eau de montagne : secteur de la station AA1, la pente est de 28%, suivi des stations AA2 et AA3 avec une pente de 13% chacune.
- Dans le piémont et basses altitudes, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau. Les pentes varient entre 9,6% et 3,4% : secteurs de stations HB, et DJ.
- En plaine (alt. < à 200 m), le profil en long s'approche de l'horizontal. L'eau coule sur un lit large et relativement plat, la pente atteint 1,2% : secteur de la station TH.

Tableau 03 : Altitudes et pentes des stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
Altitude (m)	1200	920	750	460	350	180
Pente à la station (%)	28	13	13	9,6	3,4	1,2

2.2.2. Le débit

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

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

Les précipitations sont concentrées entre Novembre et Février, correspondant généralement aux forts débits. À partir de la mi-printemps, les débits diminuent progressivement pour n'atteindre que quelques litres par seconde à l'étiage. Les zones de piémont et de plaine subissent un étiage d'environ trois mois : de Juillet à Septembre.

2.2.3. Vitesse du courant

La vitesse du courant est une composante importante du milieu bien connue pour son action sélective sur les peuplements benthiques (HYNES, 1970 ; MINSHALL, 1984).

L'écoulement de surface représente un facteur écologique essentiel qui agit sur la composition, la structure des biocénoses aquatiques. Il est caractérisé par un profil de vitesse qui dépend du débit, des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, des apports des affluents ainsi que de la taille des éléments du substrat et de la profondeur de la lame d'eau.

La vitesse du courant dépend de la pente et varie d'une station à une autre. En effet, elle est ralentie de l'amont à l'aval du fait de la diminution de la pente de l'amont vers l'aval, et d'où l'élargissement du lit.

Dans ce travail, en raison des difficultés de la mesure de la vitesse du courant, elle est quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station.

Les mesures de vitesse sont effectuées en surface du cours axial à l'aide d'un flotteur en liège, lâché en dérive sur une distance de l'ordre d'environ 7m selon les stations. Le temps mis par le flotteur à parcourir cette distance permet de calculer la vitesse. Les valeurs sont reportées dans le tableau 04.

Classification de la vitesse du courant selon BERG :

- Vitesse très lente Inférieur à 0.1 m/s
- Vitesse lente 0.1 à 0.25 m/s
- Vitesse moyenne 0.25 à 0.50 m/s
- Vitesse rapide 0.50 à 1 m/s
- Vitesse très rapide Supérieur à 1 m/s

Tableau 04 : Vitesses du courant et largeur du lit aux stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
Largeur du lit (m)	1.5	5	4	5	4	6 à 7
Valeurs (m/s)	0,30	1,2	0,42	0,4	0,55	1
Vitesse du courant	Moyenne	Très rapide	Moyenne	Moyenne	Rapide	Rapide à très rapide

A la lecture du tableau 04 nous constatons que la vitesse du courant augmente de l'amont vers l'aval et passe d'une vitesse minimale de 0,30 m/s (vitesse moyenne) à une vitesse de 1 m/s dans la station de piémont (vitesse très rapide).

La vitesse du courant est en concordance avec la largeur du lit mineur. Plus la largeur du lit augmente plus la vitesse du courant est plus rapide.

2.2.4. Le substrat

Les cours d'eau représentent naturellement une grande diversité structurelle 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 représentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leurs sont favorables. Les cours d'eau richement structurés sont donc colonisés par une communauté lotique très diversifiée et riche en espèces.

Le substrat est composé principalement de galets, de gravier, de sable, de limons et matière organique (tableau 05). L'importance relative de chaque catégorie de substrat est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimée par observation directe à l'échelle de la station.

La distribution des stations en fonction de l'altitude et de la nature du substrat (tableau 05) montre une hétérogénéité du substratum au sein de tous les étages altitudinaux. Aux stations d'altitude, le substrat est à dominance de gros galets et de graviers.

En revanche, dans les stations de basse altitude, il est plutôt hétérogène : galets-graviers, sable-limons avec présence de végétation aquatique.

La végétation aquatique peut être utilisée comme support inerte et comme ressource trophique. Son importance au niveau des stations passe de très rare à abondante suivant l'altitude.

La matière organique est absente dans les stations de haute altitude (0%) et augmente progressivement dans les stations de moyenne et basse altitude (de 15% à 35%) due à la présence de débris végétaux et de différentes formes de pollution.

Tableau 05 : Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
G/G %	75	85	60	45	40	35
S/L %	25	15	25	40	35	30
M.O %	0	0	15	15	20	35
VAQ %	2	1	5	10	15	25

GG : Galets/Graviers, **S/L** : Sables/ Limons, **M.O** : Matière Organique, **VAQ** : Végétation aquatique.

2.2.5. Température de l'eau

Selon ANGELIER (2000), la température de l'eau est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes. Elle conditionne les possibilités du 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 varie régulièrement selon le profil longitudinal d'un cours d'eau. La combinaison de certains paramètres contribue à la détermination de celle-ci, tels que la température atmosphérique, l'altitude, la distance à la source, le régime hydrologique, la saison, la largeur du lit et l'ensoleillement qui, lui, dépend de la densité du couvert végétal.

Ce paramètre est très utile pour les études en limnologie car il joue un rôle dans la solubilité des gaz, la détermination du pH et la dissociation des sels (RODIER, 1996).

De plus, il 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 a été relevée in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure. Les valeurs ponctuelles enregistrées sont portées dans le tableau 06. Elles sont données ici à titre indicatif.

La lecture du tableau 06 et la figure 07 fait ressortir deux groupes de stations du point de vue thermique.

- Le groupe 1 : représenté par les stations d'altitudes (AA1 et AA2) ruisseaux de montagnes alimentés par la fonte des neiges. Ces stations présentent une température de l'eau relativement basse comprise entre 5°C et 6°C.
- Le groupe 2 : renferme les stations de moyennes et basses altitude. La température de l'eau se situe entre 16°C et 22°C. En effet, l'insolation surtout au niveau des piémonts et basse altitude et la réduction de l'ombrage le long des cours d'eau sont à l'origine de l'élévation de la température de l'eau.

Tableau 06 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées aux stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
Altitude (m)	1200	920	750	460	350	180
Température (°C)	6	5	16	19	19	22

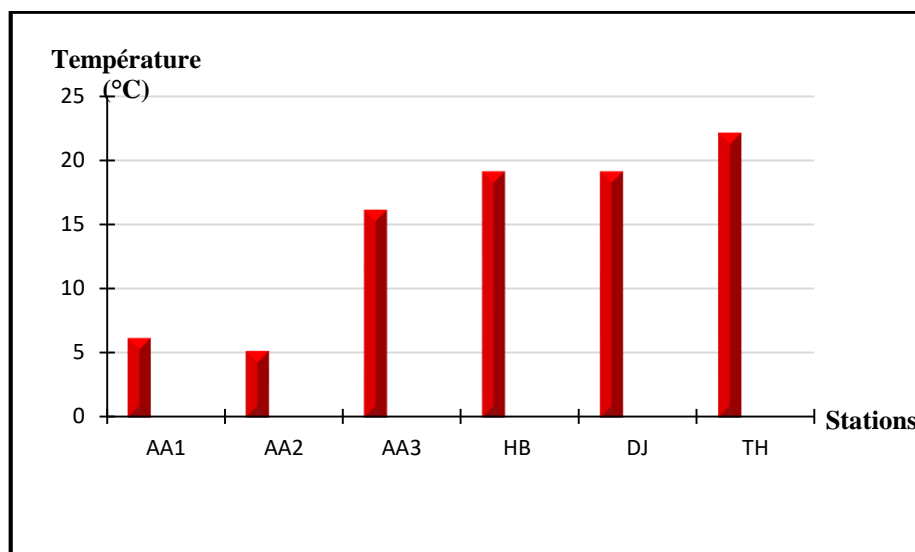


Figure 07 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations.

2.3. Matériels et méthodes d'échantillonnage

Selon ILLIES & BOTOSANEAU (1963) in LOUNACI- DAOUDI (1996), les habitats ne se suivent pas régulièrement le long des cours d'eau, ils sont répartis en mosaïque, soit en prenant place l'un à côté de l'autre, soit en se succédant avec répétition. Chaque habitat est défini comme la combinaison d'un type de substrat et d'une gamme de vitesse du courant (BEISEL *et al.*, 1998).

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

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

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

Les récoltes de la faune benthique ont été réalisées à la fin Mai début Juin, période la plus propice au développement de la faune.

2.3.1. Echantillonnage benthique

L'IBGN est établi par station (tronçon de cours d'eau) à travers des prélèvements de la macrofaune benthique selon un protocole d'échantillonnage normalisé à travers la norme AFNOR NT T 90-350, tenant compte des différents types d'habitats, définis par la nature du support et la vitesse d'écoulement.

Pour une station, l'échantillon de macrofaune est constitué de 8 prélèvements ; chacun effectué séparément dans 8 habitats distincts.

Les prélèvements de la faune ont été effectués sur des surfaces de l'ordre de 0,40m² dans des zones peu profondes (inférieur à 40 cm), en utilisant le filet Surber. Ce filet présente une ouverture circulaire de 30 cm de diamètre et 275 µm de vide de mailles.

Au niveau de chaque station le filet est déposé sur le fond du cours d'eau à contre-courant. Les larves et les nymphes sont recueillies dans le filet par lavage des galets se trouvant sur la surface échantillonnée.

Les individus restés agrippés au substrat sont détachés à l'aide d'une pince. La faune interstitielle est récupérée par raclage du fond, soit à la main, soit avec les bottes.



Photo 07 : Filet Surber (photo originale).

2.3.2. Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont recueillis dans des sachets en plastique puis fixés dans du formol à 8% sur le lieu du prélèvement. La date et les caractéristiques de la station sont notées à chaque prélèvement.

2.3.3. Lavage, tri et détermination

Cette opération s'effectue au laboratoire et consiste à extraire la faune du substrat contenu dans les échantillons. Les récoltes sont lavées et débarrassées des particules indésirables (graviers, débris végétaux...) dans une série de tamis de mailles de tailles décroissantes (diamètres 5 ; 2,5 ; 0,3 mm). Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine contenant de l'eau puis transvasé dans des béchers de 250 cc.

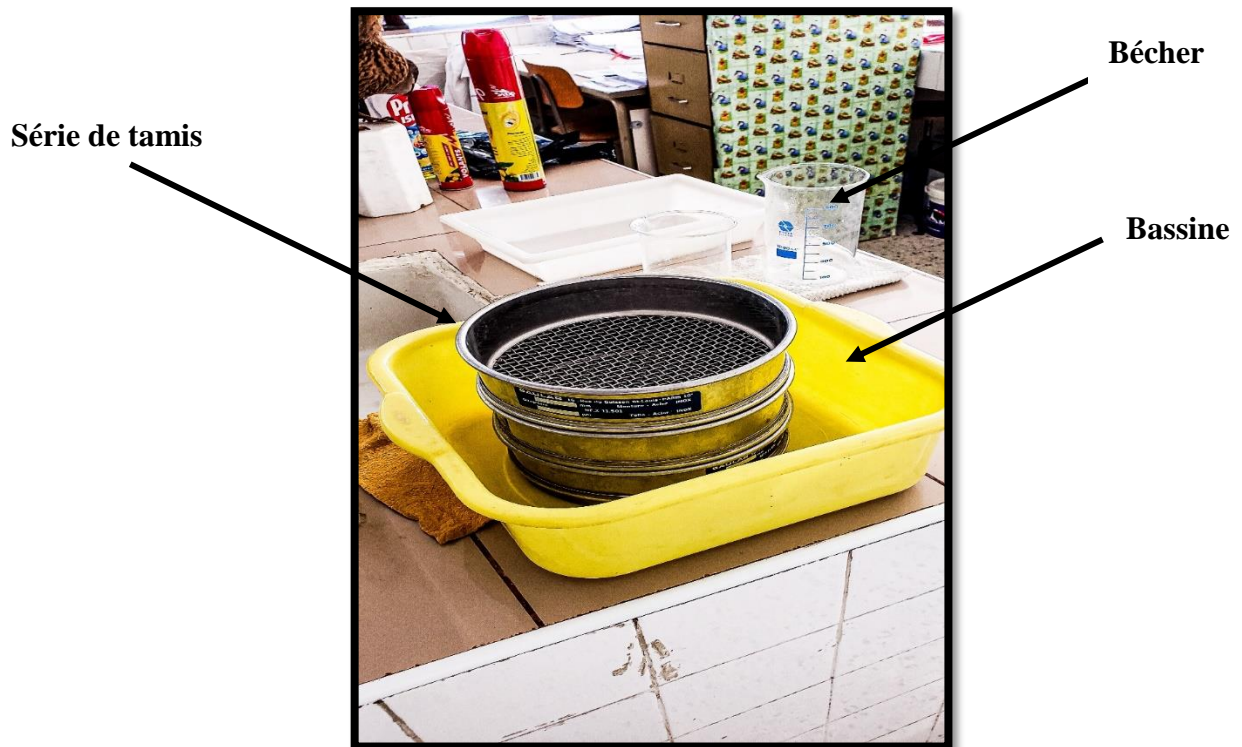


Photo 08 : Matériel de lavage au laboratoire (photo originale).

Un pré-tri et une détermination jusqu'au genre (à l'exception des Diptères et des vers en raison des difficultés de détermination qu'ils présentaient pour nous) sont effectués sous une loupe binoculaire, par fraction successive dans des boîtes de pétri à fond quadrillé. Pour ce travail de base nous nous sommes référés aux clés de détermination de TACHET et al. (1980, 2000) et aux collections de clés du laboratoire d'hydrobiologie de la faculté des sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Tizi-Ouzou.

Le matériel biologique identifié est conservé dans des piluliers contenant de l'alcool à 70% et étiqueté (nom de la station, la date et le taxon identifié).

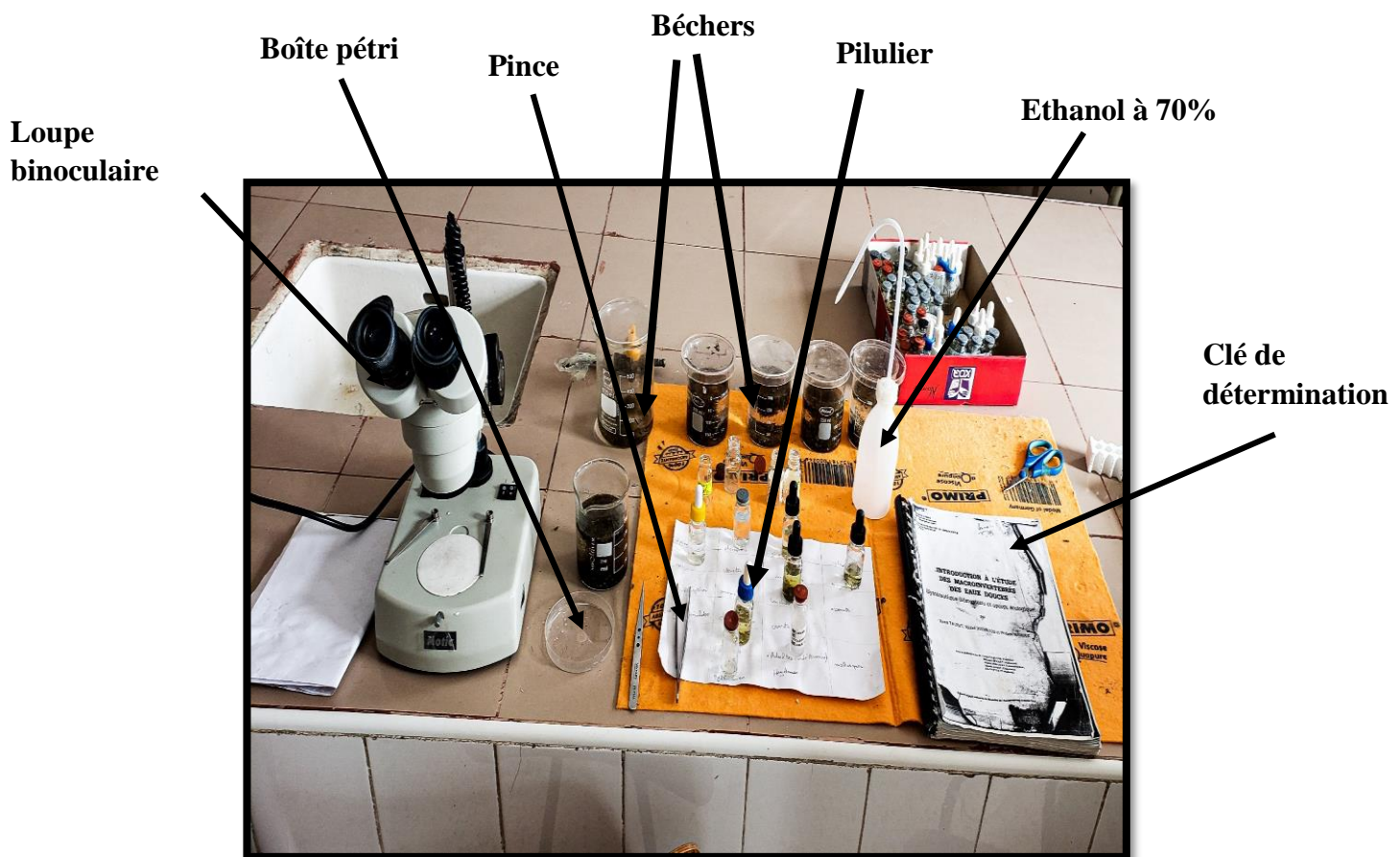


Photo 09 : Matériel de tri et de détermination au laboratoire (photo originale).

2.3.4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement

2.3.4.1. Indice de composition et de structure

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité du peuplement. La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (BARBAULT, 1981). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

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

- **Diversité brute ou richesse spécifique**

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (BOULUNIER et al. 1998 ; RAMADE, 2003).

- **Abondance des espèces**

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.

$$P_i = n_i / N\%$$

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

$N\%$ = nombre total d'individus.

- **Occurrence des espèces**

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

Elle est calculée par la formule :

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

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

P = nombre total de prélèvements.

En fonction de la valeur de C (%), nous qualifions les espèces de la manière suivante (DAJOZ, 1985) :

- C = 100% Espèce omniprésente.
- C] 100 – 75] Espèce constante.
- C] 75 – 50] Espèce fréquente.
- C] 50 – 25] Espèce accessoire.
- C] 25 – 5] Espèce accidentelle.
- C < 5 % Espèce rare.

2.3.4.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

De tous les indices, la formule de SHANNON-WEAVER (1963) est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1981).

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

L'indice de Shannon et Weaver s'exprime par :

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

Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique. H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominent ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quand H' tend vers zéro (0), et est maximale quand H' tend vers ∞ .

2.3.4.3. Indice de structure

- **Équitabilité (Piélou, 1969)**

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

On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équipartition ou diversité maximale (H'max), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individus.

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

H' = Indices de SHANNON-WEAVER.

S = Richesse spécifique.

\log_2 = logarithme à base 2.

L'équitabilité est utilisée comme le rapport :

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

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

2.3.4.4. Indice biologique :

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

L'IBGN repose sur l'utilisation d'une liste de 138 taxons de macroinvertébrés dont 38 indicateurs (annexe 1). Ces derniers sont classés en fonction de leur sensibilité croissante à la pollution (annexe 2), une valeur fluctuante de zéro (0) (très mauvaise qualité) à vingt (20) (très bonne qualité) est attribuée en fonction de la présence d'un taxon indicateur en suffisamment grand nombre et du nombre de taxons appartenant à la liste des 138 taxons. L'information fournie est synthétique, et intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques des cours d'eau (VERNAUX, 1980).

L'IBGN peut permettre de suivre l'évolution de la qualité biologique d'un site au cours du temps, dans l'espace (amont/aval) et d'évaluer l'effet d'une perturbation sur le milieu.

2.3.4.5. Traitement statistique des données

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

2.3.4.6. Logiciels de calcul

Les logiciels R et Rstudio ont permis de réaliser et donner les représentations graphiques des analyses multivariées de type ACP, AFC et CAH.

2.4. Structure mésologique

Dans ce travail, 12 descripteurs mésologiques sont pris en compte pour caractériser chacune des 6 stations étudiées (tableau 07).

Alt : Altitude (m) ; **Pent** : Pente (%) ; **Dist** : Distance à la source (km) ; **Larg** : Largeur du lit mineur (m) ; **Prof** : Profondeur de la lame d'eau (cm) ; **Vit** : Vitesse du courant (m/s) ; **Temp** : Température de l'eau (°C) ; **Rec** : Recouvrement (%) ; **Vaq** : Végétation aquatique (%) ; **GG** : Gravier et Galets (%) ; **S/L** : Sables et Limons (%) ; **MO** : Matière Organique (%).

Tableau 07 : Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées.

Stations	Alt (m)	Pent (%)	Dist (km)	Larg (m)	Prof (cm)	Vit m/s	Temp (°C)	Rec (%)	Vaq (%)	GG (%)	S/L (%)	MO (%)
AA1	1200	28	0,7	1,5	25	0,30	6	80	2	75	25	0
AA2	920	13	1,2	5	30	1,2	5	40	1	85	15	0
AA3	750	13	2,2	4	40	0,42	16	60	5	60	25	15
HB	460	9,6	4	5	45	0,4	19	30	10	45	40	15
DJ	350	3,4	23	4	60	0,55	19	0	15	40	35	20
TH	180	1,2	28	7	65	1	22	0	25	35	30	35

Tableau 08 : Matrice des corrélations entre les 12 variables environnementales.

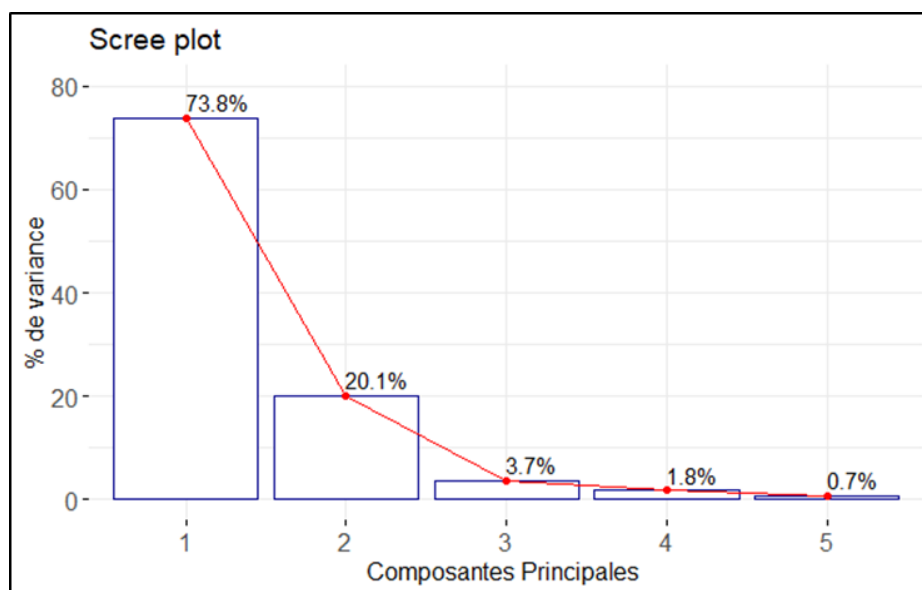
	Alt											
Alt	1.00											
		Pent										
Pent	0.91	1.00										
			Dist									
Dist	-0.83	-0.73	1.00									
				Larg								
Larg	-0.78	-0.86	0.57	1.00								
					Prof							
Prof	-0.97	-0.87	0.93	0.68	1.00							
						Vit						
Vit	-0.22	-0.48	0.30	0.68	0.18	1.00						
							Temp					
Temp	-0.93	-0.76	0.72	0.60	0.91	-0.12	1.00					
								Rec				
Rec	0.92	0.91	-0.87	-0.75	-0.91	-0.45	-0.72	1.00				
									Vaq			
Vaq	-0.93	-0.78	0.93	0.71	0.96	0.22	0.88	-0.85	1.00			
										GG		
GG	0.93	0.72	-0.84	-0.53	-0.95	0.10	-0.96	0.79	-0.93	1.00		
											SL	
SL	-0.49	-0.17	0.37	-0.10	0.52	-0.72	0.71	-0.28	0.47	-0.74	1.00	
												MO
MO	-0.96	-0.81	0.82	0.58	0.96	-0.04	0.97	-0.83	0.91	-0.98	0.70	1.00

Dans cette étude, 12 descripteurs environnementaux ont été pris en compte pour caractériser les 6 stations d'étude (tableau 08). Afin de réaliser cette caractérisation, une analyse des composantes principales a été effectuée.

L'ACP a révélé que les deux premières composantes principales représentent à elles seules près de 94% de la variabilité totale. Ces deux CP constituent les composantes à retenir selon, à la fois, le critère de KAISER (1961) qui stipule qu'il faut retenir les composantes dans les valeurs propres sont supérieures à 1 (tableau 09) et la méthode graphique qui stipule que le nombre de CP à retenir est déterminé par le point au-delà duquel les valeurs propres restantes sont toutes relativement petites et de tailles comparables (figure 08).

Tableau 09 : Valeurs propres et variances des composantes principales issues de l'ACP.

Composantes principales	Valeurs propres	Variance (%)	Variance cumulée
CP1	8,86	73,82	73,82
CP2	2,41	20,06	93,88
CP3	0,44	3,70	97,58
CP4	0,21	1,76	99,34
CP5	0,08	0,66	100,00

**Figure 08** : Choix des composantes principales à retenir.

La structure mésologique obtenue (figure 09) a révélé l'existence d'un gradient amont-aval des cours d'eau.

Les variables altitude (Alt), substrat grossier (GG), recouvrement (Rec) et pente (Pen) sont fortement corrélées positivement entre elles et négativement avec l'axe 1, décroissent progressivement de l'amont vers l'aval.

Inversement, les variables profondeur de la lame d'eau (Pro), matière organique (Mo), végétation aquatique (Va_q), température ponctuelle de l'eau (Tem), distance à la source (Dis) et, à moindre degré, la largeur du lit mineur (Larg) sont fortement corrélées positivement entre elles et positivement avec l'axe 1, croissent de l'amont vers l'aval.

Par ailleurs, les variables sables limons (SL) et, surtout, vitesse du courant (Vit) sont corrélés avec l'axe 2 (positivement pour la première et négativement pour la deuxième) et sont indépendantes des autres paramètres.

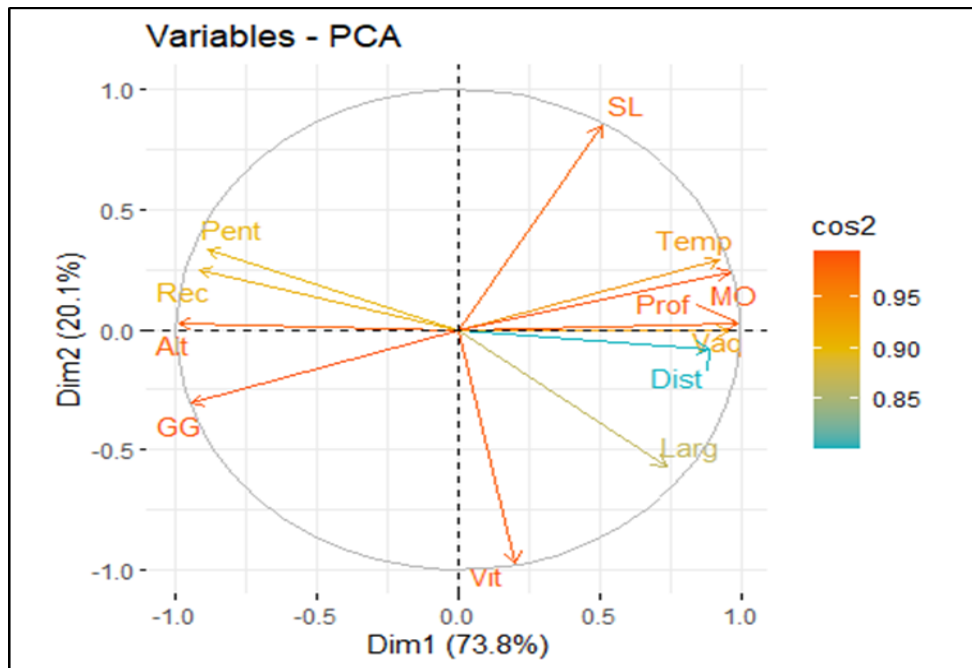


Figure 09 : Analyse des composantes principales des paramètres environnementaux, plans factoriels F1-F2.

La représentation des stations sur les deux axes retenus (figure 10) montre l'existence de deux profils : les stations d'altitude (AA1, AA2 et AA3), les stations de piémont (HB, DJ et TH).

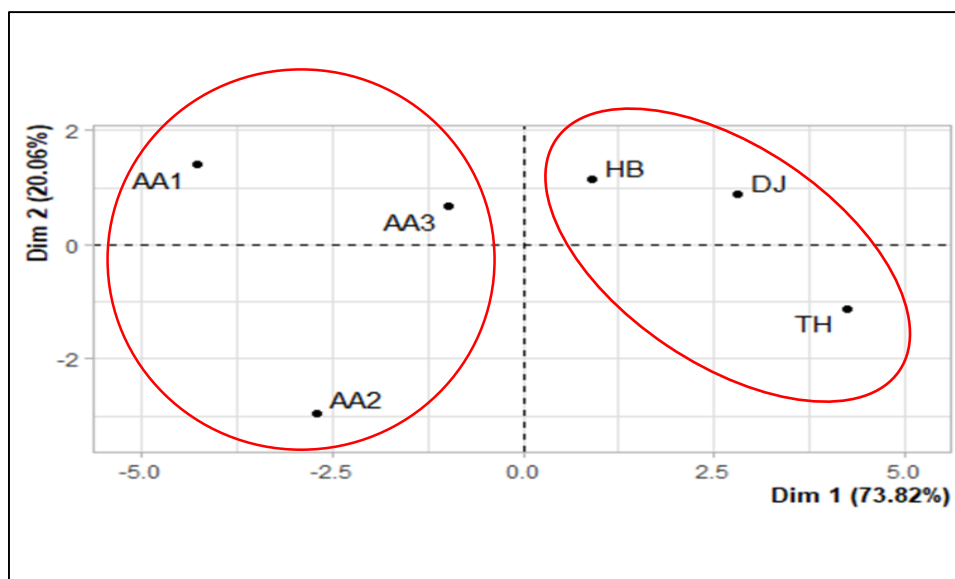


Figure 10 : Analyse des composantes principales des 6 stations étudiées.

L'analyse factorielle des correspondances réalisées sur les 6 stations et les 12 paramètres environnementaux visualise bien les relations entre les variables environnementales pour l'ensemble des stations (figure 11).

Les stations (AA1, AA2, AA3, HB, DJ et TH) sont représentées respectivement par les points 1, 2, 3, 4, 5 et 6

Suivant l'axe 1, la distribution des stations visualise globalement et de façon évidente le gradient amont – aval des variables environnementales.

La représentation dans l'espace des mêmes facteurs F1 et F2 avec une variabilité totale du nuage de points de 94% (figure 11) montre une opposition entre :

- Les stations d'altitude (AA1, AA2 et AA3) en position négative sur l'axe 1, liées principalement aux paramètres d'altitude supérieure à 700 m, pente élevée ($\geq 11\%$), substrat grossier (composé de galets et de gravier), et le recouvrement ($\geq 40\%$) ;
- Les stations de basses altitudes (HB, DJ et TH) quant à elles sont en position positive sur le même axe, liées aux paramètres : distance à la source (élevée), profondeur de la lame d'eau (≥ 45 cm), nature du substrat (présence de végétation aquatique et matière organique) et une température de l'eau élevée.

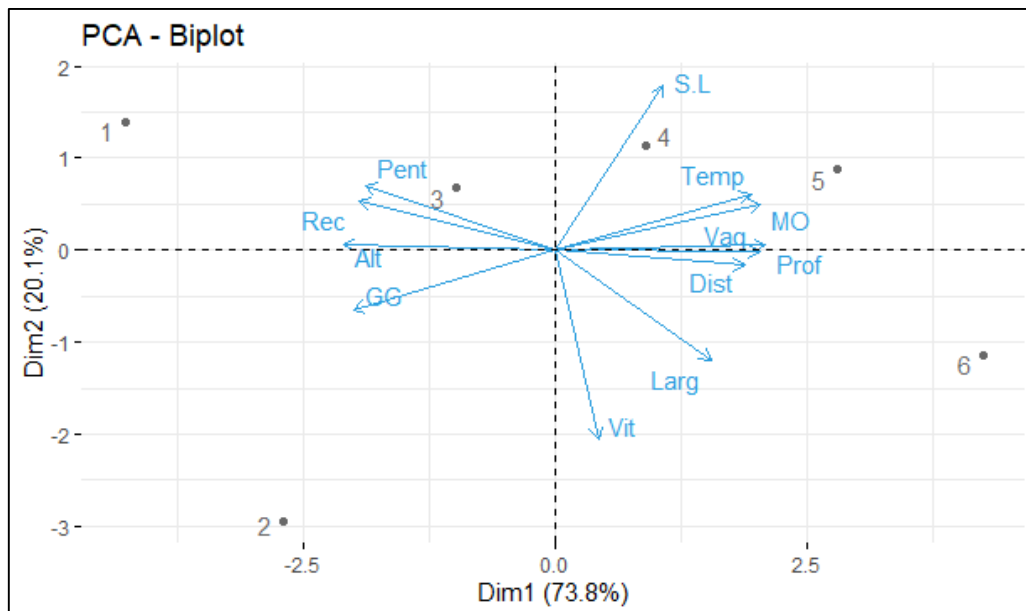


Figure 11 : Analyse factorielle des correspondances réalisées sur les 6 stations et les 12 paramètres environnementaux.

A decorative border of black maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a horizontal row at the top, a vertical row on the left, a vertical row on the right, and a horizontal row at the bottom. The leaves are stylized with detailed vein patterns.

Chapitre III

La faune

3.1. Analyse globale du peuplement

Le benthos est constitué d'invertébrés vivants dans le fond des cours d'eau. Ils se répartissent de façon hétérogène en fonction de la nature du substrat. Certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fouisseurs.

L'étude du benthos peut permettre d'apprécier la structure, la composition mais aussi la distribution dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés.

La présente étude a permis la capture au total de 27446 individus répartis en 50 familles (tableau 10).

Tableau 10 : Nombre de taxons par groupe zoologique.

Ordre	Nombre de familles	Nombre de genres
Hydracariens	1	1
Crustacés	1	1
Arachnides	1	1
Mollusques	1	1
Vers	3	3
Sangsue	1	1
Mégaloptères	1	1
Ephéméroptères	4	5
Plécoptères	5	6
Trichoptères	5	6
Coléoptères	9	13
Hétéroptères	3	3
Odonates	3	3
Diptères	10	10
Hyménoptères	1	1
Trichlades	1	1
Total	50	57

Sur le plan qualitatif, le groupe le mieux représenté parmi les insectes est l'ordre des Diptères, qui compte 10 familles (tableau 11). Viennent ensuite les Coléoptères avec 8 familles, les Trichoptères avec 6 familles, les Plécoptères avec 5 familles, les Ephéméroptères et les

Hétéroptères avec 4 familles chacun, les Vers et les Odonates avec 3 familles chacun et les Crustacés, les Hyménoptères, les Trichlades, les Mégaloptères, les Hydracariens, les Arachnides, les Mollusques et les Sangsue avec 1 seule famille chacun.

Tableau 11 : Tableau faunistique.

STATIONS	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH	Ab	Abr1	Abr2	Oc	OcR
Altitude (m)	1200	920	750	460	350	180					
Hydracariens											
Hydracaina			12	23		11	46	0,17	100	3	50
Vers											
Tubificidae			10	11	13	35	69	0,25	37,70	4	66,66
Naididae					22	62	84	0,31	45,90	2	33,33
Lumbricidae		06				24	30	0,11	16,39	2	33,33
Total		06	10	11	35	121	183	0,67			
Sangsus											
Hirudidae											
<i>Erpobdellidae</i>		05					05	0,018	100	1	16,66
Arachnides						42	42	0,15	100	1	16,66
Crustacés											
Potamonidae											
<i>Potamus</i>	06		08	07	02		23	0,08	100	4	66,66
Mollusques											
Ancylidae											
<i>Ancylus</i>	10	12		19		08	49	0,18	100	4	66,66
Mégaloptères											
Sialidae											
<i>Sialis</i>				11			11	0,04	100	1	16,66
Hyménoptères											
Agriotypidae											
<i>Agriotypus</i>	06						6	0,02	100	1	16,66
Trichlades											
Dugesidae											
<i>Dugesia</i>				22			22	0,08	100	1	16,66
Ephéméroptères											
Baetidae											
<i>Baetis</i>	254	57	942	6500	400		8153	29,71	63,45	5	83,33
<i>Centroptilum</i>	35			650		3378	4063	14,80	31,61	3	50
Leptophlebiidae											
<i>Habrophlebia</i>	24	06					30	0,11	0,23	2	33,33
Caenidae											
<i>Caenis</i>			12	500	58	22	592	2,16	4,61	4	66,66
Heptageniidae											
<i>Heptagenia</i>		12					12	0,04	0,1	1	16,66
Total	313	75	954	7650	458	3400	12850	46,82			
Plécoptères											
Perlidae											
<i>Perla</i>	25						25	0,09	9,33	1	16,66
Perlodidae											
<i>Perlodes</i>	14		14				28	0,10	10,45	2	33,33
Nemouridae											
<i>Protonemura</i>	10	32	05	09			56	0,20	20,90	4	66,66
<i>Nemoura</i>		76					76	0,28	28,36	1	16,66
Leuctridae											
<i>Leuctra</i>		17	18	26			61	0,22	22,76	3	50

STATIONS	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH	Ab	Abr1	Abr2	Oc	OcR
Capniidae											
<i>Capnia</i>				22			22	0,08	8,21	1	16,66
Total	49	125	37	57			268	0,98			
Trichoptères											
Hydropsychidae											
<i>Hydropsyche</i>	22	15	50	25	11	152	275	1,00	75,34	6	100
Brachycentridae											
<i>Micrasema</i>	11						11	0,04	3,01	1	16,66
Hydroptilidae											
<i>Hydroptila</i>	08	09	06	07			30	0,11	8,21	4	66,66
Rhyacophilidae											
<i>Rhyacophila</i>			11	12		12	35	0,13	9,59	3	50
Philopotamidae											
<i>Wormaldia</i>					09		9	0,03	2,47	1	16,66
Limnephilidae											
<i>Limnephilus</i>					05		5	0,02	1,37	1	16,66
Total	41	24	67	44	25	164	365	1,33			
Coléoptères											
Hydraenidae											
<i>Ochthebius</i>			06	03			9	0,03	5,14	2	33,33
<i>Hydraena</i>	14			11			25	0,09	14,28	2	33,33
Limnobiidae											
<i>Limnebius</i>	04			08			12	0,04	6,86	2	33,33
Gyrinidae											
<i>Gyrinus</i>	21		08		03		32	0,12	18,29	3	50
<i>Aulonogyrus</i>	06						6	0,02	3,43	1	16,66
Elmidae											
<i>Ouliminus</i>	08						8	0,03	4,57	1	16,66
<i>Elmis</i>	17				08		25	0,09	14,29	2	33,33
<i>Riolus</i>			04			08	12	0,04	6,86	2	33,33
Staphylinidae											
<i>Staphylinus</i>	17						17	0,06	9,71	1	16,66
Dryopidae											
<i>Dryops</i>	05						5	0,02	2,86	1	16,66
Helodidae											
<i>Cyphon</i>	06				05		11	0,04	6,29	2	33,33
Haliplidae											
<i>Haliplus</i>						02	2	0,01	1,14	1	16,66
Dytiscidae											
<i>Dytiscus</i>				11			11	0,04	6,29	1	16,66
Total	98		18	33	16	10	175	0,64			
Hétéroptères											
Aphelocheiridae											
<i>Aphelocheirus</i>	04						4	0,01	8,16	1	16,66
Gerridae											
<i>Gerris</i>	07			09			16	0,06	32,65	2	33,33
Mesoveliidae											
<i>Mesovelia</i>	24			05			29	0,11	59,18	2	33,33
Total	35			14			49	0,18			
Odonates											
Gomphidae											
<i>Gomphus</i>	05	02	04	08		06	25	0,09	51	5	83,33
Aeschnidae											
<i>Aeshna</i>		04		02	06		12	0,043	24,48	3	50
<i>Boyeria</i>	12						12	0,043	24,48	1	16,66

STATIONS	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH	Ab	Abr1	Abr2	Oc	OcR
Total	17	06	04	10	06	06	49	0,18			
Diptères											
Simuliidae	30	57	32	6440	24	5368	11951	43,54	89,83	6	100
Chironomidae	190	215	42	30	327	240	1044	3,80	7,84	6	100
Tipulidae	08		05	22		12	47	0,17	0,35	4	66,66
Anthomyidae			07	92		09	108	0,39	0,81	3	50
Empididae		04		63		11	78	0,28	0,59	3	50
Tabanidae			09	12	08	03	32	0,12	0,24	4	66,66
Athericidae			05	09			14	0,05	0,11	2	33,33
Dolichopodidae				17			17	0,06	0,13	1	16,66
Ceratopogonidae						06	6	0,02	0,05	1	16,66
Stratiomyidae		06					6	0,02	0,05	1	16,66
Total	228	282	100	6685	359	5694	13303	48,46			
Totaux	803	535	1210	14586	901	9411					
Occurrence	29	17	21	31	15	20					

Ab : Abondance des taxons.

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

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

Oc : Occurrence.

OcR : Occurrence relative (%).

Sur le plan quantitatif, les Diptères et les Ephéméroptères sont largement dominant. Ils représentent respectivement 48,46% (soit 13303 individus) et 46,82 % (soit 12850 individus) de la faune totale (figure 12).

Les Trichoptères, les Plécoptères, les Vers et les Coléoptères occupent respectivement la troisième, la quatrième, la cinquième et la sixième place par ordre d'abondance, ils constituent respectivement 1,33% (365 individus), 0,98% (268 individus), 0,67% (183 individus) et 0,64% (175 individus) de la faune totale.

Quant aux Hétéroptères, Mollusques, Hydracariens, Arachnides, Odonates, Crustacés, Trichlades, Mégaloptères, Hyménoptères et les Sangsue sont très rares dans nos récoltes. Ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée : respectivement ; 0,018% (49 individus), 0,18% (49 individus), 0,17% (46 individus), 0,15 (42 individus), 0,18% (49 individus), 0,08% (23 individus), 0,08% (22 individus), 0,04% (11 individus), 0,02% (6 individus) et 0,02% (5 individus).

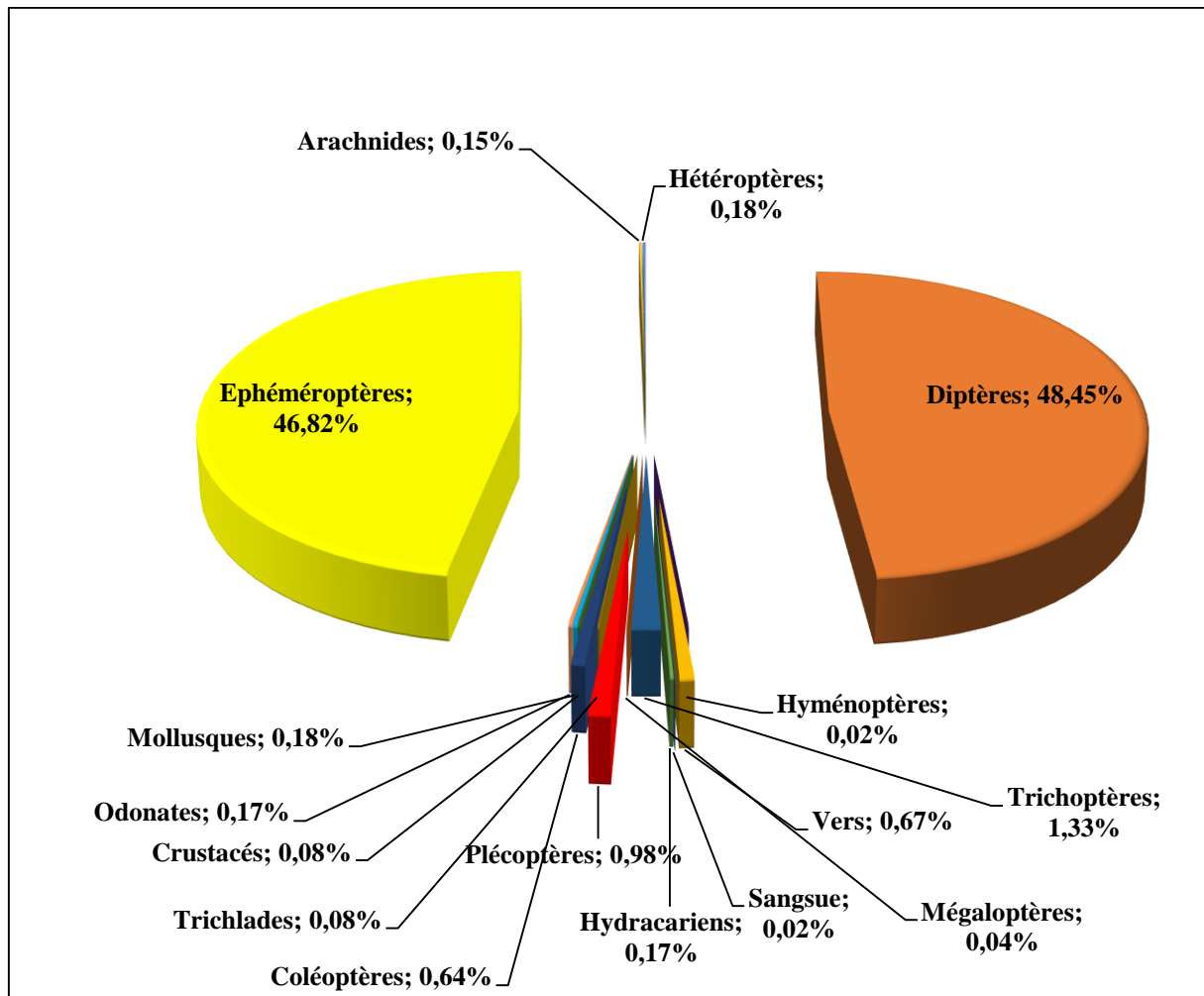


Figure 12 : Répartition de la faune globale dans les stations d'étude.

3.1.1. Abondance de la faune benthique

Les prélèvements effectués ont permis de récolter un total de 27446 invertébrés.

L'abondance de chaque taxon par 0,25 m² fluctue suivant les stations. Elle varie de 535 individus à 14586 individus (tableau 12).

Tableau 12 : Abondance de la faune benthique des stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
Abondance	803	535	1210	14586	901	9411

Les stations AA3, HB, DJ, TH, stations de moyenne et basse altitude totalisent respectivement 1210 individus, 14586 individus, 901 individus et 9411 individus (figure 13).

Certaines de ces stations sont affectées par différentes formes de pollution, caractérisées par un substrat hétérogène avec présence de matière organique et de végétation aquatique et une vitesse de courant modérée, d'où la prolifération des Epheméroptères Baetidae et des Diptères Chironomidae et Simuliidae, les espèces rhithrophiles et thermophiles.

Les stations amont (AA1 et AA2) semblent avoir une structure relativement équilibrée avec des abondances variant entre 803 individus et 535 individus. Cette faible abondance est à mettre en relation avec la nature du substrat, et la très faible profondeur de la lame d'eau. Dans ce type de milieux, ne peuvent persister que les espèces les plus alticoles.

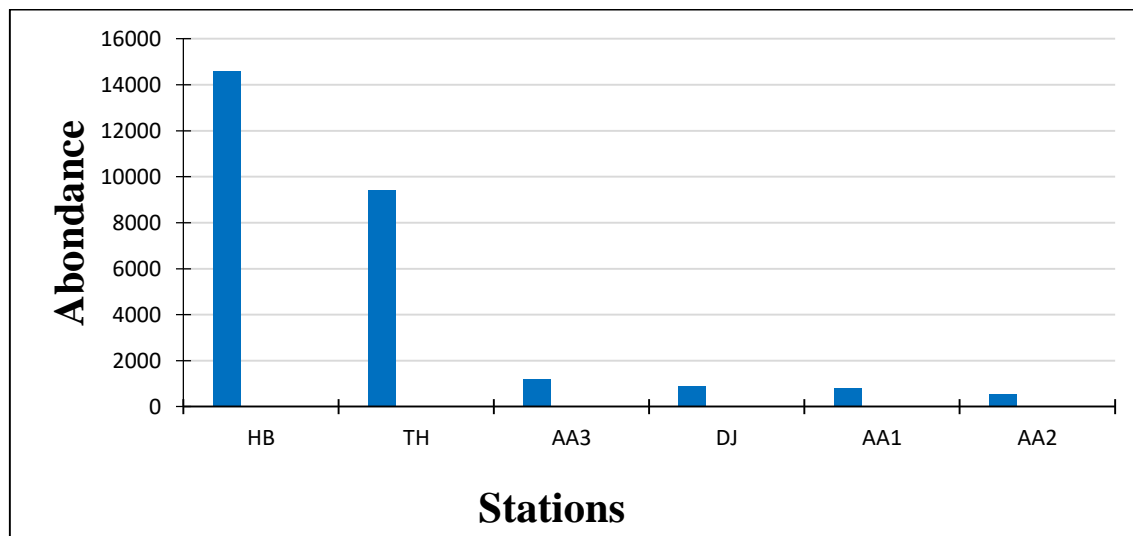


Figure 13 : Abondance de la faune globale dans les stations étudiées.

Les variations des effectifs par stations enregistrées peuvent s'expliquer vraisemblablement par les perturbations climatiques (pluies soudaines et violentes) matérialisées par une modification du substrat dues aux crues.

De nombreux travaux réalisés (GASCHIGNARD, 1984) in HINI & HOUACINE (2011) ont montré que les crues réduisent les peuplements d'invertébrés des cours d'eau. Après les crues, les prélèvements sont beaucoup plus pauvres en individus et en espèces. Les grandes variations du débit permettent de supposer que presque toute la faune est emportée par les crues ; les invertébrés peuvent dans une portion beaucoup plus faible, s'échapper au balayage brutal dans les secteurs où la granulométrie est grossière :

- Développement des formes adaptées à la fixation sur le fond des pierres en eaux vives ;
- Les éléments susceptibles de s'abriter profondément dans les interstices entre les pierres ;

- Les formes à comportement plus au moins fouisseur.

De plus, d'après THOMAS (1998), la régression des densités des organismes suite aux agressions humaines et climatiques, peut apparaître sur une assez longue durée pour la plupart des espèces à l'exception des Ephemeroptères. En effet, les éléments de ce groupe particulièrement les Baetidae se comportent comme des espèces pionnières, très aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles. Cette famille est constituée de formes mobiles (à dérive) et par conséquent elle présente un potentiel de recolonisation particulièrement élevé.

3.1.2. Richesse taxonomique

La richesse taxonomique représente le nombre de taxons présents dans un échantillon, elle reflète l'état de santé écologique du milieu.

Le cours d'eau étudié offre une grande diversité de biotopes aquatiques. La lecture du tableau 13 relatif à la richesse taxonomique stationnelle montre que le nombre de taxons varie d'une station à une autre (tableau 13). Elle fluctue entre un minimum de 15 taxa à la station DJ et un maximum de 31 taxa à la station HB.

Tableau 13 : Richesse taxonomique des stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
Altitude (m)	1200	920	750	460	350	180
Richesse taxonomique	29	17	21	31	15	20

Les stations de haute et moyenne montage renferment la majorité de la richesse taxonomique totale. Les stations les plus diversifiées sont HB (31 taxons), AA1 (29 taxons), AA3 (21 taxons). Les secteurs de ces stations présentent des habitats assez diversifiés, milieux hétérogènes à couvert végétal important et à vitesse de courant rapide à modérée, facteurs favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée.

Quant aux stations AA2, DJ et TH, elles représentent une richesse taxonomique moyenne : entre 17 et 20 taxons. Les stations DJ et TH sont des secteurs à perturbations intermédiaires caractérisés par un substrat à dominance de sable et de matière organique et des températures relativement élevées (figure 14).

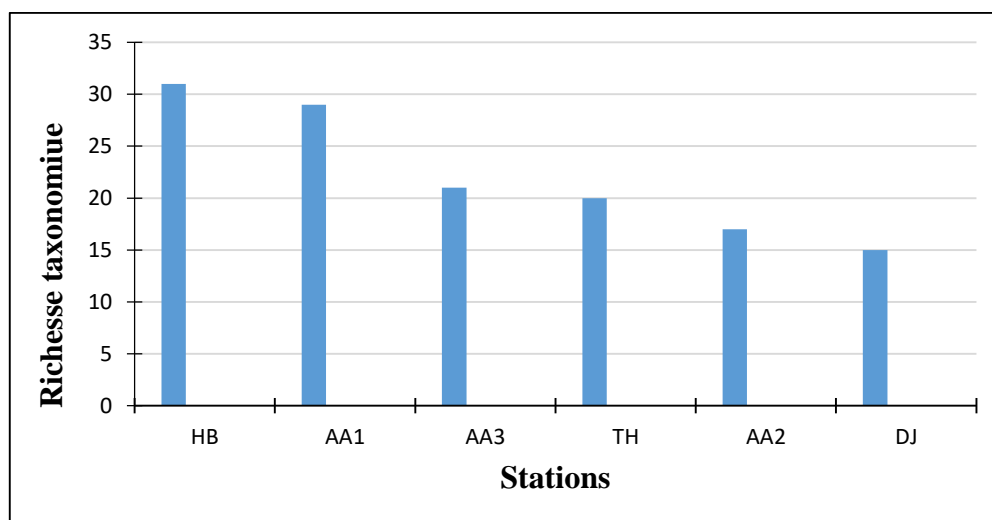


Figure 14 : Richesse taxonomique aux stations étudiées.

3.1.3. Structure du peuplement

L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1. Lorsqu'il tend vers 0 ceci veut dire qu'il y a un déséquilibre. Lorsqu'il tend vers 1, il traduit que les taxons présents ont la même abondance. Les valeurs des indices H' et E sont représentés dans le tableau 14 et la figure 15.

D'une manière générale, les indices H' et E augmentent avec le nombre d'espèces et avec la régularité de leur distribution d'abondance. Autrement dit, ces indices sont élevés lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée.

Les fortes variations de diversité reflètent en général les différences observées dans les profils d'abondance des taxons.

Tableau 14 : Indices de diversité H' et d'équitabilité E .

Indices	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
H'	2,38	1,93	1,24	1,16	1,55	1,29
E	0,71	0,64	0,38	0,31	0,55	0,40

Plus les individus sont répartis d'une manière équilibrée entre taxons, plus les indices de diversité et d'équitabilité sont élevés. La faible valeur de ces indices se traduit par un peuplement moins diversifié avec des taxons dominants.

Les profils de variations des deux indices H' et E présentent la même allure (figure 15).

Globalement le cours d'eau étudié présente des indices H' et E assez élevés, ils oscillent autour de 2 pour H' et 0,7 pour E .

Les valeurs de H' et de E varient respectivement entre un maximum de $H'= 2,38$ et $E = 0,71$ à la station AA2, et un minimum de $H' = 1,16$ et $E = 0,31$ notée à la station HB.

L'un des facteurs essentiels qui conditionnent l'importance de la diversité tient en hétérogénéité des milieux, car la plupart des macroinvertébrés sont spécialisés pour un type bien défini de micro-habitat. En effet, ceux qui se développent dans des milieux stables sauront toujours une diversité spécifique supérieure.

Les basses valeurs de H' et E sont enregistrées aux stations AA3, HB et TH, traduisant ainsi une diversité moyenne de peuplements avec cependant une bonne représentativité de quelques taxons.

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

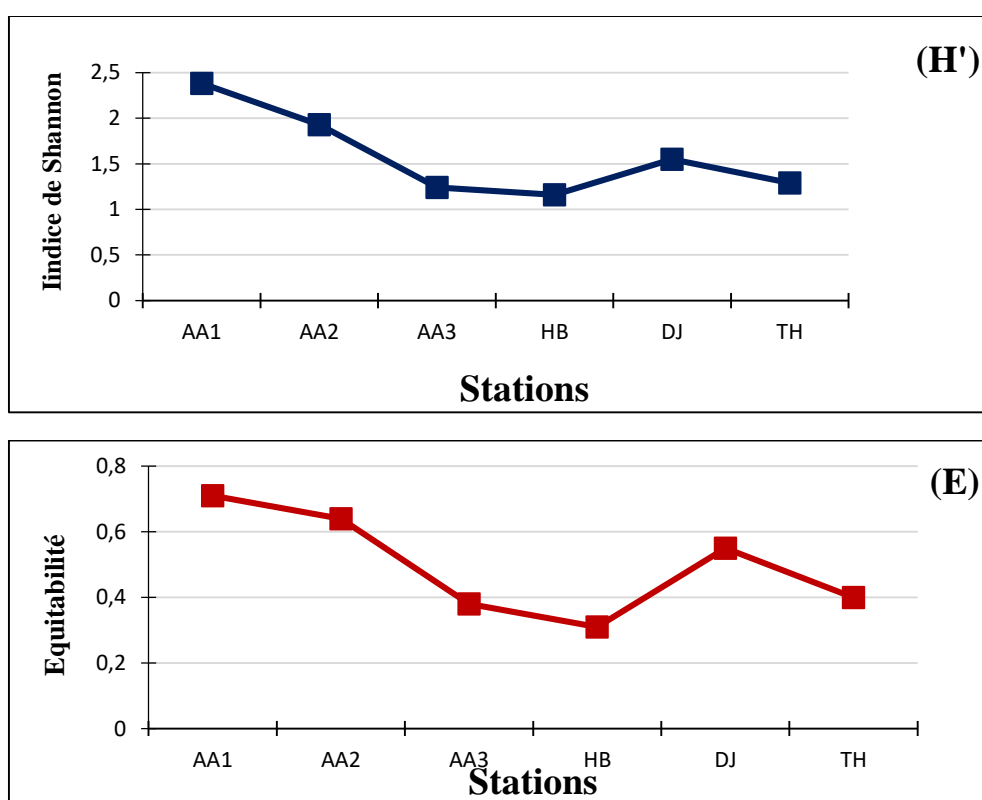


Figure 15 : Evolution des indices de SHANNON-Weaver et d'Equitabilité dans les stations étudiées.

La faible valeur de l'indice d'Equitabilité (E) traduit directement la dominance de quelques taxons dans le peuplement stationnel, le cas de la station HB qui détient l'indice E le plus faible correspond à la dominance dans le milieu des Ephéméroptères (52% du peuplement) et des Diptères (45,83% du peuplement).

3.2. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique

3.2.1. Les Ephéméroptères

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

Les Ephéméroptères sont représentés par 12850 individus, soit 46,82 % de la faune totale, répartis en 5 genres appartenant à 4 familles : Baetidae, Caenidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae (figure16).

La famille des Baetidae est largement dominante. Ils sont caractérisés par une large valence écologique. Ils colonisent tous les milieux étudiés de l'amont jusqu'à l'aval.

Cette famille est la plus diversifiée parmi les Ephéméroptères récoltés. Elle compte 12216 individus répartis en deux genres : *Baetis* et *Centroptilum*. Elle représente 95,06% des Ephéméroptères.

Baetis est le genre le plus abondant et le plus fréquent avec 8153 individus, soit 63,45% des Ephéméroptères récoltés.

Le genre *Centroptilum* est aussi abondant dans nos récoltes. Il comporte 4063 individus, soit 31,61% du total des Ephéméroptères.

La famille des Caenidae est représentée par un seul genre : *Caenis*. Ses éléments sont des formes rampantes et fouisseuses, recherchant les fonds à granulométrie fine. Ils sont thermophiles et à spectre écologique assez large (LOUNACI, 2005). Avec 592 individus, ils représentent 31,61% des Ephéméroptères. Ce genre est absent dans les stations amont (AA1 et AA2).

Les autres familles (Leptophlebiidae et Heptageniidae) ont une faible importance numérique. Elles comptent respectivement 30 individus (0,23% des Ephéméroptères) et 12 individus (0,1% des Ephéméroptères). Elles ne sont présentes que dans les sites d'altitude (AA1 et AA2).

La famille des Leptophlebiidae (représentée par un seul genre : *Habrophlebia*) présente selon AIT MOULOU (1988), LOUNACI-DAOUDI (1996) et MEBARKI (2001) l'exemple typique des espèces remontants vers l'amont fuyant les milieux aval perturbés.

Les Heptageniidae sont très rares dans nos récoltes, rencontrés uniquement dans la station amont (AA2) représentée par 12 individus (genre *Heptagenia*). Selon LOUNACI (2005), ce sont des organismes rhéophiles et polluo-sensibles qui remontent vers les zones d'altitude (sources), fuyant les températures élevées et les perturbations anthropiques des milieux aval.

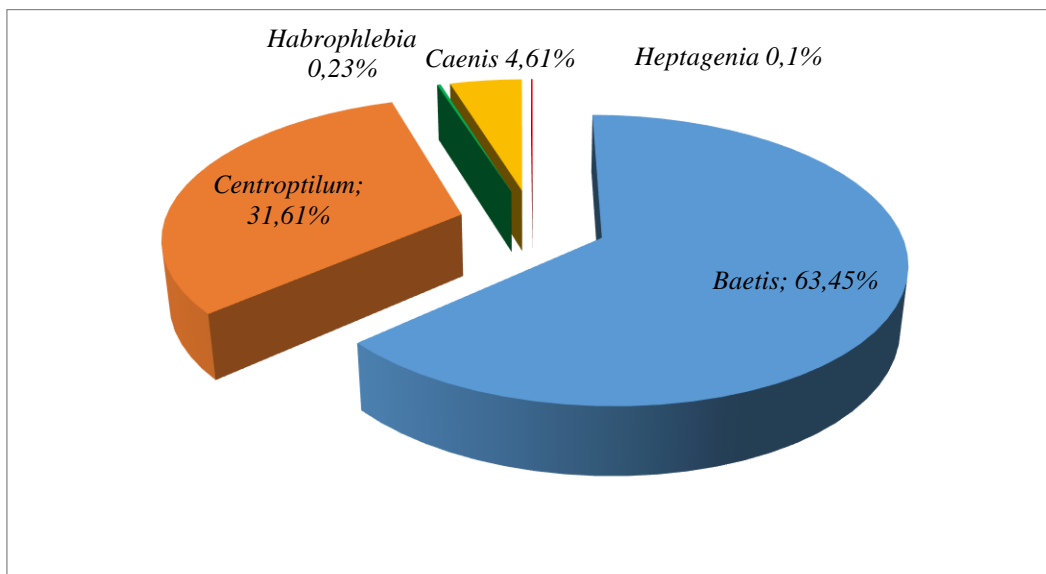


Figure 16 : Répartition des Ephéméroptères récoltés.

La répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées (Figure 17) met en évidence leur présence le long du cours d'eau. Les stations HB et TH sont les plus abondantes en Ephéméroptères avec respectivement 7650 et 3400 individus. Dans les autres stations, ils ne sont représentés que par de faibles proportions.

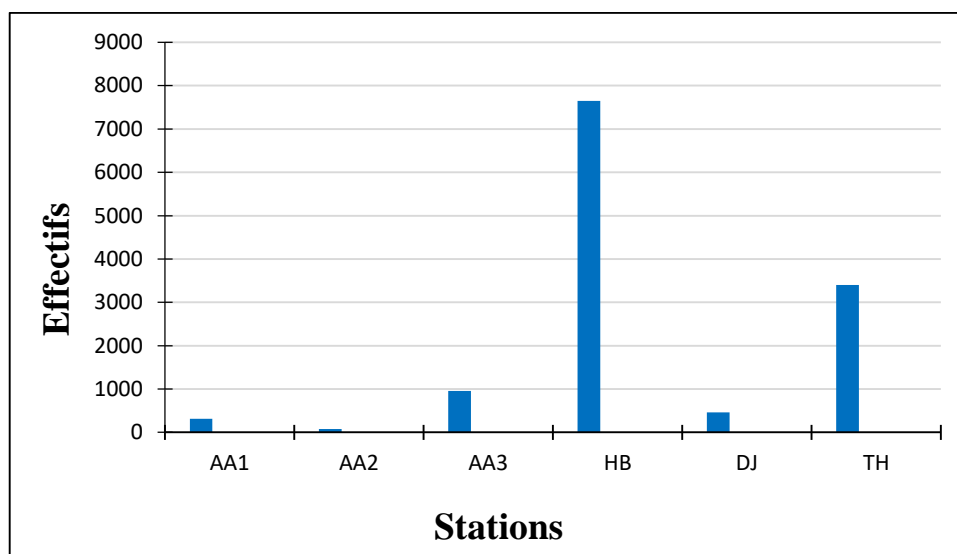


Figure 17 : Abondances des Ephemeroptères dans les stations d'étude.

3.2.2. Les Diptères

Les Diptères constituent le groupe le mieux représenté et le plus important quantitativement parmi la faune benthique récoltée. Ils se caractérisent par leurs grandes diversités tant sur le plan écologique que biogéographique. Ils colonisent des biotopes très variés : sources, rivières, lacs, marais, ...

Au total, 13303 individus appartenant à 10 familles ont été recensés dans l'ensemble des stations étudiées. Ils représentent 48,46% de la faune totale. Ils sont répartis de manière abondante et très hétérogène dans les stations (figure 18).

L'évolution stationnelle des Diptères montre que les Simuliidae (organismes rhéophiles) dominant nettement sur le plan numérique. Ils représentent 89,83% des Diptères. Leur développement semble important dans les avals des cours d'eau en rapport avec les températures de l'eau relativement élevées, vitesse de courant élevée et présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

La famille des Chironomidae occupe la seconde place des Diptères sur le plan numérique. Ils constituent 7,84% des Diptères (1044 individus) et 3,80% de la faune totale. Les éléments de cette famille ont la capacité de coloniser des milieux divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluée et atteindre des proportions considérables dans les milieux riches en matière organique (LOUNACI, 2005).

Les autres familles sont peu abondantes. Il s'agit des : Anthomyidae (108 individus), Empididae (78 individus), Tipulidae (47 individus), Tabanidae (32 individus), Dolichopodidae (17 individus), Athericidae (14 individus), Ceratopogonidae (6 individus) et Stratiomyidae (6 individus).

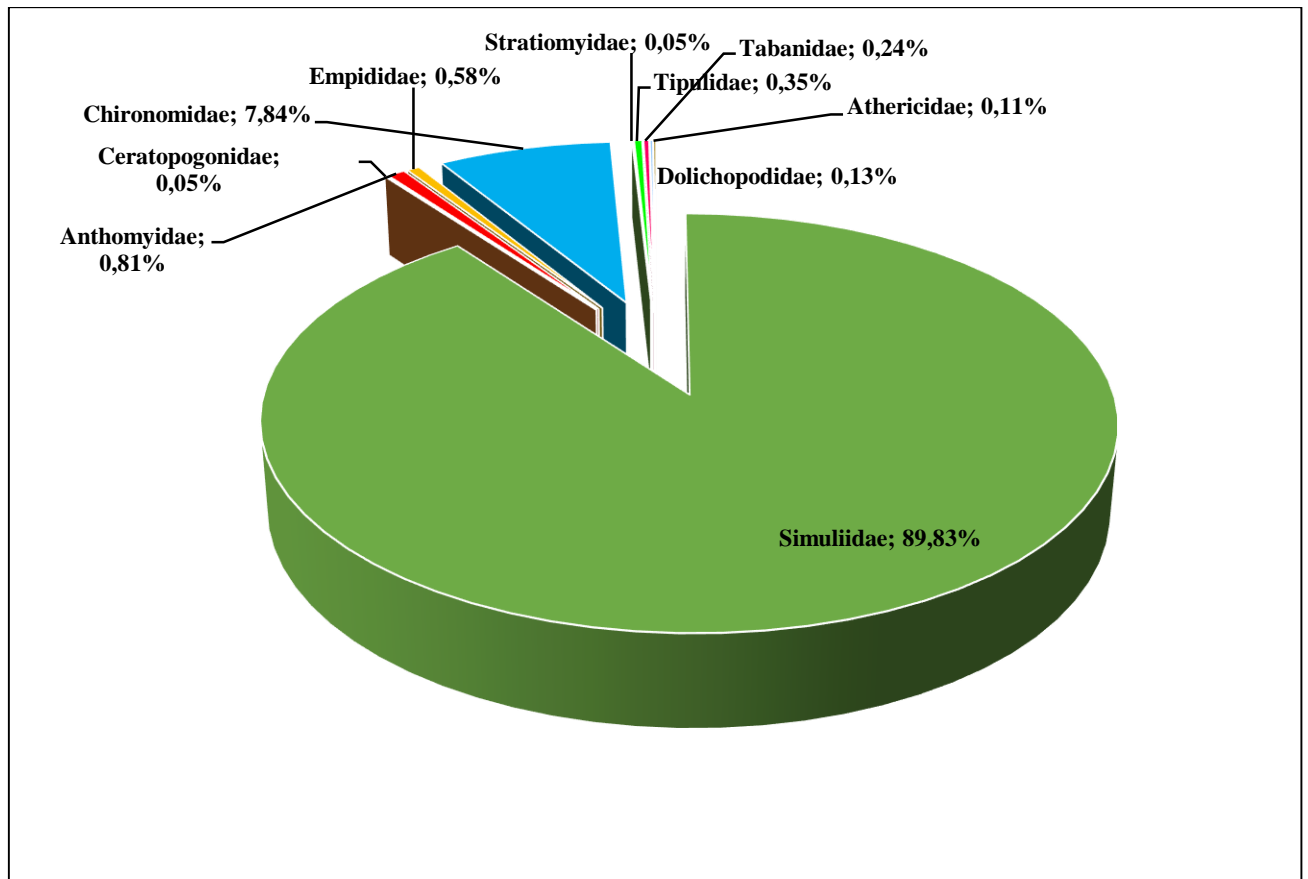


Figure 18 : Répartition des Diptères récoltés.

La répartition des Diptères dans les stations étudiées montre qu'ils sont présents dans toutes les stations mais avec des proportions inégales. Les stations de piémont et d'aval renferment plus de Diptères que les stations amont, HB (6685 individus) et TH (5717 individus). Cela est dû à la présence de la pollution organique en aval du cours d'eau qui est un élément favorable à la prolifération des éléments polluo-résistants (figure 19).

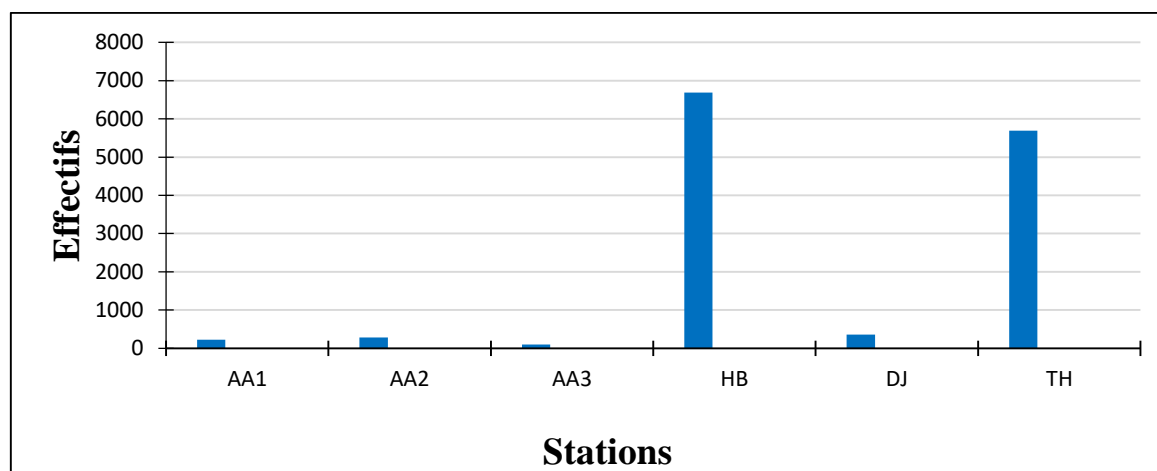


Figure 19 : Abondances des Diptères dans les stations d'étude.

3.2.3. Les Coléoptères

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

Dans le présent travail, l'ordre des Coléoptères est bien représenté, il constitue le groupe le plus diversifié avec un total de 13 genres appartenant à 9 familles. Quant à leur importance numérique, elle est très faible comparée aux Diptères et aux Ephéméroptères. Elle ne constitue que 0,64 % de la faune totale soit 175 individus (figure 20).

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

Les Coléoptères récoltés sont surtout représentés par les Elmidae (33 individus répartis sur 3 genres), puis vient la famille des Gyrinidae (32 individus répartis sur 2 genres), les Hydraenidae (25 individus répartis sur 2 genres). Quant autres familles : les Staphylinidae, les Limnebiidae, les Helodidae, les Dytiscidae, les Haliplidae et les Dryopidae ne sont représentés que par un seul genre.

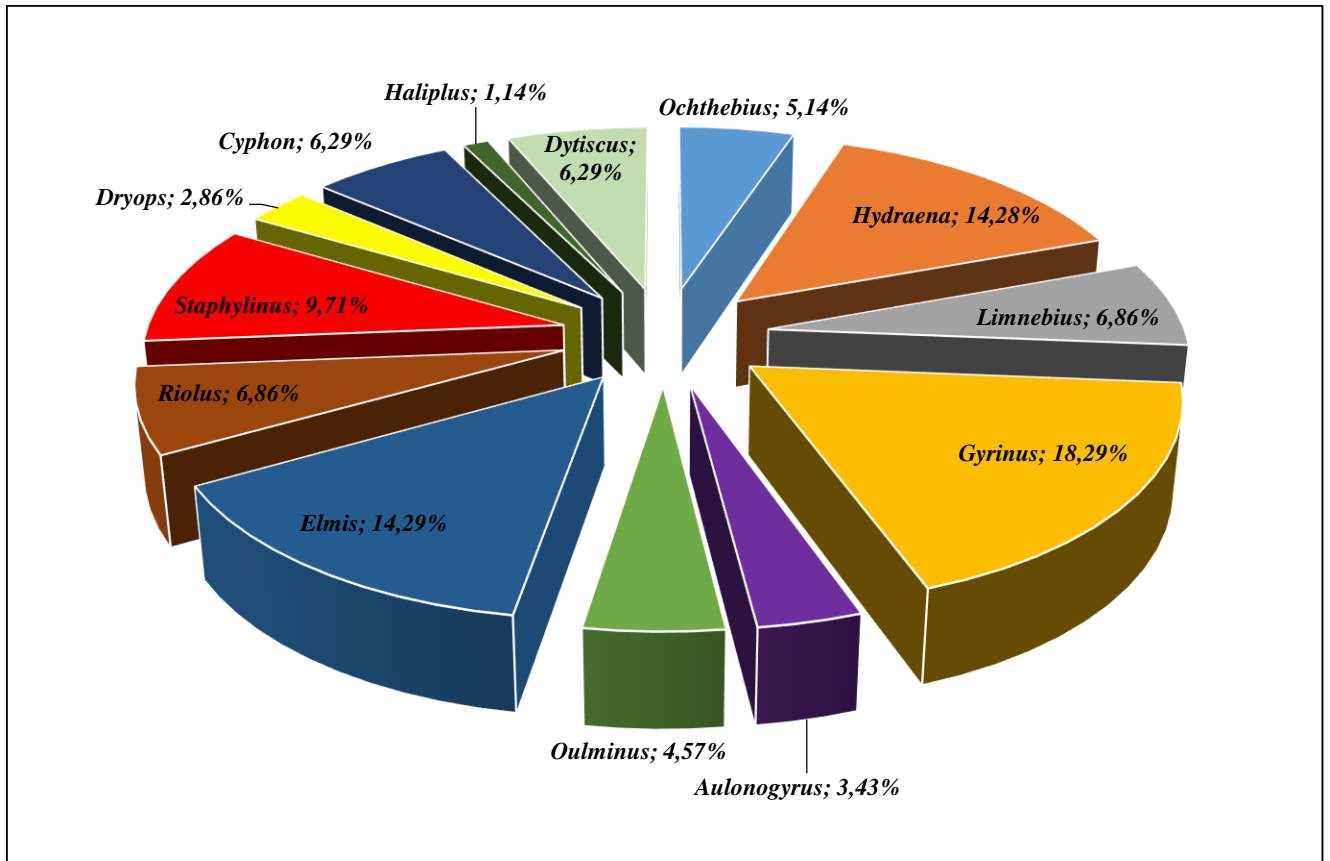


Figure 20 : Répartition des Coléoptères récoltés.

L'analyse de la répartition longitudinale des Coléoptères du cours d'eau étudié (figure 21), semble se traduire dans sa globalité par la présence d'un peuplement rhéophile. La richesse la plus élevée est observée dans les stations AA1 (98 individus) et HB (33 individus). Cette diversité peut s'expliquer par le fait que les biotopes de ces stations offrent une grande variété de niches écologiques, hétérogénéité du substrat et de la végétation.

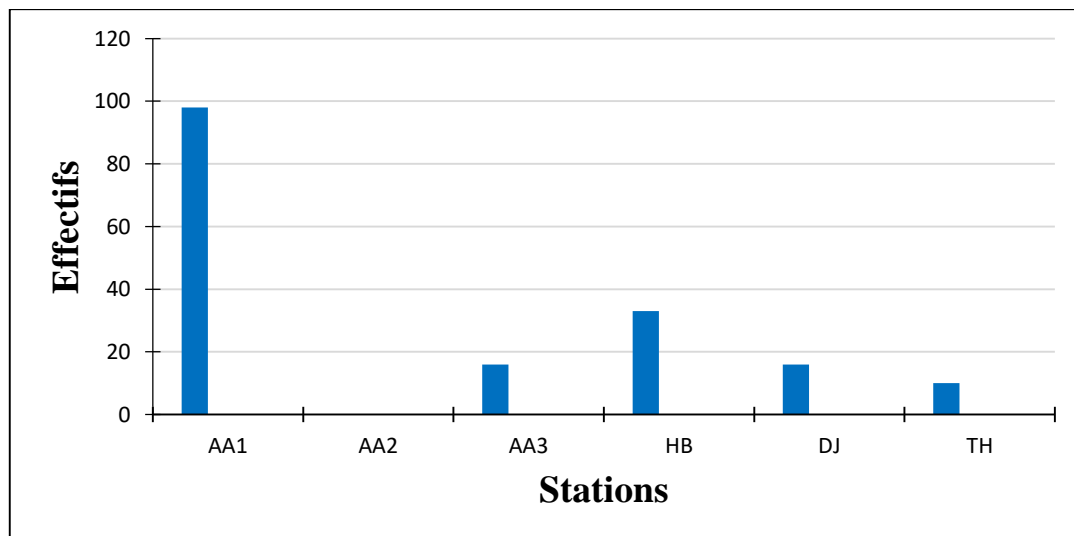


Figure 21 : Abondances des Coléoptères dans les stations d'étude.

3.2.4. Les Trichoptères

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

Les Trichoptères inventoriés dans ce travail sont peu abondants et comptent 365 individus, soit 1,33 % de la faune totale récoltée. Ils appartiennent à 6 familles et 6 genres (Figure 22).

La famille des Hydropsychidae est très abondante et assez fréquente (le genre *hydropsyche*) comporte 275 individus (75,34% des Trichoptères). La famille des Rhyacophilidae (genre *Rhyacophila*) avec 35 individus (9,59% des Trichoptères). La famille des Hydroptilidae (genre *Hydroptila*) compte 30 individus (8,21% des Trichoptères). Les autres familles sont rares et très faiblement représentées : Phryganeidae 11 individus (3,01%), Philopotamidae (*Wormaldia*) 9 individus (2,47%) et Limnephilidae (*Limnephilus*) 5 individus (1,37%).

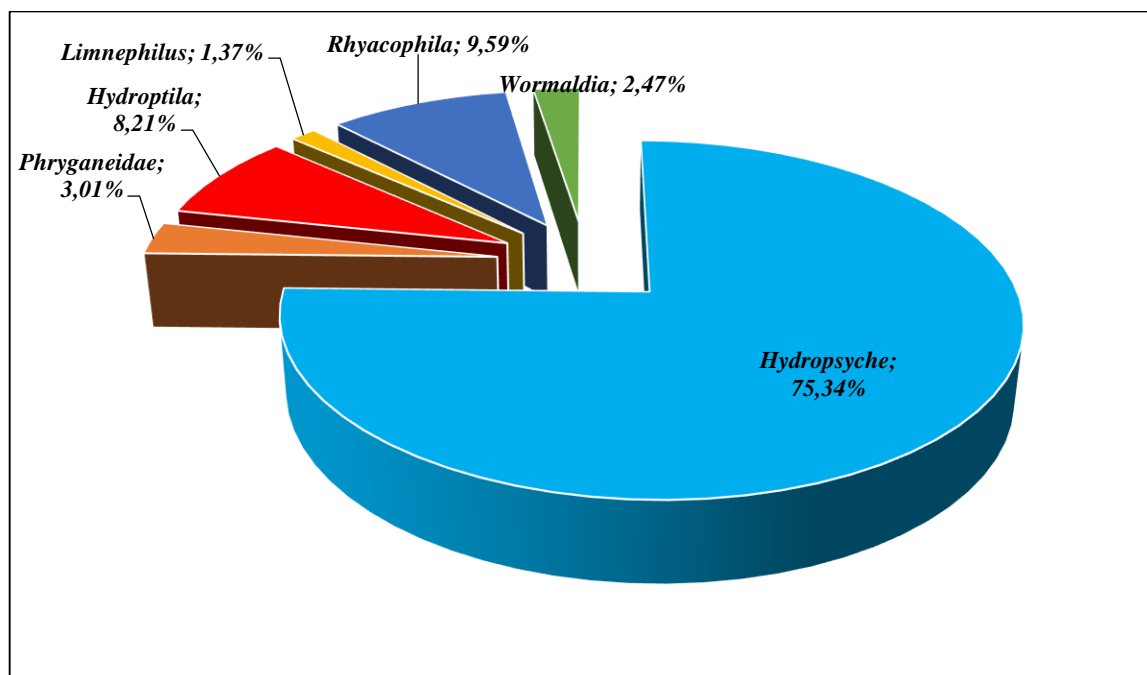


Figure 22 : Répartition des Trichoptères récoltés.

La distribution des Trichoptères le long des cours d'eau étudiés (figure 23) met en évidence l'importance des éléments de cet ordre d'insectes dans la station AA3 et AA1 : torrent de montagne à courant moyen à rapide, substrat grossier et à couvert végétal assez dense, ainsi que dans la station TH qui est dominée par les Hydropsychidae qui sont considérés comme des polluo-résistants. Dans les autres stations, peu d'individus sont observés.

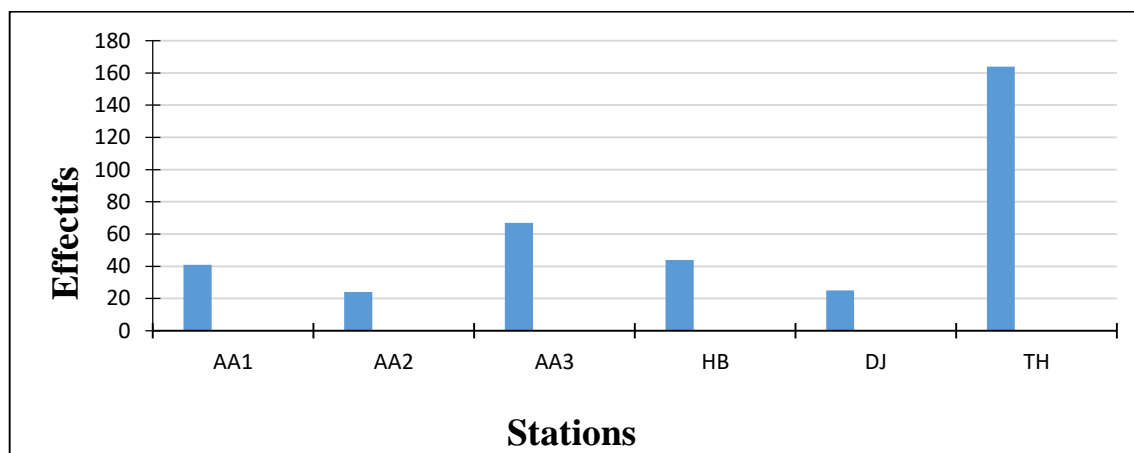


Figure 23 : Abondances des Trichoptères dans les stations d'étude.

3.2.5. Les Plécoptères

D'après MEBARKI (2001), les Plécoptères sont des espèces polluo-sensibles qui ne se développent pas dans les milieux affectés par une quelconque perturbation. Ce sont de bons indicateurs biologiques, très utilisés dans la méthode d'analyse de la qualité des eaux courantes.

Les Plécoptères, organismes polluo-sensibles, sont associés aux eaux fraîches et propres (MOISAN et al., 2006). LOUNACI (2005) signale qu'en Kabylie du Djurjura, les ruisseaux relativement froids d'altitude (1 300 - 1000 m) à température maximale peu élevée (12 – 18 °C) et les torrents de moyenne montagne (alt. 940- 480 m, T° max. ≤ 16°C) bordés de végétation très dense, constituent les habitats privilégiés des Plécoptères.

Les Plécoptères inventoriés dans ce travail sont représentés en faible proportions comparés aux Epheméroptères et aux Diptères. En effet, la prospection des 6 stations nous a permis d'inventorier un total de 268 individus, soit 0,98% de la faune totale, et ceux seulement dans les parties supérieures et moyennes des cours d'eau. Nombreuses stations de basse altitude en sont dépourvues. Ils sont répartis en 5 familles et 6 genres : Perlidae (*Perla*), Nemouridae (*Nemoura*, *Protonemura*), Leuctridae (*Leuctra*), Capniidae (*Capnia*), Perlodidae (*Perlodes*) (figure 24).

La famille des Nemouridae est la mieux représentée avec 132 individus (soit 49,26% des Plécoptères récoltés). Les Leuctridae et les Perlodidae viennent en 2^{ème} et 3^{ème} place sur le plan d'abondance numérique avec respectivement 61 individus (soit 22,76%) et 28 individus (soit 10,45%). Quant aux Perlidae et Capniidae, ils sont faiblement représentés avec respectivement 25 individus (soit 9,33%) et 22 individus (soit 8,21%). Ils sont très peu abondants et peu fréquents.

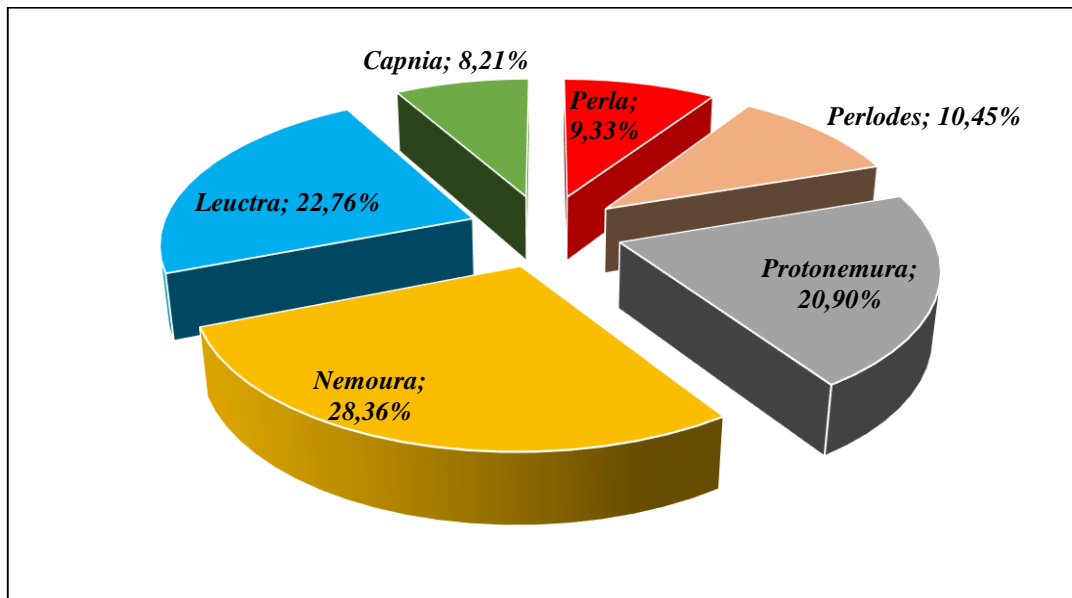


Figure 24 : Répartition des Plécoptères récoltés.

D'après nos observations (figure 25), les plécoptères ont été récoltés dans les stations d'altitude supérieure à 300 m : AA1, AA2, AA3 et HB. Cela confirme le fait que les éléments de ce groupe colonisent de préférence les cours d'eau froids de montagne avec une concentration élevée en oxygène (CONSIGLIO., 1963 in FERRITO, 1994), ainsi que le caractère sténotherme et rhéophile pour ce groupe d'insectes.

L'absence de ce groupe en basse altitude (DJ et TH) est probablement dû à la présence de matière organique dans ces secteurs. En effet, les eaux soumises à des pollutions organiques même légères induisent la disparition des plécoptères (LOUNACI, 2005).

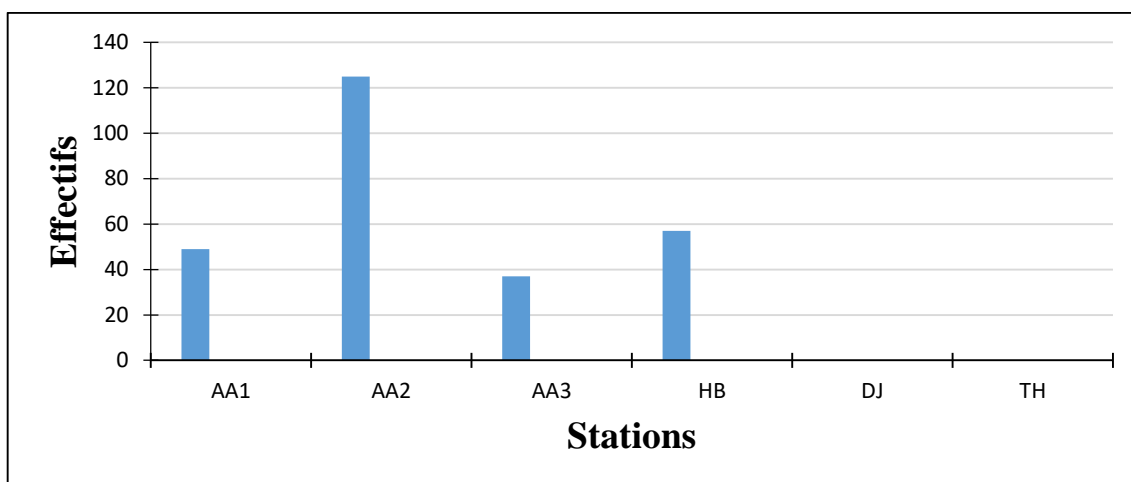


Figure 25 : Abondances des Plécoptères dans les stations d'étude.

3.2.6. Les Hétéroptères

Les Hétéroptères se rencontrent pratiquement en toutes saisons. Ils peuplent divers biotopes des milieux aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières. Ils s'observent aussi sur les rives des cours d'eau (POISSON, 1957).

Dans le cadre de ce travail, les Hétéroptères sont faiblement représentés : 49 individus, soit 0,18% de la faune totale, répartis en 3 familles et 3 genres (Figure 26) : Mesoveiliidae (*Mesovelgia*) 29 individus (soit 59,18% des Hétéroptères), Gerridae (*Gerris*) 16 individus (soit 32,65% des Hétéroptères), Apheloceiridae (*Aphelocheirus*) 4 individus (soit 8,16% des Hétéroptères).

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

La plupart des éléments de ce groupe sont observés dans les stations de piémont (AA1 et HB). Ce sont pour la plupart inféodés aux habitats abrités du courant. Leur répartition dans le cours d'eau étudiés est certainement incomplète. Ils ne sont récoltés que dans deux stations.

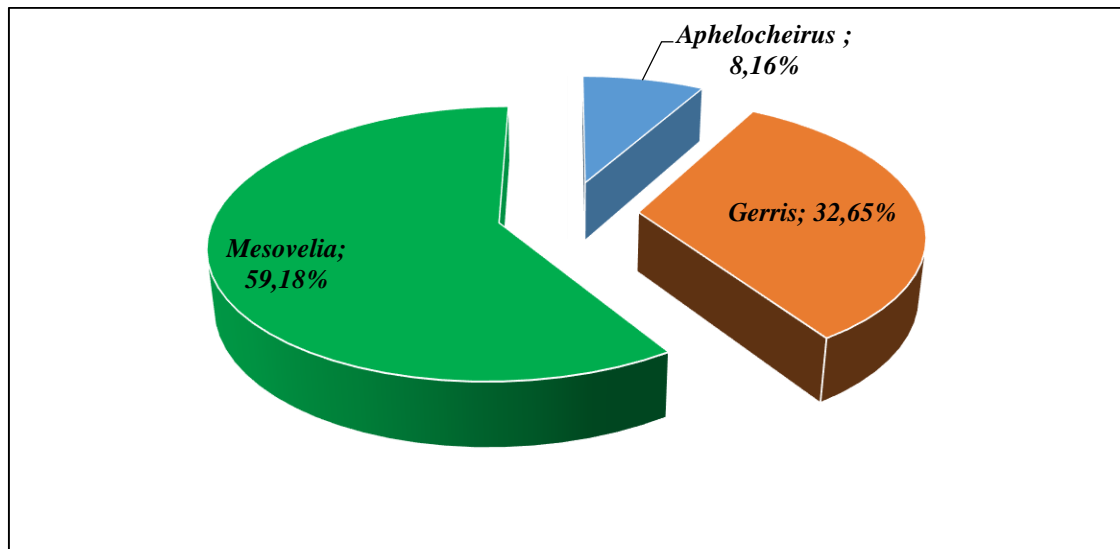


Figure 26 : Répartition des Hétéroptères récoltés.

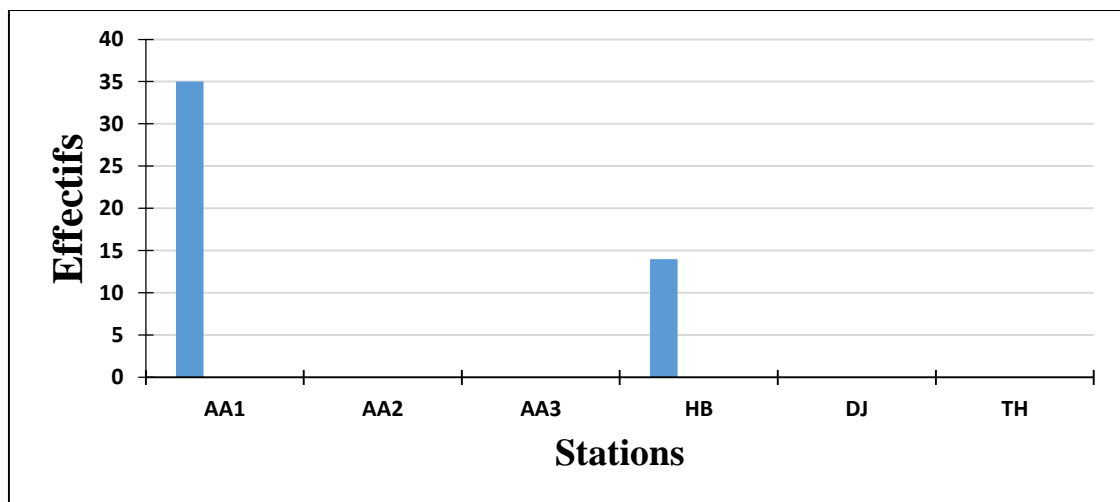


Figure 27 : Abondances des Hétéroptères dans les stations étudiées.

3.2.7. Les Vers

Les Oligochètes fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux d'altitude jusqu'au cours d'eau de plaine. Dans les cours d'eau étudiés, nous avons dénombré 188 individus, soit 0,69% de la faune totale. Ils sont repartis en 3 familles : Naididae, Tubificidae, Lumbricidae (figure 28).

Dans ce groupe d'invertébrés, les Naididae sont largement dominants, ils constituent 45,90 % des Oligochètes (soit 84 individus). Les Tubificidae et les Lumbridae ne forment respectivement que 37,70 % (69 individus), 16,39 % (30 individus) des Oligochètes.

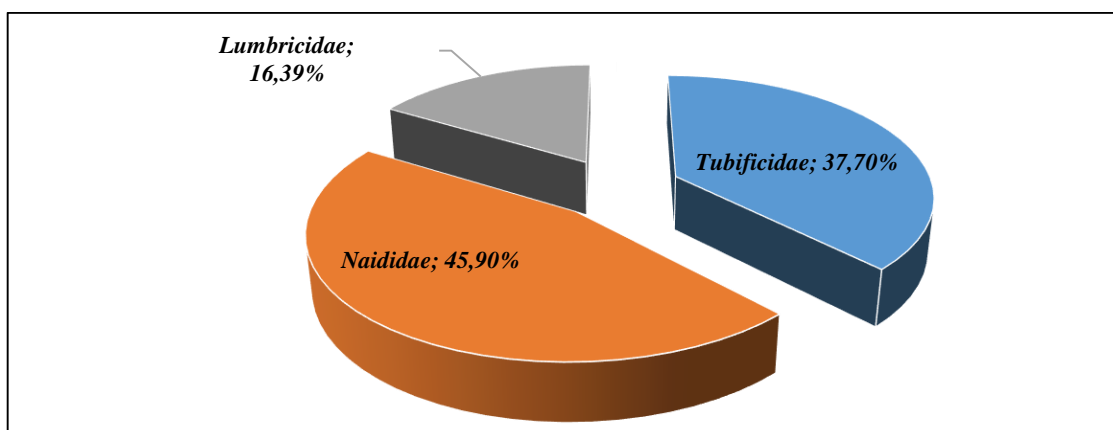


Figure 28 : Répartition des Oligochètes récoltés.

D'après ECHAUBAR & NEVEU (1975) et TOURENQ (1975), les Oligochètes abondent les habitats des cours d'eau caractérisés par un fond meuble (sables, limons, détritiques organiques) riche en végétation aquatique. L'augmentation massive de leur population dans les milieux riches en matières organiques a été souvent mentionnée.

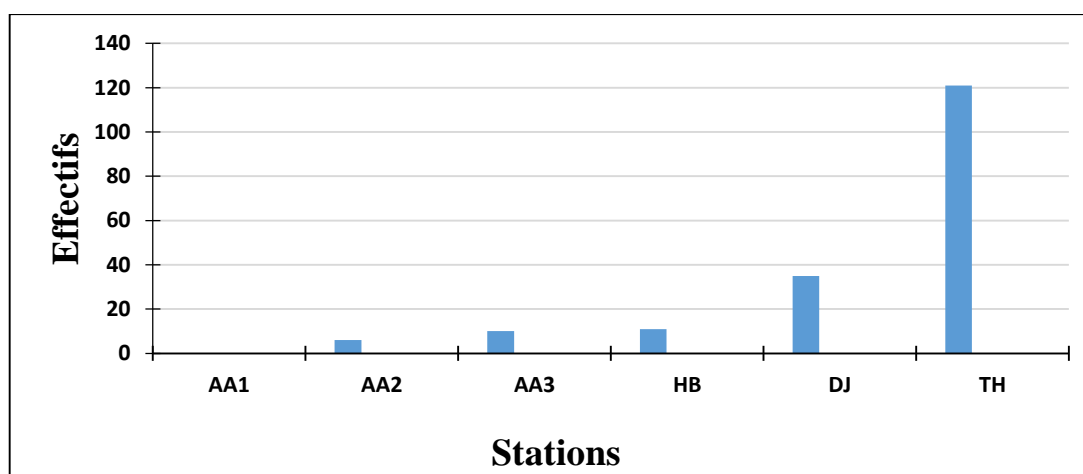


Figure 29 : Abondances des Vers dans les stations étudiées.

3.2.8. Les Odonates

Selon AGUESSE (1968), les Odonates ne sont pas seulement des indicateurs de la nature d'un milieu aquatique, mais aussi un indicateur de richesse en faune aquatique. De plus il leur attribue comme habitat préférentiel les eaux à écoulement lent.

Dans les cours d'eau étudiés, l'abondance des Odonates est très faible : 49 individus seulement (soit 0,18 % de la faune totale) ont été récoltés. Ils appartiennent à 2 familles et 3 genres. Les Gomphidae (*Gomphus*) avec 24 individus (soit 51% des Odonates), les Aeschnidae

(*Ashena*) avec 12 individus (soit 24,48% des Odonates) et (*Boyeria*) avec 12 individus aussi (soit 24,48% des Odonates). Ils ont été récoltés près des rives des cours d'eau (figure 30).

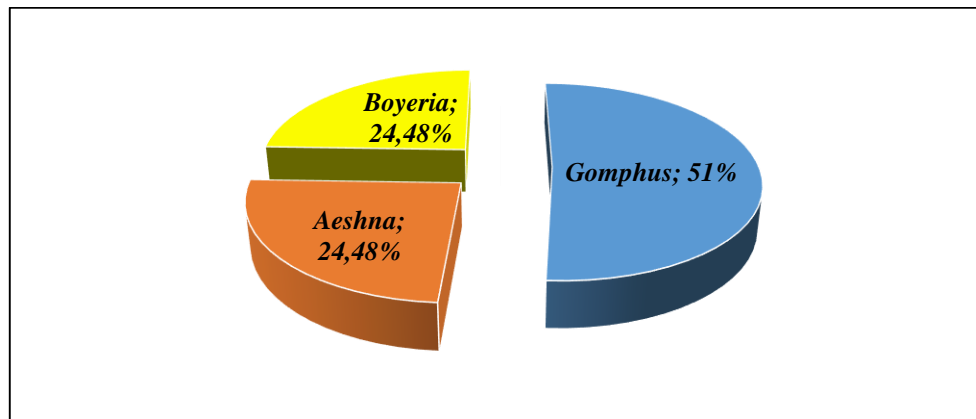


Figure 30 : Répartition des Odonates.

Les Odonates sont très peu abondants et fréquents. Ils ont été récoltés dans toutes les stations en très petit nombre (figure 31).

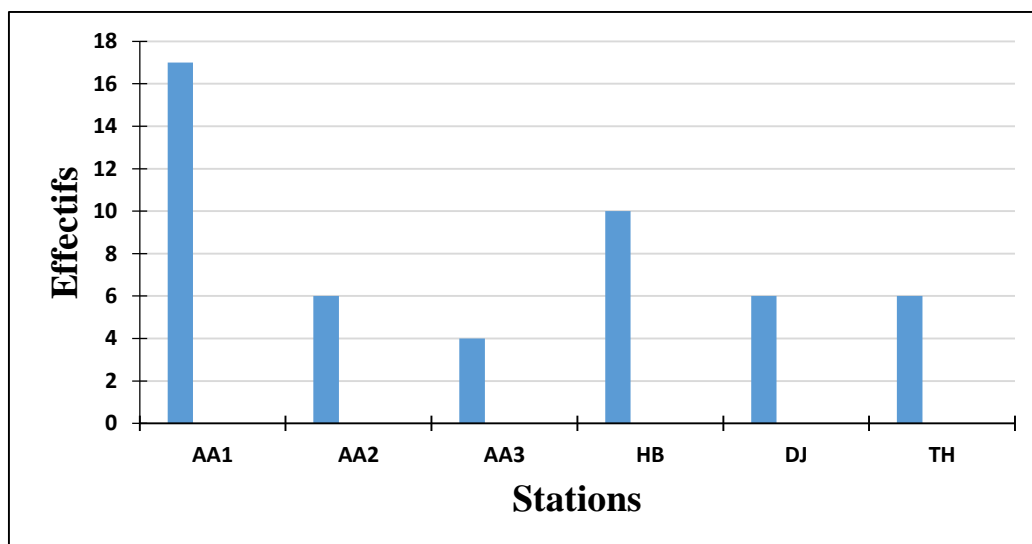


Figure 31 : Abondances des Odonates dans les stations étudiées.

3.2.9. Les autres groupes zoologiques

❖ Les Crustacés

Les Crustacés sont représentés par 23 individus, soit 0,08% de la faune totale. Ils appartiennent à une seule famille et un seul genre : Potamonidae (*Potamus*).

Dans les milieux prospectés, les Crustacés montrent une préférence pour les habitats d'altitude, à eau fraîche coulant sur un substrat grossier (galet, gravier) ; cas des stations AA1 et AA3.

❖ Les Mollusques

Les Mollusques ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental car la teneur en calcium, la nature du substrat et la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur le développement et la répartition des éléments de ce groupe dans les hydrosystèmes.

Dans le cours d'eau étudié, seuls 49 individus ont été récoltés. Ils appartiennent à la famille des Ancyliidae genre (*Ancylus*). Ils sont notés aux stations AA1, AA2, HB et TH.

❖ Les Hyménoptères

Les Hyménoptères sont très peu abondants et peu fréquent dans nos récoltes. Ils sont représentés par 6 individus (soit 0,02% de la faune totale) appartenant à la famille Agriotypidae (*Agriotypus*).

Ils ont été récoltés uniquement dans la station AA1.

❖ Les Mégaloptères

Les Mégaloptères représentent 0,04% de la faune totale (11 individus) appartenant à la famille Sialidae (*Sialis*). Ils sont présents dans une seule station (HB).

❖ Les Trichlades

Les Trichlades également ne représentent que 0,08% de la faune totale (22 individus) de la famille Dugesidae (*Dugesia*). Ils sont récoltés dans la station HB.

❖ Les Hydracariens

Nous avons récolté 46 individus d'Hydracariens, soit 0,17% de la faune totale. Leur répartition est hétérogène, leur développement semble important dans les secteurs de moyenne et basse altitude, riches en matière organique (AA3, HB et TH).

❖ Les Arachnides

Les arachnides sont également rares dans nos récoltes. 42 individus récoltés dans une seule station (TH).

❖ Les Sangsue

Seulement 5 individus de la famille Hirudidae (*Erpobdellidae*) ont été recensés au niveau de la station AA2.

A decorative border of black maple leaves surrounds the text. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a horizontal row at the top and bottom, and vertical columns on the left and right sides.

Chapitre IV

Evaluation de la qualité biologique de l'eau

L'évaluation de la qualité biologique de l'eau est fondée sur un principe général selon lequel chaque type de milieu naturel possède une communauté d'organisme « biocénose » caractéristique, tout appauvrissement de la biocénose naturelle traduit donc une perturbation.

La qualité hydro-biologique d'un cours d'eau s'attache à analyser la présence d'organismes aquatiques. En effet, ces derniers intègrent les variations de la qualité de l'eau et ceci sur des périodes plus ou moins longues. Ils se révèlent comme d'excellents bio-indicateurs.

Ainsi, à ce titre, divers indices biologiques ont été créés. Ils permettent de connaître l'impact de la pollution sur le milieu vivant et de diagnostiquer une pollution de l'eau d'origine chimique, organique ou une dégradation globale de l'habitat.

Les organismes utilisés sont appelés indicateurs biologiques ou bio-indicateurs. BLANDIN (1986) in GENIN et al. (2003), définit l'indicateur biologique comme « une population ou un ensemble de populations, qui par ses caractéristiques qualitatives ou quantitatives témoignent de l'état d'un système écologique et qui par des variables de ses caractéristiques, permet de détecter d'éventuelles modifications du milieu ».

Les altérations du milieu, qui se traduisent par l'évolution de certains facteurs biologiques, provoquant alors des modifications plus ou moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge.

L'analyse de la composition d'un répertoire faunistique considéré isolément permet de définir l'état du milieu tandis que l'analyse comparative « amont –aval » permet d'évaluer l'effet des changements de l'environnement qui affectent les communautés.

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

4.1. Domaines d'application de l'IBGN et du BMWP'

L'indice IBGN est basé sur les communautés de macro-invertébrés benthiques. Ces derniers sont placés relativement haut dans l'échelle de la complexité des organismes aquatiques. De plus, leurs modes nutritionnels sont diversifiés ce qui leur permet une colonisation de tous les types d'habitats. Leur pouvoir intégrateur des dysfonctionnements du milieu aquatique est donc très fort. Ces considérations font de l'IBGN l'indice le plus globalisant de l'écosystème aquatique d'eau douce. Il révélera donc une qualité générale du cours d'eau en intégrant le potentiel habitat.

Le principe de cette méthode repose sur la macrofaune benthique prélevée directement sur le terrain, selon un protocole d'échantillonnage standardisé en tenant compte des différents types d'habitats. Les diagnostics sont le plus souvent fondés sur l'analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques (inféodés au substrat).

Leurs identifications fournissent des indications sur la qualité du milieu par la présence ou l'absence des groupes faunistiques indicateurs (HAOUCHINE, 2011).

Le BMWP' a été développé en Angleterre dans les années 1970 (GONCALVES et MENEZES, 2011).

Il fournit des valeurs uniques, au niveau de la famille, représentatives de la tolérance de l'organisme à la pollution. Plus leur tolérance à la pollution est grande, plus le score BMWP' est bas. Cet indice ne prend en compte ni le nombre d'individus récoltés ni la variabilité taxonomique.

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

4.2. Calcul de l'I.B.G.N et du B.M.W.P'

L'IBGN est établi à partir du tableau rapporté en annexe 02 « Valeurs IBGN » (extrait de la norme AFNOR T90 -350-déc. 1992 C AFNOR) comprenant en lignes 9 groupes faunistiques indicateurs et en colonnes 14 classes de variétés taxonomiques.

Pour cela, on détermine successivement :

- La variété taxonomique de l'échantillon (Σt) qui est égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par 1 seul individu. Elle donne

essentiellement des renseignements sur la variété des habitats présents dans les cours d'eau étudiés.

- Le groupe faunistique indicateur (GI) en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans l'échantillon par 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

La détermination du GI s'effectue en prospectant les colonnes du tableau de haut en bas et en sélectionnant le taxon qui représente le degré de polluo-sensibilité le plus élevé de l'échantillon intégral de la station étudiée.

L'indice (valeur de l'IBGN) peut alors être lu par le croisement de la colonne de variétés taxonomique et de la ligne du groupe faunistique indicateur.

Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon de cours d'eau est affecté d'une couleur suivant la valeur de l'IBGN (Tableau 15).

Tableau 15 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90-350, 1990).

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

HC : Hors Champ.

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe 1A (couleur bleue) indique une eau de qualité excellente (absence de pollution);
- Classe 1B (couleur verte) indique une eau de bonne qualité (avec une pollution modérée) ;
- Classe 2 (couleur jaune) indique une eau de qualité moyenne (avec une pollution nette);
- Classe 3 (couleur orange) indique une eau de qualité médiocre (avec une pollution importante) ;
- Hors classe 4 (couleur rouge) indique une mauvaise qualité (avec une pollution excessive).

Pour l'indice BMWP', les familles des macroinvertébrés sont classées en 10 groupes suivant un gradient de tolérance vis-à-vis de la contamination de l'eau (ARMITAGE *et al.*, 1983), ainsi on attribue à chaque famille un nombre de points qui est ≤ 10 suivant son degré de polluo-sensibilité. Cette ponctualité va nous permettre de comparer le degré de pollution dans les différentes stations d'échantillonnage (tableau en annexe 03).

Après identification des macro-invertébrés benthiques jusqu'aux familles, on dresse la liste des groupes zoologiques existants dans la station. En cherchant la ponctuation attribuée aux différentes familles, nous allons pouvoir trouver la valeur du BMWP' et ceci en faisant la somme des points correspondants à chacune d'entre elles. Cette valeur va correspondre à une classe de qualité que l'on cherche dans le tableau 16 (qualité de l'eau en fonction du BMWP').

Tableau 16 : Qualité de l'eau en fonction du BMWP'.

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

La définition des classes de qualité est la suivante :

- Classe I (couleur bleu) : qualité bonne (absence de pollution) ;
- Classe II (couleur verte) : qualité passable (pollution modérée) ;
- Classe III (couleur jaune) : qualité douteuse (pollution nette) ;
- Classe IV (couleur orange) : qualité critique (pollution importante) ;
- Classe V (couleur rouge) : qualité très critique (pollution excessive).

4.3. Résultats obtenus à partir de l'IBGN et du BMWP'

Le tableau 17 et la figure 34 résument les résultats d'analyses hydrobiologiques (altitudes, diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur de l'IBGN et du BMWP' et classe de qualité de l'eau).

Les résultats des analyses sont obtenus en intégrant deux facteurs déterminants :

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

Ainsi, l'appréciation de la qualité hydrobiologique est estimée à partir de l'examen de macro-invertébrés benthiques.

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

Tableau 17 : Qualité hydrobiologique des stations étudiées.

Stations	AA1	AA2	AA3	HB	DJ	TH
Alt (m)	1200	920	750	460	350	180
Nombre de taxons	29	17	21	31	15	20
Groupe indicateur	9	7	9	8	8	4
IBGN	17	12	13	16	12	9
Classe de qualité	1A	2	1B	1B	2	2
Qualité de l'eau	Très bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne
Couleur	Bleu	Jaune	Vert	Vert	Jaune	Jaune
Qualité hydrobiologique	Excellente	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne
Pollution	Absente	Nette	Modérée	Modérée	Nette	Nette
Classe de qualité	I	II	I	I	III	II
Qualité de l'eau	Bonne	Passable	Bonne	Bonne	Douteuse	Passable
Score	115	92	109	137	49	66
Couleur	Bleu	Vert	Bleu	Bleu	Jaune	Vert

Tableau 18 : Comparaison des résultats des deux indices étudiés.

Stations	IBGN	BMWP'
AA1	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 29 ; - Groupe indicateur : 9 ; - Valeur de l'IBGN : 17 ; - Classe de qualité : 1A ; - Qualité de l'eau : Excellente ; - Couleur : Bleu. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique 29 ; - Score : 115 ; - Classe de qualité : I ; - Qualité de l'eau : Bonne ; - Couleur : Bleu ; - Signification : eau très propre (primitif). <p>Système non polluée et ou raisonnablement altéré.</p>
AA2	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 17 ; - Groupe indicateur : 7 ; - Valeur de l'IBGN : 12 ; - Classe de qualité : 2 - Qualité de l'eau : Moyenne ; - Couleur : Jaune. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 17 ; - Score : 92 ; - Classe de qualité : II ; - Qualité de l'eau : Passable ; - Couleur : Vert ; - Signification : Evidence des effets doux de la pollution.
AA3	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 21 ; - Groupe indicateur : 9 ; - Valeur de l'IBGN : 13 ; - Classe de qualité : 1B ; - Qualité de l'eau : Bonne ; - Couleur : Vert. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 21 ; - Score : 109 ; - Classe de qualité : I ; - Qualité de l'eau : Bonne ; - Couleur : Bleu ; - Signification : eau très propre (primitif). <p>Système non polluée et ou raisonnablement altéré.</p>
HB	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 31 ; - Groupe indicateur : 8 ; - Valeur de l'IBGN : 16 ; - Classe de qualité : 1B ; - Qualité de l'eau : Bonne ; - Couleur : Vert. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 31 ; - Score : 137 ; - Classe de qualité : I ; - Qualité de l'eau : Bonne ; - Couleur : Bleu ; - Signification : eau très propre (primitif). <p>Système non polluée et ou raisonnablement altéré.</p>
DJ	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 15 ; - Groupe indicateur : 8 ; - Valeur de l'IBGN : 12 ; - Classe de qualité : 2 ; - Qualité de l'eau : Moyenne ; - Couleur : Jaune. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 15 ; - Score : 49 ; - Classe de qualité : III ; - Qualité de l'eau : Douteuse ; - Couleur : Jaune ; - Signification : eau polluée (système altéré).
TH	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 20 ; - Groupe indicateur : 4 ; - Valeur de l'IBGN : 9 ; - Classe de qualité : 2 ; - Qualité de l'eau : Moyenne ; - Couleur : Jaune. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité taxonomique : 20 ; - Score : 66 ; - Classe de qualité : II ; - Qualité de l'eau : Passable ; - Couleur : Vert ; - Signification : Evidence des effets doux de la pollution.

À la lecture du tableau 18 nous constatons que :

La station AA1 présente une excellente qualité hydrobiologique (IBGN = 17, Classe 1A), avec une importante variété taxonomique (29 taxons) et un groupe indicateur élevé (GI = 9) indiquant que la qualité de l'eau et du milieu est excellente (absence de pollution), comparé aux résultats obtenus par HINI & HOUACINE (2011) qui ont obtenu une qualité hydrobiologique bonne (IBGN = 15, classe 1B) et une variété taxonomique de 23 taxons ; nous constatons une légère amélioration de la qualité de l'eau et du milieu dans cette station.

Cette station abrite des peuplements très diversifiés, avec des familles de différents ordres caractérisant le milieu et occupant de façon optimale les macro-habitats. Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés (de 7 à 9) ont été dénombrés (Perlidae, Perlodidae, Brachycentridae, Leptophlebidae) confirmant l'excellente qualité hydrobiologique pour cette station.

Pour les deux stations : AA3 et HB, nous avons obtenu une qualité hydrobiologique bonne avec un IBGN allant de 13 à 16, une classe de qualité 1B et une variété taxonomique moyenne à élevée (AA3 : 21 ; HB : 31) donc une pollution modérée.

Pour la station HB nous remarquons une légère altération de la qualité hydrobiologique par rapport aux résultats de HINI & HOUACINE (2011) qui ont noté une qualité de l'eau excellente (IBGN = 17, classe de qualité = 1A).

Ces secteurs sont de moyenne altitude (460m à 750m), caractérisés par un substrat plus ou moins grossier (hétérogène) et une profondeur moyenne de 40 à 45 cm. Ils constituent des milieux particuliers abritant une faune diversifiée particulière.

Quant aux stations AA2, DJ et TH, elles représentent une qualité hydrobiologique moyenne avec une valeur d'IBGN située entre 9 et 12, une diversité taxonomique variant de 15 à 20. Un groupe indicateur entre 4 et 8, une classe de qualité 2 indiquant une légère altération de la qualité de l'eau et du milieu.

La station TH connaît une dégradation de la qualité hydrobiologique qui est passée de bonne à moyenne (HINI & HOUACINE., 2011 ; IBGN = 13, classe de qualité = 1B).

La station AA2 est une station alticole (920 m), considérée comme une source ; mais qui représente une classe de qualité hydrobiologique moyenne, qui est dû à la pollution et la dégradation du milieu par les rejets urbains et domestiques constatés au niveau de la station.

Les familles présentes au niveau de ces trois stations sont peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et du milieu, elles appartiennent à des groupes plus au moins pollueurésistants.

Les groupes faunistiques les plus abondants dans ces stations sont les Vers (Naididae), les Ephéméroptères (Baetidae), les Diptères (Simuliidae et Chironomidae). Ce sont des taxons détrivores qui indiquent une qualité du milieu plus ou moins altérée.

Les stations AA1, AA3 et HB représentent une bonne qualité hydrobiologique (valeurs du BMWP' entre 109 et 137), de classe de qualité I qui signifie une eau propre (primitif) donc un système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.

La bonne qualité de ces stations est attribuée au fait qu'elles sont situées dans les cours d'eau supérieurs et moyens du réseau hydrographique de la région d'étude dont les eaux sont exemptes de pollution, ce qui permet l'installation d'une faune diversifiée, avec une prédominance des espèces plluosensibles.

Les stations AA2 et TH sont d'une qualité hydrobiologique passable avec un BMWP' de 92 et 66, une classe de qualité II, une variété faunistique de 17 et 20 taxons. Ces stations présentent une évidence des effets doux de la pollution.

Quant à la station DJ, elle présente une qualité hydrobiologique douteuse de classe III avec un BMWP' = 49, ce qui signifie une eau polluée (pollution nette) et système altéré. Cette qualité est liée à la présence d'un peuplement déséquilibré composé principalement de taxons indiquant un milieu altéré.

A decorative border of black and white line-art maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a horizontal row at the top, a vertical column on the left, a vertical column on the right, and a horizontal row at the bottom. The word "Discussion" is centered in the middle of the page, rendered in a large, orange, serif font with a thin orange underline. The background is plain white.

Discussion

Sur les figures 32, 33 et 34, sont représentés les résultats des analyses hydrobiologiques : altitude, richesse taxonomique, groupe indicateur, valeurs de l'IBGN et valeurs du BMWP'.

L'étude de la qualité hydrobiologique de ce cours d'eau par les approches biologiques (IBGN et BMWP') montre une hétérogénéité de la qualité de l'eau : très bonne à moyenne.

Les résultats montrent une dégradation de la qualité entre les stations de l'amont et les stations de l'aval.

En effet, la station AA1 dont la classe de qualité est de 1A et une excellente qualité hydrobiologique, groupe indicateur élevé (GI = 9) et un score de 115, avec une présence de plusieurs groupes faunistiques lié à une diversification du milieu ; un nombre important de macro-habitats pour la faune benthique exigeante et indicatrice de qualité biologique excellente et exempte de toute pollution.

Cette station semble préserver un état naturel, favorable au maintien d'une faune diversifiée essentiellement polluo-sensible pour la plupart. Les peuplements sont très diversifiés avec des familles de différents ordres.

Puis une bonne qualité hydrobiologique (pour les deux indices) pour les stations AA3 et HB, dont la classe de qualité est de 1B (IBGN) et I (BMWP') montrant une très légère baisse de qualité de l'eau et de l'habitat par rapport à la station précédente. La richesse taxonomique assez élevée (21 et 31 taxons) ainsi que les groupes indicateurs (GI : 8 et 9), score également élevé (109 et 137). La présence de taxons polluo-sensible (Plécoptères) indique une qualité de l'eau et du milieu tout à fait correcte.

Enfin, une qualité hydrobiologique moyenne pour les secteurs des stations AA2, DJ et TH, dont la classe de qualité est de 2 pour l'IBGN. Quant au BMWP', il indique une qualité de l'eau passable pour les stations AA2 et TH avec un score de 92 et 66 et une classe de qualité II qui met en évidence les effets doux de la pollution due aux rejets urbains. Mais pour la station DJ, il indique une qualité de l'eau douteuse pour une classe de qualité de III et un score de 49 ce qui signifie une eau polluée et un système altéré.

En effet, on constate une baisse de la diversité taxonomique liée à l'uniformisation du milieu limitant les microhabitats. Nous avons donc une présence d'un peuplement déséquilibré. La plupart des familles présentes sont ubiquistes dans leur distribution et peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et du milieu.

Conclusion

Les deux indices biologiques appliqués dans notre travail (IBGN et BMWP') ont mis en évidence une certaine concordance entre les résultats. Contrairement aux résultats obtenus par AIT OUKLI (2014) et MEGCHICHE & AIT ALI (2020) qui ont noté une divergence entre les résultats des deux indices appliqués dans leurs travaux.

En effet, pour les stations AA1, AA3 et HB, nous avons constaté que l'IBGN a donné une qualité excellente (AA1) et bonne (AA3 et HB) et de même pour le BMWP' qui a indiqué une bonne qualité pour les trois stations.

Pour le reste des stations ; l'IBGN indique une qualité moyenne (AA2, HB, DJ et TH) et le BMWP' une qualité passable, sauf pour la station DJ où il indique une qualité douteuse.

À l'issue des résultats de notre travail, nous pouvons dire que la différence entre les résultats est très faible voir négligeable. Cette légère différence peut être liée aux méthodes de chaque indice, étant donné que le BMWP' se base uniquement sur la liste des familles des macroinvertébrés et le score donné pour chacune, alors que l'IBGN inclut la liste des familles et la richesse taxonomique pour chaque station. Mais cela ne suffit pas pour dire que l'IBGN est plus précis que le BMWP' puisque les résultats sont très proches.

Ainsi, nous pouvons dire que l'analyse et l'évaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau de l'Oued Sébaou et ses principaux affluents, peut se faire aussi bien par la méthode IBGN que par la méthode BMWP', elles peuvent être considérées comme complémentaires pour une bonne analyse et des résultats plus cohérents et plus précis.

La méthode BMWP' devrait être plus généralisée vu sa facilité d'utilisation et son faible coût, cette méthode a été utilisée dans de nombreux pays d'Afrique, d'Asie, d'Océanie et d'Amérique latine (CHANG *et al.*, 2014).

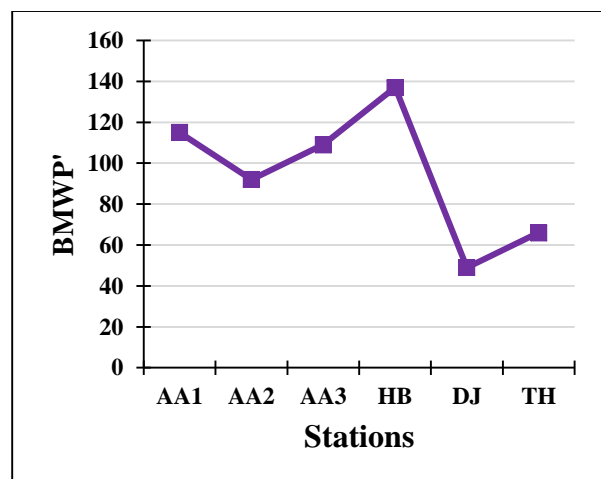
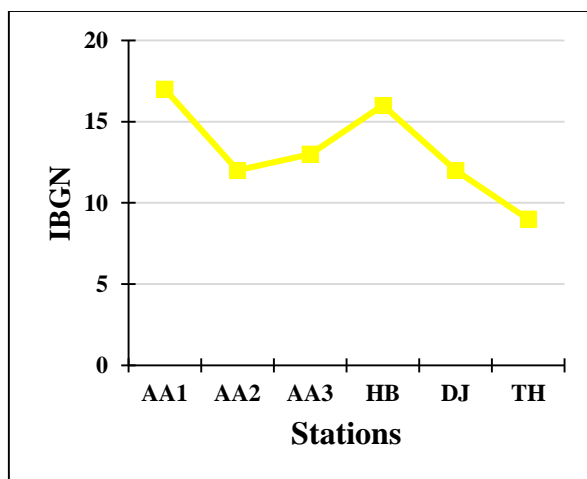
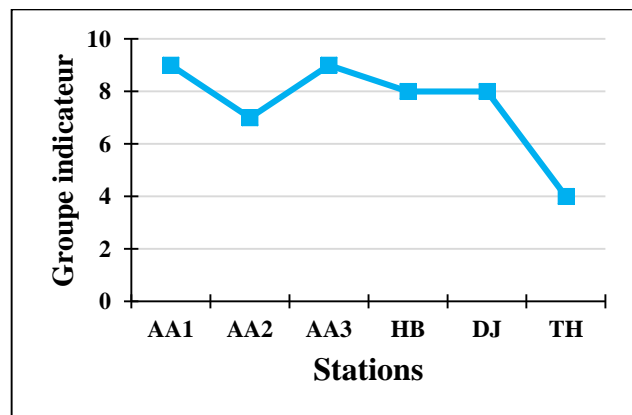
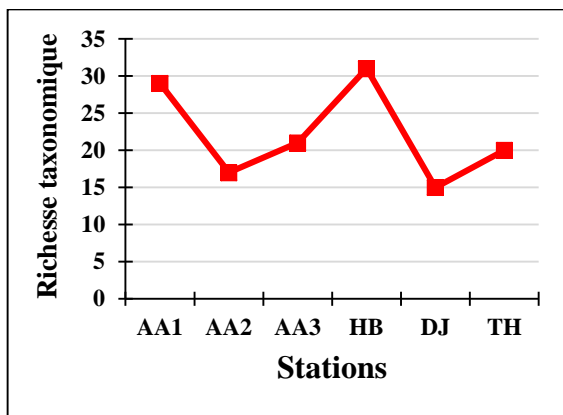
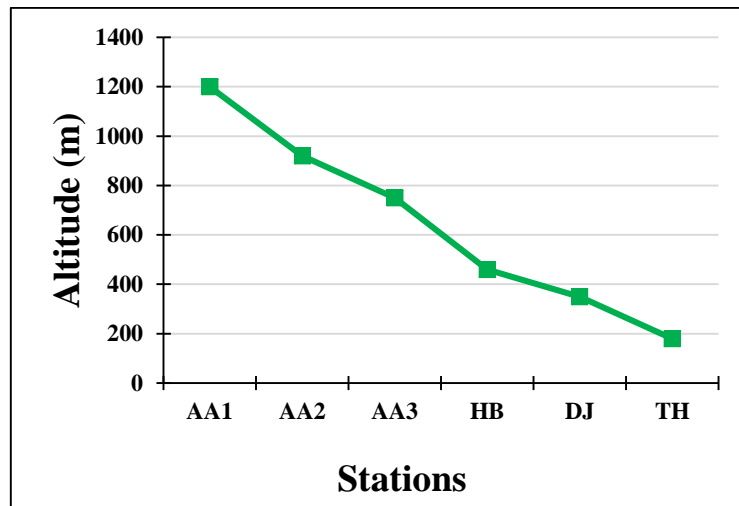


Figure 32 : Analyse hydrobiologique des stations étudiées.

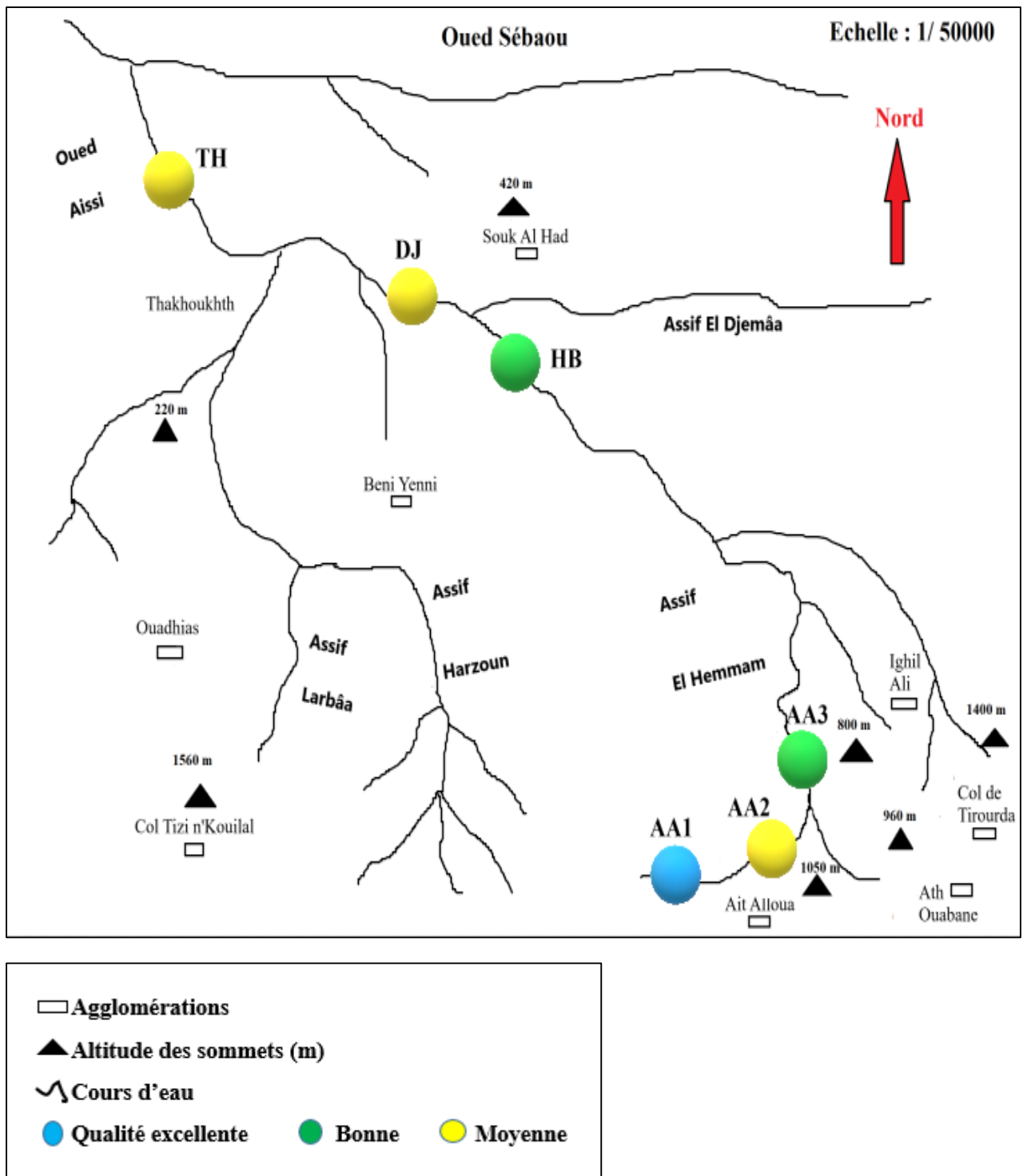


Figure 33 : La qualité hydrobiologique des stations étudiées (méthode IBGN).

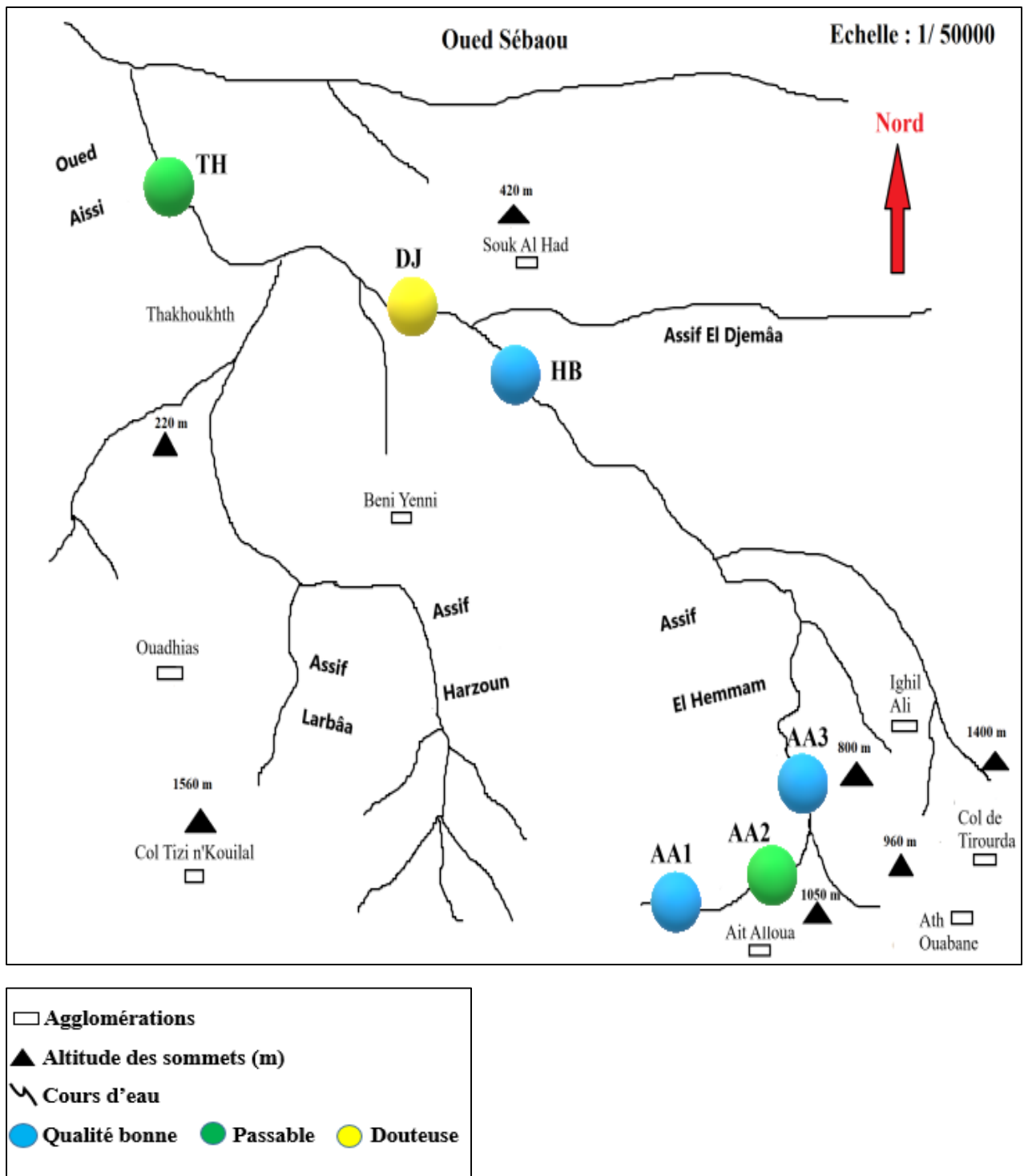


Figure 34 : La qualité hydrobiologique des stations étudiées (méthode BMWP').

A decorative border of black maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a single row of leaves along the top and bottom edges, and vertical columns of leaves along the left and right edges.

Conclusion

La faune benthique récoltée dans le cadre de ce travail se compose de 27 446 individus répartis en 16 groupes zoologiques (51 familles et 57 genres). Ils sont récoltés dans 6 stations le long du cours d'eau du sous bassin versant de l'Oued Aissi, échelonnés entre 180m et 1200m d'altitude.

Les Diptères avec 13303 individus (soit 48,46% de la faune totale) sont largement dominants sur le plan numérique et sont abondants dans toutes les stations. Ils sont représentés essentiellement par les Simuliidae avec 12019 individus, soit 43,79% du total des Diptères.

Les Ephéméroptères avec 12850 individus (soit 46,82% de la faune totale) occupent la seconde place. Ils sont dominés par les Baetidae avec 12216 individus (44,51% des Ephéméroptères).

Les autres groupes zoologiques ne constituent que 4,72% de la faune totale récoltée.

Les Trichoptères, les Plécoptères, les Vers et les Coléoptères occupent respectivement la troisième, la quatrième, la cinquième et la sixième place par ordre d'abondance, ils constituent respectivement 1,33% (365 individus), 0,98% (268 individus), 0,67% (183 individus) et 0,64% (175 individus) de la faune totale.

Quant aux Hétéroptères, Mollusques, Hydracariens, Arachnides, Odonates, Crustacés, Trichlades, Mégaloptères, Hyménoptères et les Sangsues sont très rares dans nos récoltes, ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'analyse de la structure du peuplement du cours d'eau étudié a permis de montrer que les zones de haute altitude sont les plus diversifiées. La grande diversité des habitats ainsi que leurs conditions écologiques favorables ont permis le développement d'une communauté riche en espèces et assez équilibrée. Ceci montre que le peuplement benthique a pu garder une certaine originalité et n'a pas encore été notablement perturbé. En revanche, dans les zones de basse altitude, la faible diversité est à lier aux impacts négatifs des différentes activités humaines : rejets urbains et domestiques, extraction de sable, margine des huileries et pompage de l'eau.

L'indice de SHANNON et WEAVER montre une fluctuation de la diversité dans les stations étudiées, les valeurs varient entre 1,16 et 2,38.

L'indice d'équitabilité révèle que les taxons sont en déséquilibre entre eux dans certaines stations présentant des perturbations diverses en menant à la prolifération des espèces

polluo-résistantes (Simuliidae, Chironomidae et Baetidae) et la diminution, voir la disparition des taxons polluo-sensibles (Plécoptères).

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de cette étude approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) ; a fait apparaître clairement les relations entre les variables d'une part, et la distribution des stations compte-tenu de l'ensemble de leurs caractéristiques environnementales d'autre part. Elle a également permis de mettre en évidence l'opposition entre les stations les plus en altitude et les stations de moyenne et basse altitude.

L'utilisation des deux méthodes indicielles (IBGN et BMWP') pour évaluer la qualité de l'eau, met en évidence une concordance des résultats obtenus par les deux méthodes et ceux obtenus par l'analyse numérique et statistique de la biocénose. Donc, on peut considérer ces deux méthodes comme complémentaires dont le but est d'affiner le diagnostic et de confirmer les résultats obtenus.

L'évaluation de la qualité hydrobiologique du cours d'eau échantillonné, appréciée par les méthodes IBGN et BMWP' ; a montré une variation de la qualité de l'eau et du milieu d'excellente à douteuse.

La détection lors de cette étude, d'une pollution plus ou moins marquée le long du cours d'eau du sous bassin versant de l'Oued Sébaou (atteint même les sources : cas de la station AA2), est certes très alarmante, car il ne peut tolérer indéfiniment les effets de plus en plus accentués des divers rejets provenant des nombreux villages périphériques et aux diverses activités anthropiques.

À cet effet, il paraît très urgent de mettre en place des plans d'action pour remédier à cette situation, et pour mieux préserver les réseaux hydrographiques et la faune présente :

- Il est important et indispensable de prospecter plusieurs réseaux hydrographiques à des périodes différentes afin de voir l'effet espace et temps sur la faune benthique mais aussi sur la qualité de l'eau ;
- Surtout réglementer les prélèvements de sable des oueds et le pompage des eaux ou même les interdire ;

- Interdire l'implantation d'unités industrielles à caractère polluant qu'après étude d'impacts ;
- Doter les unités industrielles dont les rejets dépassent les normes admissibles de stations d'épuration ;
- Doter les huileries existantes d'un système de traitement de la margine avant le rejet dans le milieu récepteur ;
- Enfin faire en sorte que le raccordement à l'égout et l'installation des stations d'épuration des eaux usées soit une obligation légale.

Reste qu'à notre avis, la meilleure barrière protectrice pour la nature en général, est la sensibilisation aux différents dangers qui guettent la planète et l'écosystème, et surtout une éducation écologique précoce.



Bibliographie

- ABDESSELAM M., 1995.** Structure et fonctionnement d'un kart de montagne sous climat méditerranéen : exemple de Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse Doctorat, en science de la terre, université de France : 233p.
- AGUESSE P., 1968.** Les Odonates. Masson. Paris, 225p.
- AIT MOULOUD S., 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologies Houari Boumediene. Institut des Sciences de la Nature, d'Alger, Algérie, 118p.
- AIT OUKLI T., 2014.** Faunistique et écologie des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Sébaou (Tizi-Ouzou) et évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques. Mmémoire Master UMMTO : 55p.
- ANGELIER E., 2000.** Ecologie des eaux courantes. Edit Tec et Doc. 2ème tirage : 199 p.
- ARMITAGE P.D., MOSS D., WRIGHT J.F., FURSE M.T., 1983.** The performance Of a ne biological water quality score system based on macro-invertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Water Research*, 17, 333-347.
- BABACI S. et MOUSSAI A., 2020.** Contribution à l'étude des macros invertébrés dans la région Ouest de Chott El Hodna (M'sila). Mmémoire Master UMBM, M'Sila : 58p.
- BARBAULT R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson éd., paris : 208 p.
- BEISEL J.N., USSEGLIO-POLATER P., THOMAS S. & MORETEAU J.C., 1998.** Influence de l'échantillonnage des communautés macrobenthiques sur l'évaluation de la qualité biologique d'un cours d'eau. *Annls. Limnol*, 34, 445-454.
- BENSIDHOUM M., 2010-** Stratégie d'occupation de l'espace et écologie trophique de la Genette *Genetta genetta* L. 1758 dans la forêt de Darna. Djurdjura oriental, Algérie. Thèse Magister, UMMTO : 101 p.
- BERTHELMY C., 1979.** Elmidae de la région paléarctique occidentale ; systématique et répartition (Coleoptera, Dryopoidae). *Annls, Limnol.*, 15(1), 1-103.
- BERTRAND H., 1972.** Larve de nymphe des Coléoptères aquatiques du globe. F. Paillart, Imp. Paris : 804p.
- BLONDEL J., 1979.** Biogéographie et écologie. Masson ed., Paris : 173p.
- BOUDJEMA S., 2010.** Etude perspective de l'état de l'environnement en Algérie : cas de bassin versant du Sébaou, wilaya de Tizi-Ouzou : 144p.
- BOULUNIER T., Nichols JD., Sauer JR., Hines JE & Pollock KH., 1998.** Estimating species richness : the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology.*, 73, 1018-1028.
- BOURICHE W., 2017.** Bio-écologie des Ephéméroptères du bassin versant de la Tafna : famille des Baetidae. Mémoire Master UNIVERSITE de Tlemcen : 88p.

- CHANG F., LAWRENCE J.E., RIOS-TOUMA B., RESH V.H., 2014.** Tolerance values of benthic macroinvertebrates for stream biomonitoring : assasement of assumptions underlying scoring systems worldwide. *Environmental Monitoring and Assasement*, 2135-2149.
- CHAUMONT M. et PAQUIN C., 1971.** Centre pluviométrique de l'Algérie au 1/500 000 avec notice explicative. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* : 24p.
- CONSIGLIO C., 1963.** Plecoptteri delle isole del mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, 70- 71, 147-158.
- DAJOZ R., 1979.** Précis d'écologie. Paris. G.V : 549 p.
- DAJOZ R., 1985.** Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquées. 5 ème édition. Gauthier Villard. Paris : 505p.
- DAJOZ R., 2000.** Précis d'écologie Cours et Exercices résolus. 7ème édition. Dunod, Paris : 613p.
- DERRIDJ A., 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* en Algérie. Thèse Doctorat en sciences, université Paul Sabatier, Toulouse : 288p.
- ECHAUBAR M. & NEVEU A., 1975.** Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couse Pavin (PUY- DE- DOME), dues aux pollutions agricoles et urbaines. *Lab. De Zool, Biol animal et écologique. INA- INRA* : 24p.
- FERRITO V., 1994.** Les macroinvetébrés benthique de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents. *Annl. Limnol.*, 30 (1), 33-56.
- FLANDRIN J., 1952.** La chaine du Djurdjura : monographies régionales ; XIX congres géologiques internationales, Algérie 1ère série. 19, p 49.
- GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B., 1988.** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I.- Répartition et écologie (1ère partie) (Insecta,Ephemeroptera). *Bull.Soc. Hist.nat. Toulouse*, 124, 275-284.
- GELARD J.P., 1979.** Géologie du N.E de la Grande Kabylie (Algérie). Thèse Doctorat en science, Univesité Dijon : 335p.
- GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F., 2003.** Cours d'eau et indices biologique. Pollution –méthodes-IBGN.2ème édition educagri : 215 p.
- GHISLAIN DM., 2006.** Les eaux continentales, Rapport sur la science et la technologie N°25.Académie des sciences, 329 p.
- GONCALVES F.B. & MENEZES M.S., 2011.** A comparatives analysis of biotic indices that use macroinvertabrates to assess water quality in a coastal river of Parana state, southen Brazil. *BiotaNeotrop*, vol. 11, no 4.
- HAFIANE M., HAMZAOUI D., BOUCHELOUCHE D., MEBARKI M., et ARAB A., 2013.** Application de l'I.B.G. N et du B.M.W.P' sur un oued temporaire d'Algérie. USTHB FBS- 4th. International Congress of the Populations & Animals Communities « Dynamics & Biodiversity of the terrestrial Ecosystems ».

- HAOUCHINE S., 2011.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse Magister UMMTO : 106p.
- HINI S. & HOUACINE O., 2011.** Etude de la faune benthique de deux affluents de l'oued Aissi (assif el Djemâa et assif Harzoun) et évaluation de la qualité de l'eau par la voie biologique. Mémoire Master U.M.M.T.O : 72p.
- HYNES H.B.N., 1970.** The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool : 555p.
- ILLIES J., & BOTOSANEANU L., 1963.** Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. Mitt. Int. Verein. Théor. Angew. Limnol. 12, 1-57.
- ITCHIR O. et LACHEBI L., 2015.** Etude hydrobiologique de l'Oued Mechtras : faunistique et évaluation biologique de la qualité de l'eau. Mémoire Master UMMTO : 74p.
- KOUMBA M., MIPOUNGA H., KOUMBA A., KOUMBA C., MBOYE B., LIWOUWOU J., et al. (2017).** Diversité familiale des macro invertébrés et qualité, 108-109.
- LAMINE S., 2020.** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, 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.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1979.** Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2eme Edition Masson, Paris : 206 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-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.
- 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 (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du nord (Plecoptera), Ephemera, 6(2), 109-124.
- MADANI R. et MOUSSOUS L., 2016.** Etude des Diptères Simuliidae de la Kabylie. Mémoire Master UMMTO : 77p.
- MEBARKI M., 2001.** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sebaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister.

- MEGCHICHE D., et AIT ALI M., 2020.** Evaluation biologique de la qualité de l'eau de quelques cours d'eau du sous bassin versant de l'Oued Aissi ; Mémoire Master UMMTO : 75p.
- MINSHALL G.W., 1984.** Aquatic Insect substratum relationships. In 'the ecology of aquatic insects'. Resh V.H and Rosenberg D.M., Praeger, New York, 358-400.
- MOISAN J., GAGNON E., PELLETIER L. & PIEDBOEUF N., 2006.** Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction de suivi de l'état de l'environnement, ministère de développement durable, de l'environnement et des parcs, ISBN, p 82.
- PIELOU E. C., 1969.** An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New-York : 286 p.
- POISSON R., 1957.** Héteroptères aquatiques. In P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S. (Paris), 61 : 264p.
- QUEZEL P., 1957.** Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. Encycl. Biogeogr. Ecol., Ed le chevalier, Paris : 463p.
- RAMADE F., 2003.** Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. 3èmedition. Dunod. Paris : 190 p.
- RAYMOND D., 1976.** Evaluation sédimentaire et tectonique du Nord- Ouest de la grande Kabylie au cours du cycle alpin. Thèse de doctorat en sciences, paris : 154p.
- RODIER J., 1996.** -L'analyse de l'eau : eaux naturelles résiduaires, eau de mer. 8ème édition. Dunod : 1383p.
- SEKHI S., 2010.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B : 117p.
- SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Meteor. Phys. Du Globe, Univ. Alger. Fasciculehors série : 219p.
- SHANNON C.E. & Weaver W., 1963.** The mathematical theory of communication. Urbane : University of Illinois Press : 117p.
- 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.
- THIEBAULT, J. 1952.** Socle métamorphique en Grande Kabylie. Monographie régionale ; XIX congrès géologiques international, Algérie. 1ère série (4) : 43p.
- THOMAS A.G.B., 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie des insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Thericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 330p.
- THOMAS A., 1998.** A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bull. Soc. HIST. NAT.; Toulouse. 134, 13-20.

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

TOWNSEND C.R., 1989- The patch dynamics concept of stream ecology. J.N.Am. Bnethol.Soc., 8(1), 36-50.

TOXNSEND C.R Et HILDREW A.G., 1996- Longitudinal pattern in dtritivores of acid streams : à consideration of alternative hypotheses. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnom., 22, 1953-1958.

YAKOUB B., 1985. Contribution à l'étude hydrogéographique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Magister. Univ Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.

VERNAUX J., 1980. Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales : Les principales méthodes biologiques. Ed. Gauthier-Villars (Paris) : 345p.

YAKOUB B., 1996. Le problème de l'eau en grande Kabylie. Le bassin versant du Sébaou et la Wilaya de Tizi-Ouzou. Edité par l'Université de Tizi-Ouzou : 210p.

A decorative border of black maple leaves surrounds the page. The leaves are arranged in a rectangular frame, with a single row of leaves along each side. The word "Annexes" is centered in the middle of the page, written in a stylized orange font with a thin black outline. Below the word is a solid orange horizontal line.

Annexes

Annexe 01 : Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période entre 2012 et 2020 (source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Année 2012	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
	T°Moy/mensu en°C	9,9	6,5	13,3	15,3	19,9	26,4	27,8	30,3	24,4	20,8	16,3	11,9	222,8
T°Moy/mensu mini	5,6	2,7	9,0	11,0	14,0	20,0	21,6	23,4	18,7	15,8	12,5	8,2	162,5	13,5
T°Moy/mensu MAX	16,3	11,9	19,7	21,1	27,0	34,2	35,7	30,1	32,3	28,1	21,8	17,4	295,6	24,6
T°Max/absol date	19,1 le01	19,0 le25	26,5 le20	33,5 le28	33,0 le31	42,5 le29	43,7 le26	45,2 le17	40,6 le21	38,0 le04	31,7 le04	25,3 le25		
T° min/absol date	2,2 le20	-0,4 le13	3,5 le01	6,4 le17	9,2 le01	16,6 le05	17,0 le24	19,5 le26	14,2 le04	9,0 le29	7,0 le30	3,8 le10		

Année 2013	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
	T°Moy/mensu en°C	10,8	9,4	14,3	15,8	17,5	22,0	26,7	26,9	24,1	23,1	13,6	11,2	215,4
T°Moy/mensu mini	6,9	5,2	10,4	11,3	12,8	15,5	20,3	20,3	19,1	18,1	17,9	7,4	165,2	13,8
T°Moy/mensu MAX	15,7	14,6	19,4	21,8	23,0	28,9	34,5	35,1	31,1	30,6	10,7	16,9	282,3	23,5
T°Max/absol date	23,0 le19	22,7 le01	28,0 le22	28,7 le14	31,1 le09	41,5 le17	41,8 le27	42,5 le06	36,5 le26	39,6 le03	5,0 le28	20,0 le24		
T° min/absol date	3,6 le26	2,4 le10	2,0 le16	6,1 le08	9,3 le06	11,0 le02	16,8 le08	17,2 le22	14,7 le23	13,3 le31	30,0 le07	4,0 le09		

Année 2014	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
	T°Moy/mensu en°C	12,3	12,8	12,3	17,5	19,2	23,7	27,0	28,0	26,2	21,6	17,3	10,9	228,8
T°Moy/mensu mini	8,6	8,6	8,2	11,3	13,2	17,4	20,0	21,5	21,0	16,0	13,5	7,7	167,0	13,9
T°Moy/mensu MAX	17,6	18,8	17,5	24,3	26,5	30,7	34,7	35,9	33,7	29,0	22,7	15,4	306,8	25,6
T°Max/absol date	23,4 le10	26,5 le15	25,5 le18	28,5 le24	32,5 le12	39,6 le28	43,5 le18	41,4 le09	37,5 le03	36,5 le08	29,5 le22	20,4 le24		
T° min/absol date	3,3 le01	1,5 le03	3,8 le09	6,5 le26	8,6 le05	11,0 le03	17,0 le23	18,8 le03	18,0 le24	9,3 le31	8,0 le07	2,6 le30		

Année 2015	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
	T°Moy/mensu en°C	9,9	9,8	13,1	17,3	21,4	24,7	29,7	28,8	24,4	20,2	14,9	12,2	226,4
T°Moy/mensu mini	6,0	6,5	8,4	11,7	15,2	17,9	22,2	23,2	19,7	16,0	10,8	7,2	164,8	13,7
T°Moy/mensu MAX	15,6	13,9	19,3	24,4	28,7	32,0	38,4	35,8	30,5	26,2	21,0	19,3	305,1	25,4
T°Max/absol date	20,6 le16	20,0 le11	27,4 le20	30,0 le16	41,0 le04	40,9 le30	44,6 le29	42,0 le08	38,0 le12	36,4 le05	25,9 le03	22,8 le19		
T° min/absol date	2,5 le03	1,2 le10	3,6 le01	6,0 le08	9,5 le23	15,0 le02	20,0 le18	19,5 le16	14,4 le26	11,4 le31	5,5 le28	4,2 le04		

Année 2016	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
	T°Moy/mensu en°C	12,8	12,6	12,5	16,1	19,0	24,3	27,9	27,1	24,3	22,5	15,7	12,6	227,4
T°Moy/mensu mini	8,6	8,5	7,8	11,2	13,6	17,1	20,7	20,4	18,0	16,9	11,4	9,3	163,5	13,6
T°Moy/mensu MAX	18,4	18,0	17,6	22,1	25,0	32,0	35,7	34,6	31,7	29,6	21,3	17,6	303,6	25,3
T°Max/absol date	24,0 le 08	24,2 le 02	33,0 le 30	31,0 le15	33,0 le09	38,5 le28	42,0 le21	40,0 le01	39,8 le05	38,5 le25	31,9 le04	21,5 le05		
T° min/absol date	3,7 le 18	2,5 le 05	2,4 le 07	5,7 le10	5,1 le02	11,5 le02	13,5 le16	16,5 le24	14,5 le21	12,2 le31	7,4 le25	4,5 le31		

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

Année 2018	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
	T°Moy/mensu en°C	11,2	9,9	13,6	16,5	17,8	22,8	27,8	27,4	25,3	19,1	14,9	11,9	218,2
T°Moy/mensu mini	7,1	6,4	10,2	11,8	13,5	16,8	21,5	20,8	20,3	15,3	11,4	7,7	162,8	13,6
T°Moy/mensu MAX	17,0	14,6	17,9	22,5	27,7	29,7	35,5	35,1	32,0	24,9	20,2	17,3	294,4	24,5
T°Max/absol date	21,7 25	26,0 28	27,6 10	31,9 23	35,8 24	35,8 28	43,9 13	38,6 16	41,0 3	32,7 14	25,7 12	23,0 4		
T° min/absol date	4,1 13	2,0 11	4,3 23	5,6 1	8,8 15	12,7 8	17,5 6	19,2 20	14,3 29	7,4 29	6,3 29	4,9 18		

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

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

Annexe 2 : Valeurs de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (norme AFNOR T 90-350- déc 1992, AFNOR).

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	Σt	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	GI	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Chloroperlidae															
Perlidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Perlodidae															
Taeniopterygidae															
Capniidae															
Brachycentridae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Odontoceridae															
Philopotamidae															
Leuctridae															
Glossosomatidae															
Beraeidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Goeridae															
Leptophlebiidae															
Nemouridae															
Lepidostomatidae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Sericostomatidae															
Ephemeridae															
Hydroptilidae															
Heptageniidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Polymitarcidae															
Potamanthidae															
Leptoceridae															
Polycentropodidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Psychomyidae															
Rhyacophilidae															
Limnephilidae¹															
Hydropsychidae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Ephemerellidae¹															
Aphelocheiridae															
Baetidae¹															
Caenidae¹															
Elmidae	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Gammaridae¹															
Mollusque															
Chironomidae¹															
Asellidae¹	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Achètes															
Oligochètes¹															

- ¹ Taxons représentés par au moins 10 individus – Les autres par au moins 3 individus

Σt : La somme des taxons / F : Famille / O : Ordre / GI : Groupe Indicateur

Annexe 03 : Scores des familles des macroinvertébrés « indice BMWP' ».

Familles	Scores
E : Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae P : Taeniopterygidae, Leuctidae, Capniidae, Chloroperlidae, Perlodidae T : Phryganeidae, Molannidae, Baraeidae, Odontoceridae, Georidae T : Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomidae D : Athericidae, Belephariceridae H : Aphelocheiridae	10
O : Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshenidae O : Corduliidae, Libellidae T : Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossomatidae C : Astacidae	8
E : Ephemerellidae, Prosopistomatidae P : Nemouridae T : Rhyacophilidae, Coenargiidae	7
M : Noteridae, Viviparidae, Ancylidae, Thiariadem, Unionidae T : Hydroptilidae C : Gammaridae, Atyidae, Corophiidae O : Platyenemedidae, Coenagriidae	6
E : Oligoneuriidae, Polymitracyidae C : Dryopidae, Elimidae, Helophoridae, Hydrichidae, Clambidae T : Hydropsychidae D : Tipulidae, Simuliidae TR : Plaanaridae, Dugesiidae, Dendrocoelidae	5
E : Baetidae, Caenidae C : Hocliplidae, Cuculionidae, Chryiosomelidae D : Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae D : Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limpnidae, Psuchodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae N : Sialidae HR : Pscicolidae A : Hydracaina	4
H : Mesoveliidae, Veliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Neucoridae, Pleidae H : Notonectidae, Corixidae C : Helodidae, Hydrphilidae, Hygobiidae, Dyticidae, Gyrinidae M : Valavatiidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae HR : Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdelidae C : Assellidae, Ostracodae	3
D : Chironomidae, Culcidae, Thaumaleidae, Ephydridae	2
O : Oligochaeta (Toutes les familles) D : Syrphidae	1

Résumé

Les résultats d'une étude du peuplement de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau du sous bassin versant de l'Oued Aissi sont exposés. Le travail a été mené sur 6 stations échantillonnées entre 180m et 1200m d'altitude.

L'inventaire faunistique a permis de recenser un total de 27 446 individus appartenant à 15 groupes zoologiques (50 familles et 57 genres).

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

Les Diptères avec 48,46% de la faune totale et les Ephéméroptères avec 46,82% sont largement dominants sur le plan numérique. Les autres groupes ne présentent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'objectif principal de ce travail, est l'évaluation de la qualité biologique de l'eau par les méthodes biologiques (IBGN et BMWP'), basées sur les données faunistiques ; ainsi que d'évaluer l'état de santé écologique du cours d'eau étudié.

L'évaluation de la qualité hydrobiologique du cours d'eau échantillonné, appréciée par les méthodes IBGN et BMWP' ; a montré une variation de la qualité de l'eau et du milieu d'excellente à douteuse.

Mots clés : macroinvertébrés, IBGN, BMWP', Ibouddrarène, Kabylie.