



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Mouloud Mammeri de TIZI- OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques Département des sciences biologiques



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de master en Science de la nature et de la vie.

Spécialité : Ecologie Animale.

Thème

**Contribution à l'étude faunistique et écologique des
macroinvertébrés du réseau hydrographique des
Ouahias (Tizi Ouzou- Algérie).**

Présenté par :

TCHALABI Katia

ZIDANE Meriem

Soutenu le : 05/12/2021

Devant les jurys composé de :

Membres des jurys:

Promotrice: M^{me} HAOUCHINE S. M.A.A. UMMTO.

Président: M^r MEZANI S. M.C.B UMMTO.

. Examinatrice: OUBEILIL D. M.A.A. UMMTO.

Co promoteur: M^r LAMINE S. Doctorant UMMTO.

2020/2021

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail. En second lieu, nous tenons à exprimer notre gratitude ainsi que notre profond respect et remerciements les plus sincères à :

Aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont portés à notre étude en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur remarques.

- Notre promotrice *M^{me} HAOUCHINE S.*
- *M^r* le président *MEZANI S.*
- *M^{me}* l'examinatrice *OUBELIL D.*
- *M^r* le Co-promoteur *LAMINE S.*
- Madame *SEKHI S.*
- Tous les enseignants de la spécialité Ecologie Animale 2020-2021.

Enfin nous exprimons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicace

A la mémoire de mon Papa

Ce travail est dédié a mon père qui ma quitté trop tôt, j'espère du monde qui est sien maintenant il apprécie cet humble geste comme preuve d'amour de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde.

A Ma chère Maman

La femme qui m'a doté d'une éducation digne, ton sacrifice a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, maman qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect aucune dédicace ne saurait exprimer ma reconnaissance.

A mes chers Frères et Sœurs

Sid Ali, Sabrina, Warda mes adorables *Rayane* et *Walid*, merci pour tout l'amour que vous m'apportez, que Dieu les protèges et leurs offre la chance et le bonheur.

A Toute ma Famille Paternelle et Maternelle

A mes grands-parents, mes oncles et leurs femmes, mes tentes et leurs maris, mes cousins et cousines. Que Dieu leurs donne une longue et joyeuse vie.

A Ma Sœur du Cœur

Wiwiz merci pour ton soutien, merci pour ton grand cœur, merci pour tout les moments de joie a tes cotés, merci de m'avoir toujours tiré vers le haut, change rien tu es la meilleure.

A Ma Binôme

Meryouma, merci pour ton soutien morale, ta patience et ta compréhension tout au long de ce projet.

A tous ceux qui m'ont soutenu et que j'ai omis de citer.

Tchalabi Katia.

Liste des figures

N° Figures	Titres	N° Pages
1	Situation géographique du sous-bassin versant des Ouadhias (SEBKI & YEBKA, 2009)	
2	Carte géologique de la kabylie (YAKOUB, 2005)	4
3	précipitations moyenne mensuelles (en mm) de la région d'étude durant la période (2008-2018) (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).	6
4	Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales et moyennes) à Tizi-Ouzou durant la période (2012-2020). (Source : O.N.M de Tizi-Ouzou).	8
5	Températures ponctuelles de l'eau enregistrée dans 6 stations.	9
6	Cours d'eau étudiés et emplacements des stations.	15
7	Abondance de la faune globale sur les stations d'étude.	33
8	Richesse taxonomique aux stations étudiées.	34
9	Abondance de la faune globale sur les stations d'étude.	36
10	Abondance des taxons dans les cours d'eau étudié	38
11	Occurrence des taxons dans les cours d'eaux étudiés.	38
12	Evolution des indices de Shannon H' et indices d'équitabilité E' dans les stations.	40
13	Répartition des Diptères récoltés.	41
14	Répartition des Diptères dans les stations d'étude.	42
15	Répartition des Ephemeroptères récoltés.	43
16	Répartition des Ephemeroptères dans les stations d'étude.	45
17	Répartition des Mollusques récoltés.	46
18	Répartition des Mollusques dans les stations d'étude.	46
19	Répartition des Coléoptères récoltés.	47
20	Répartition des coléoptères dans les stations d'étude.	49
21	Répartition des Oligochètes récoltés.	50
22	Répartition des Oligochètes dans les stations d'étude.	51
23	Répartition des Trichoptères récoltés.	52
24	Répartition des Trichoptères dans les stations d'étude.	53
25	Répartition des Hétéroptères récoltés.	54
26	Répartition des Hétéroptères dans les stations d'étude.	55
27	Répartition des Plécoptères récoltés.	56
28	Répartition des Plécoptères dans les stations d'étude.	57
29	Répartition des Crustacés récoltés.	58
30	Répartition des Crustacés dans les stations d'étude.	58
31	Répartition des Hydracariens dans les stations d'étude.	59
32	Répartition des Planaires dans les stations d'étude.	60
33	Répartition des Achètes dans les stations d'étude.	60
34	Analyse en composantes principales de la distribution des paramètres environnementaux.	62
35	Analyse factorielle en composante principale des 6 stations étudiées.	63
36	Distribution et noyaux d'affinité des EPTC et des stations dans le plan factoriel F1 x F2.	65

Liste des tableaux :

N° Tableau	Titres	Pages
Tableau 1	précipitations moyennes mensuelles (en mm) d'Ath Djemaa durant la période (2008-2018) (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).	5
Tableau 2	Températures moyenne mensuelles de l'air (en°C) (maximales, minimales et moyenne) enregistré à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, source O.N.M de Tizi Ouzou).	7
Tableau 3	Températures ponctuelles de l'eau enregistrée à différentes stations.	9
Tableau 4	Altitude (m) et Pente (%) des stations étudiées.	20
Tableau 5	Altitude, largeur du lit et vitesse du courant mesuré aux stations d'étude.	21
Tableau 6	Nature du substrat dans les stations étudiées.	22
Tableau 7	Nombre de taxons par groupes zoologiques.	29
Tableau 8	Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.	30
Tableau 9	Richesse taxonomique des stations étudiées.	33
Tableau 10	Abondance de la faune benthique des stations étudiées.	35
Tableau 11	Indice de Shannon & Weaver (H') et d'Equitabilité (E').	39
Tableau 12	Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées.	61

Sommaire

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

Chapitre 1 : Caractéristiques générales du milieu d'étude

1.1. Situation et cadre géographique	03
1.2. Cadre géologique.....	03
1.3. Climatologie	04
1.3.1. Précipitations.....	05
1.3.2. Températures.....	07
1.3.2.1. Températures de l'air	07
1.3.2.2. Températures de l'eau.....	08
1.4. Couvert végétal	09
1.5. Effets anthropiques.....	10
1.5.1. Origine agricole.....	10
1.5.2. Origine urbaine.....	11
1.5.3. Origine mécanique	12
1.6. Les conséquences de la pollution des cours d'eau	13

Chapitre 2 : Sites et méthodes d'étude

2.1. Description des cours d'eau et des stations d'étude	14
2.1.1. Assif d'Ath Bouaddou	15
2.1.2. Assif d'Agouni Gùeghrane	17
2.1.3. Assif Ouadhias	19
2.2. Caractéristiques physiques des stations étudiées	
2.2.1. Le profil topographique	20
2.2.2. La pente	20
2.2.3. La vitesse du courant	21
2.2.4. Le Substrat	22
2.3. Méthodes d'étude.....	23
2.3.1. Technique de prélèvement de la faune benthique	23
2.3.2. Conservation des échantillons	23
2.3.3. Tri et identification	23
2.4. Méthode d'analyse de la structure du peuplement	25
2.4.1. Indice de diversité	25
2.5. Indice de structure	27
2.6. Traitement statistique des données	28
2.6.1. Analyse en composantes principales (ACP)	28
2.7. Logiciels de calcul	29

Chapitre 3 : Résultat et discussion

3.1. Analyse globale de la faune benthique dans les stations étudiées	30
3.2. La repartition de la faune	33
3.3. La richesse taxonomique	34
3.4. Abondance	36

3.5. Occurrence et abondance de la faune benthique	38
3.6. Diversité et Equitabilité	40
3.7. Analyses quantitative et qualitative de la faune benthique	41
3.7.1. Les Diptères	41
3.7.2. Ephéméroptères	43
3.7.3. Les Mollusques	46
3.7.4. Les Coléoptères	48
3.7.5. Les Oligochètes	51
3.7.6. Les Trichoptères	53
3.7.7. Les Hétéroptères	55
3.7.8. Les Plécoptères.....	57
3.7.9. Les Crustacés	60
3.7.10. Les Hydracariens, Planaires et Achètes	61
3.8. Structure de la faune	63
3.8.1. Structure mésologique	63
3.8.2. Structure du peuplement	66
Conclusion	69

Introduction

L'eau est un élément fondamental à la vie, recouvrant 72% de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de km³ dans la biosphère. (GENIN *et al*, 2003).

Malheureusement, de nos jours on assiste de plus en plus à la dégradation de l'environnement suite aux concentrations urbaines et rurales sans cesse croissantes qui entraînent l'utilisation des milieux aquatiques comme exutoire de déchets.

L'utilisation des cours d'eau pour l'évacuation des déchets liquides des villes et des industries est la cause première de la dégradation de la qualité des eaux.

Cette évacuation peut également entraîner un enrichissement des eaux en matières nutritives qui sera à l'origine des changements tels que la dégradation de sa qualité physico-chimique, l'accroissement de la production d'algue et de macrophyte, la croissance de la population humaine, ainsi que le développement industriel et agricole, exercent une pression massive sur tous les écosystèmes d'eau douce. Les prélèvements d'eau, la pollution, le drainage des zones humides, la canalisation des cours d'eau et la déforestation entraînent une sédimentation, l'introduction des espèces envahissantes et la surexploitation, ont des impacts majeurs sur la biodiversité des eaux continentales. De plus, les changements climatiques et la raréfaction croissante de l'eau douce ne feront probablement qu'empirer l'état de cette diversité aquatique.

Il en résulte ainsi une dégradation des écosystèmes aquatiques qui se manifeste par la destruction de l'habitat, la perte de la diversité biologique et la détérioration de la qualité de l'eau.

Les études faunistiques (invertébrés benthiques), écologiques (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et, d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes.

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

Introduction

Les macroinvertébrés sont de bons indicateurs de la qualité de l'eau en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Ils reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement. Plusieurs travaux ont été exposés par différents auteurs dans le sens du développement des programmes d'étude en hydrobiologie en Kabylie. Nous pouvons citer ceux de KADDOURI (1986), MALICKY et LOUNACI (1987), LOUNACI (1987), AIT MOULOUD (1988), ARAB (1989), LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001), LOUNACI (2005), LOUNACI et VINÇON (2005), SEKHI (2010), SEKHI *et al.*, (2016) ; SEKHI *et al.*, (2019), HAOUCHINE (2011) ;LAMINE *et al.*,(2019 a et b), LAMINE (2021).

Le présent travail, se veut une contribution à l'étude hydrobiologique de l'Oued Ouadhias. Les données faunistiques recueillies ont pour objectif d'inventorier et d'étudier la répartition des macroinvertébrés benthiques.

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

- Le premier résume les principales caractéristiques physiques et environnementales de la région d'étude : géographie, climatologie, végétation et perturbations anthropiques ;
- La deuxième traite la description des sites d'études et techniques d'échantillonnage ;
- Le troisième s'intéresse aux résultats et discussion, il représente la majeure partie de ce travail, il est consacré à l'étude de la faune benthique :
 - Analyse globale de la faune.
 - Richesse taxonomique, Abondance et occurrence des espèces récoltées.
 - Analyse qualitative et quantitative de la faune.
 - Structure mésologique et diversité faunistique.

1.1. Situation et cadre géographique

Notre région d'étude est située au centre Nord d'Algérie, à 100 km à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen. Elle se situe Au Sud de la wilaya de Tizi-Ouzou (Figure 1).

Le bassin versant de l'Oued Sébaou qui draine le principal cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura compte trois principaux sous-bassins : le sous bassin versant de l'Oued Boubhir, le sous bassin versant de l'Oued Aissi et le sous bassin versant de l'Oued Bougdoura.

L'Oued Aissi, l'un des principaux affluents de l'Oued Sébaou draine l'ensemble des écoulements du flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura. L'importance de son débit est due aux écoulements de l'Oued Djemàa, de l'Assif Larbàa et de l'Assif Ouadhias.

Devant l'impossibilité d'étudier tous les cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, notre intérêt s'est porté sur quelques affluents de l'Assif Ouadhias,

La daïra des Ouadhias est délimitée par :

- Au Nord par les communes : Ait Mahmoud et Benni Douala ;
- Au Sud par le parc national du Djurdjura ;
- Au l'Est par les communes : Beni Yeni et Ain El Hammam ;
- A l'Ouest par les communes : Souk El Tenine et Mechtras.

1.2. Cadre géologique

La Kabylie a fait l'Object de plusieurs études géologique (FLANDRIN, 1952; THIEBAULT, 1952; GALARD, 1979). Elles décrivent une lithologie variée et une structure complexe, la figure 2 est le résultat d'une synthèse des travaux antérieurs réalisés par plusieurs auteurs sur la géologie de la région, nous permet de distinguer quatre grands ensembles répartis du Sud vers le Nord de la manière suivante :

- **La chaîne calcaire** est un relief qui culmine à 2305 m, domine toute la Kabylie, il est constitué de terrains essentiellement carbonatés allant du Trias à l'Eocène (GLANGEAUD (1932), FLANDRIN (1952), DELGA (1969), COUTELLE(1977)) in YAKOUB (2005).

-**Le socle cristallin Kabyle** dont le contenu lithologique est représenté par des orthogneiss des paragneiss, des micaschistes des marbres, des schistes, des granites et des pegmatites.

- **les terrains conglomératiques**, gréseaux et mameux du Néogène post-nappes, ils occupent l'essentiel de la vallée de l'oued Sébaou et constituent le substratum des terrains du quaternaire (BENHASSAINE, 1974 in YAKOUB, 2005).

- la chaîne littorale est composée essentiellement de nappes de flyschs formées d'une alternance de grès et d'argiles et des grès numidiens (RAYMOND, 1976) et (GELARD, 1979) in (YAKOUB 2005).

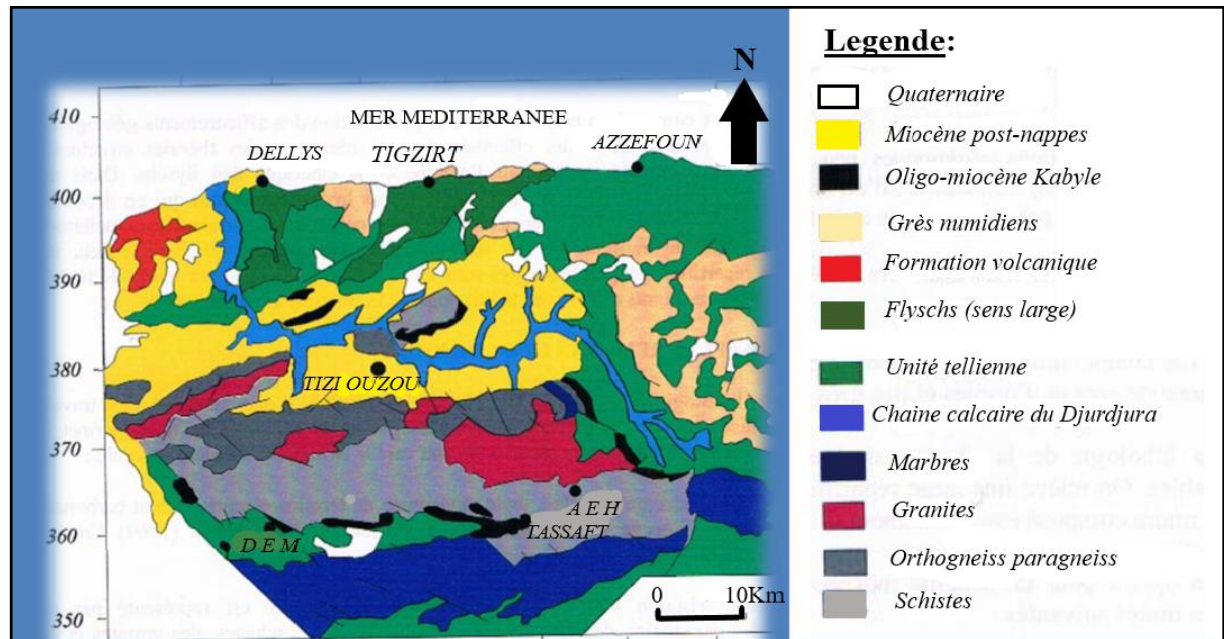


Figure 2 : La carte géologique de la Kabylie (YAKOUB, 2005).

1.3. Climatologie

Le climat est l'ensemble fluctuant habituel d'éléments physiques, chimiques et biologiques caractérisant principalement l'atmosphère d'un lieu en influençant les êtres qui le subissent (BARNIER, 1978). Il est l'un des facteurs agissant directement sur le comportement et le développement des sols et de la végétation.

La classification écologique des climats est basée essentiellement sur les deux facteurs les plus importants : la température et la pluviosité.

Le climat a un impact direct sur les ressources hydriques, les pratiques agricoles et pastorales, le développement des végétations naturelles... . Et par conséquent il intervient comme facteur important dans le choix des sites d'habitats, des activités économiques et de la nature des aménagements spécifiques liés aux conditions climatiques locales (érosion, inondation, sécheresse...) (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire : Rapport Djurdjura Juin 2008).

La Kabylie du Djurdjura, par sa position géographique, s'ouvre aux influences du climat méditerranéen. Ce dernier permet aux masses d'air qui arrivent du Nord de déterminer une saison hivernale froide et humide qui s'étale du mois de décembre jusqu'au mois de février.

Durant les autres mois de l'année, les masses d'air tropical provenant du Sud entraînent la chaleur et la sécheresse ce qui engendre un été chaud, sec et long (BELKAID, 2016).

1.3.1. Les Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale. Elle est caractérisée par une répartition inégale d'une région à une autre et d'une saison à une autre.

Les pluies interviennent principalement en automne, en hiver et au printemps, l'été est généralement sec. C'est d'ailleurs une caractéristique du climat méditerranéen (EMBERGER, 1971).

SELTZER (1964), QUEZEL(1957) et CHAQUMONT & PAQUN (1971) *in* LOUNACI (2005). Admettent que 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 est naturellement destiné par sa hauteur (2308m), sa proximité relative à la mer (45 à 50 km) et par son orientation Est-Ouest, à recevoir en hiver, la masse principale de pluie dont une partie tombera sous forme de neige (à partir de 700 -800m d'altitude) ce qui constitue un atout hydrologique important pour l'alimentation de

l'Oued Sébaou et ses affluents. De ce fait la grande Kabylie peut être considérée comme l'une des régions les plus arrosées d'Algérie.

Les données pluviométriques enregistrées dans la localité environnante la plus proche de la région d'étude (Ath-Djemâa) sont portées dans le tableau 1. Elles nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou.

Tableau 1 : précipitations moyennes mensuelles (en mm) d'Ath Djemaa durant la période (2008-2018) (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Ath Djemâa	40,13	77,39	124,3	97	137,1	116,9	122,1	103,4	77,5	29	1,5	9,3

La moyenne annuelle calculée (période 2008-2018) est de 935.62mm pour la région d'Ath Djemâa.

La lecture de la figure 3 montre que les précipitations les plus importantes s'observent d'octobre à mai avec un maximum en novembre (124.33mm) et janvier (137.1mm) : à l'exception de mois de décembre qui présente une légère chute de l'ordre de 97mm. Ces précipitations diminuent ensuite progressivement pour atteindre une valeur de l'ordre de 1.5mm en juillet et reprennent en septembre.

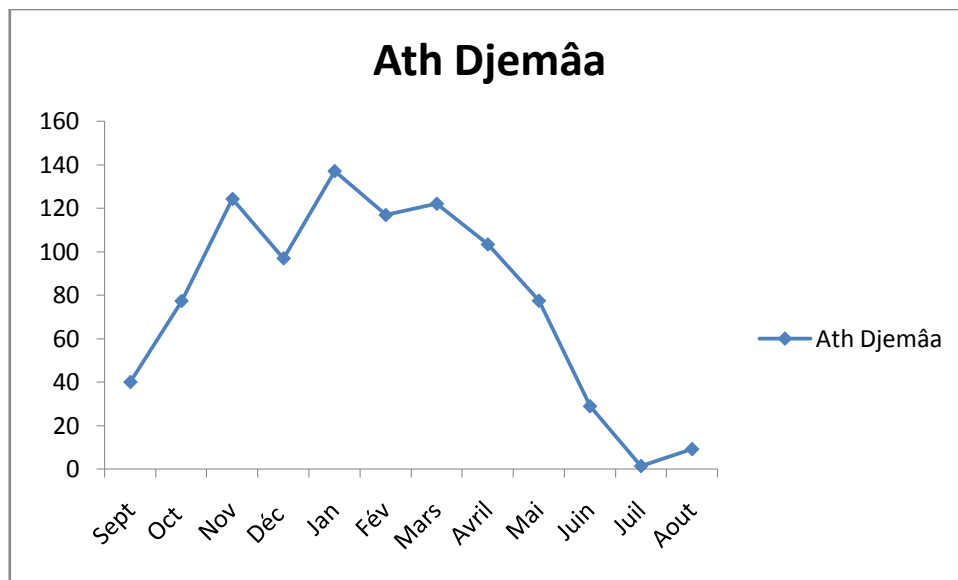


Figure 3 : Précipitations moyenne mensuelles (en mm) de la région d'étude durant la période (2008-2018) (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).

1.3.2. Les températures

1.3.2.1. Les températures de l'air

La température est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique. Elle contrôle l'ensemble des activités en conditionnant la répartition des espèces animales et végétales (DAJOZ, 1979). Elle est considérée comme un facteur limitant car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 1984).

Le manque de données dû à l'absence d'un réseau météorologique dans la région d'étude nous a contraints à utiliser les données de l'Office National de Météorologie (ONM) enregistrées à Tizi-Ouzou (Tableau 2).

Tableau 2 : Températures moyenne mensuelles de l'air (en°C) (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Température	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T° moyennes des maxima(C°)	16,05	16,38	19,12	26,63	27,1	31,79	36,08	35,11	31,47	27,64	19,8	17
T° moyennes des minima(C°)	6,72	6,72	9,08	11,45	14	17,66	21,31	22,25	19,2	15,61	12,4	8,18
T° moyenne mensuelle(C°)	10,64	10,84	13,48	16,31	20,8	24,42	28,24	28,38	24,53	20,64	15,3	11,9

Les moyennes annuelles des températures de l'air sont variables d'une année à l'autre. La température moyenne interannuelle à Tizi-Ouzou est de 18.77°C.

Un des caractéristiques thermiques de la région d'étude a l'écart élevé entre les moyenne des minima (m) du mois le plus froid (janvier) et des maxima (M) du mois le plus chaud (Aout).les minima et les maxima enregistré à Tizi-Ouzou sont :

- m=6.72°C.
- M=36.08°C.

La lecture de la figure 4 montre que :

Les mois de juillet et Aout peuvent être considérés comme les mois les plus chauds leur températures moyennes maximales enregistrées sont respectivement 8.18°C ; 6.72°C et 6.72°C.

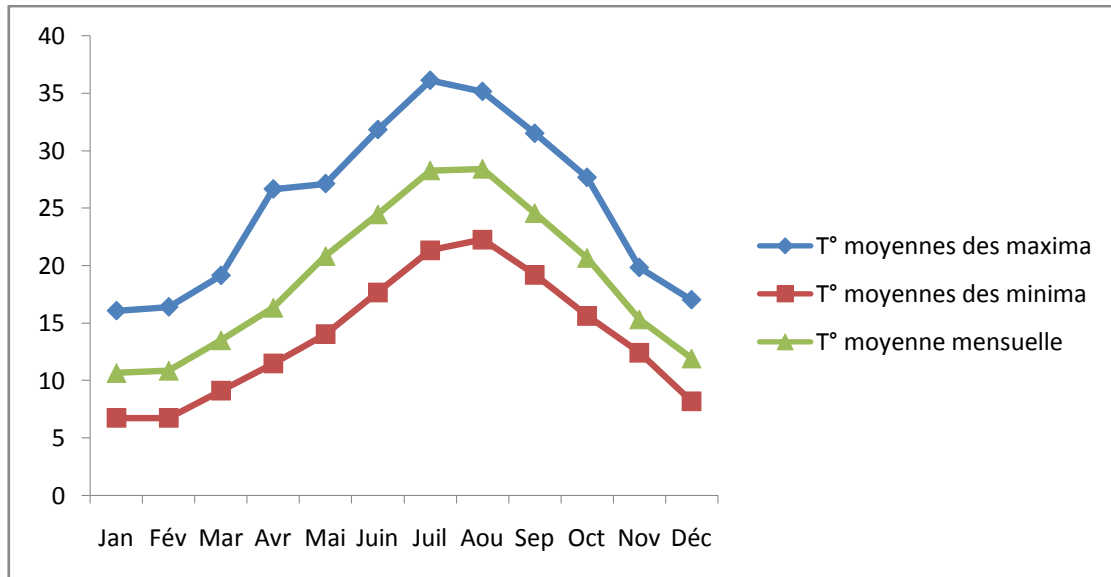


Figure 4: Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales et moyennes) à Tizi-Ouzou durant la période (2012-2020). (Source : O.N.M de Tizi-Ouzou).

1.3.2.2. Les températures de l'eau

La température de l'eau est un facteur vital et déterminant de la survie de la faune aquatique. Elle varie régulièrement d'amont en aval et elle intervient dans le développement et la composition faunistique 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 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.

Devant l'impossibilité de réaliser des mesures journalières de la température, nous nous sommes contentés de réaliser des relevés ponctuels à l'aide d'un thermomètre à mercure dans les stations étudiées. Les relevés sont portés dans le tableau 3.

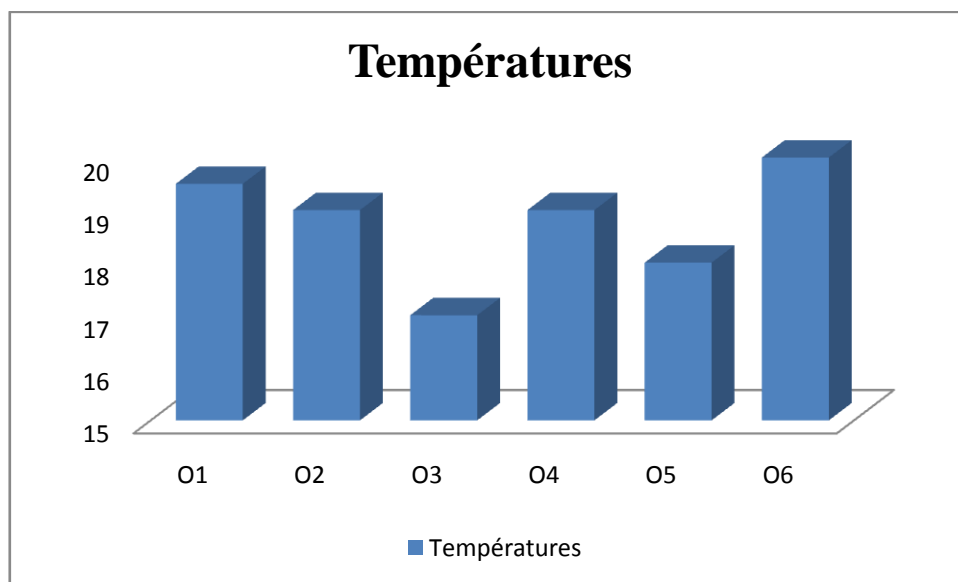
Tableau 3 : Températures ponctuelles de l'eau enregistrées aux différentes stations.

Stations*	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitudes(m)	783	500	1134	600	610	200
Températures(C°)	19,5	19	17	19	18	20

* : pour la description des stations, se référer au chapitre II.

L'analyse des relevés de températures ponctuelles montre d'une manière générale, que tous le long du réseau hydrographique les températures croissent respectivement de l'amont vers l'aval (figure 5). En effet, les faibles valeurs (17-18°C) sont mesurées dans les cours d'eau alimentés par les eaux de sources et de la fonte des neiges c'est le cas des stations O3 et O5.

En revanche, les fortes valeurs sont enregistrées dans les cours d'eau de moyenne et de basse altitude (19-20°C), le cas des stations O1, O2, O4 et O6.

**Figure 5** : Températures ponctuelles de l'eau enregistrée dans les stations étudiées.

1.4. Couvert végétal

Le couvert végétal est un facteur écologique très important qui influe sur les écoulements superficiels, l'évapotranspiration et la capacité de rétention.

La flore de la Kabylie du Djurdjura fait partie de la flore Nord-Africain, de type méditerranéen, elle est assez dense et varie en fonction de l'altitude et de l'exposition des versants.

Selon, MESSAOUDEN et *al.* (2007), le couvert végétal est très dense en Kabylie, il varie en fonction de l'altitude et présente un étagement visible de type méditerranéen.

- En altitude supérieur à 1100 m, une forêt mixte, des sommets couverts par des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants : ronces (*Rubus*sp), genets (*Genista*sp) et quelques pieds de cèdres (*Cedrus atlantica*).
- En altitude inférieur à 1100m, la végétation est formée essentiellement de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de chêne liège (*Quercus suber*) et de frêne (*Fraxinus*sp). Ce sont des feuillus qui empêchent le réchauffement de l'eau en été.
- En moyenne montagne (altitude inférieur à 800m), on rencontre des arbres du domaine agricole (Cultures fruitières) comme l'olivier (*Olea europea*), le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punicagranatum*) et le cerisier (*Prunus cerasus*).
- En plaines, les formations végétales sont présentées essentiellement par des vergers: pommiers, poiriers, figuiers, orangers...

Quant à la végétation aquatique, elle est représentée par les mousses dans la partie supérieure des cours d'eau, les algues et les macrophytes dans la partie inférieure des cours d'eau.

1.5. Effets 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 aquatique.

Aujourd'hui, cette pollution atteint une bonne partie des réseaux hydrographiques de la Kabylie. Cela résulte de l'accroissement de la population, de l'industrie, de l'intensification de l'agriculture et de la surexploitation des ressources d'eau douce.

Dans le réseau hydrographique étudié l'impact anthropique à plusieurs origines et varie d'une région à une autre.

1.5.1. Origine agricole

Les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides), Les engrais azotés, liés aux pratiques culturales elles-mêmes, provoquent une montée régulière des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (de 1 à 2 mg/L par an, tandis que la concentration maximale admissible est de 50 mg/L) induisent une dégradation de la qualité de l'eau. Les déjections animales non récupérables pour les animaux en pâture.

En période estivale les besoins en eau ont entraîné une multiplication des surfaces d'irrigation et de pompes le long des cours d'eau réduisant considérablement le débit, accélérant ainsi la mise à sec de portions importantes des cours d'eau.

Le déversement des marges dans des oueds constitue une forme de pollution toxique, dont la matière organique de ces marges forme un film empêchant la pénétration de la lumière et les échanges gazeux, provoquant la destruction de milieu aquatique.

Des métaux (Cu et Zn essentiellement) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage, des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales (BOUDJEMA, 2010).

1.5.2. Origine urbaine

De nombreux usages peuvent perturber l'équilibre naturel sur un bassin versant. En effet l'afflux touristique en période estivale (photo 1), couplé avec un déficit hydrique récurrent exerce une pression quantitative sur la ressource en eau concentrée sur une période restreinte.

L'extension de l'urbanisation accentue le déversement d'eau usée rejetées dans les cours d'eau. Ces eaux urbaines sont un mélange d'eaux ménagères, d'eaux résiduelles d'origine industrielle, et d'eaux pluviales.

Les eaux ménagères comprennent les déjections humaines, les eaux de nettoyage des sols et des voitures (photo 2), contenant des graisses, des savons, des détergents, des matières en suspension et des matières dissoutes organiques ou minérales.

Ces quantités d'effluents importantes par rapport au faible débit récepteur avec des températures élevées et le manque des stations d'épuration, conduisent à des bouleversements qui se manifestent par un changement de la composition faunistique. L'ensemble de ces phénomènes provoquent l'altération des écosystèmes aquatiques et la détérioration de la qualité de l'eau et des habitats lotiques.



Photo1 : la baignade.



Photo 2 : lavage des voitures.

1.5.3. Origine mécanique

L'exploitation anarchique du sable entraîne une déstabilisation du lit avec des modifications de sa morphologie et une remise accrue en suspension des éléments fins, ce qui conduit à l'altération des écosystèmes aquatiques.

1.6. Les conséquences de la pollution des cours d'eau

Les conséquences d'une pollution peuvent être classées en plusieurs catégories principales :

- L'eutrophisation est le phénomène lent d'asphyxie des écosystèmes aquatiques résultant de la prolifération de plantes aquatiques, qui consomment l'oxygène indispensable à la survie de l'écosystème. Les inconvénients principaux de l'eutrophisation sont la diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource.
- Empoisonnement et dégradation de la flore et de la faune par des composés toxiques (ex : par les hydrocarbures (KIM *et al.*, 2013) en plus des nitrates et des phosphates)
- Il faut également rappeler que dans le monde plus de deux milliards de personnes n'ont pas accès à l'eau potable, essentiellement pour des problèmes sanitaires.
- La santé humaine peut ainsi être menacée en cas d'ingestion d'eau polluée. Toutefois, les traitements de potabilisation visent à éviter ce risque, en éliminant les substances toxiques de l'eau potable. Si la pollution de l'eau est trop forte, il est néanmoins parfois impossible de respecter les normes de potabilisation en dépit des traitements : l'eau ne peut alors pas être distribuée (en savoir plus sur l'eau potable).
- Le risque pour les êtres humains peut ainsi provenir de la consommation d'organismes aquatiques ayant été au contact de l'eau - poissons, mollusques, crustacés, etc. - car susceptibles d'accumuler les polluants dans leurs tissus.
- Les organismes pathogènes transmis par l'eau provoquent généralement des diarrhées et des gastro-entérites, mais parfois des maladies dangereuses comme le choléra ou la salmonellose. La transmission à l'homme se fait par ingestion (lors de l'alimentation ou d'une baignade (photo1) ou à travers des blessures de la peau en contact avec de l'eau contaminée. Elle peut aussi intervenir en cas de consommation de coquillages comme les moules ou les huîtres qui concentrent les microorganismes dans leur chair. La surveillance de la qualité de l'eau destinée à l'alimentation en eau potable ou à la baignade permet heureusement de limiter fortement les transmissions à l'homme.

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

L'objectif de ce travail est d'établir une liste faunistique de l'oued Ouadhias et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune basée sur l'échantillonnage des habitats aquatiques les plus représentatifs.

Notre intérêt s'est porté sur Assif Ouadhias, l'un des trois principaux affluents de l'Oued Aissi, il coule en orientation Sud-Nord sur une distance de 20 km. Il reçoit l'ensemble des affluents provenant des sous-bassins versants Assif Larbâa, Assif El Djemâa et Assif Ouadhias. Ce dernier collecte l'ensemble des écoulements en provenance de la dorsale médiane du Djurdjura depuis Azrou n'Chriaa (Alt : 1289m) jusqu'à Thakhoukht (Alt : 200m). Il résulte de la confluence des oueds « Ath Bouaddou » et « Agouni Gueghrane » au lieu-dit « Thamda Erahma ».

Parmi les stations prospectées, six ont été retenues le long du réseau hydrographique étudié (figure 6). Le choix de ces stations est fait en tenant compte de quelques paramètres tels que l'altitude, la pente, la distance à la source, le recouvrement, nature du substrat, l'amont et aval des agglomérations et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations et la sécurité de l'endroit.

Les stations indiquées par des carrés sur la figure 6 se répartissent comme suit :

1. Deux stations situées sur Assif Ath Bouaddou (stations O1, O2).
2. Trois stations situées sur Assif Agouni Gueghrane (stations O3, O4 et O5).
3. Une station située sur Assif Ouadhias (station O6).

Pour chaque station étudiée, nous indiquons :

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

- l'influence anthropique lorsqu'il y'en a.

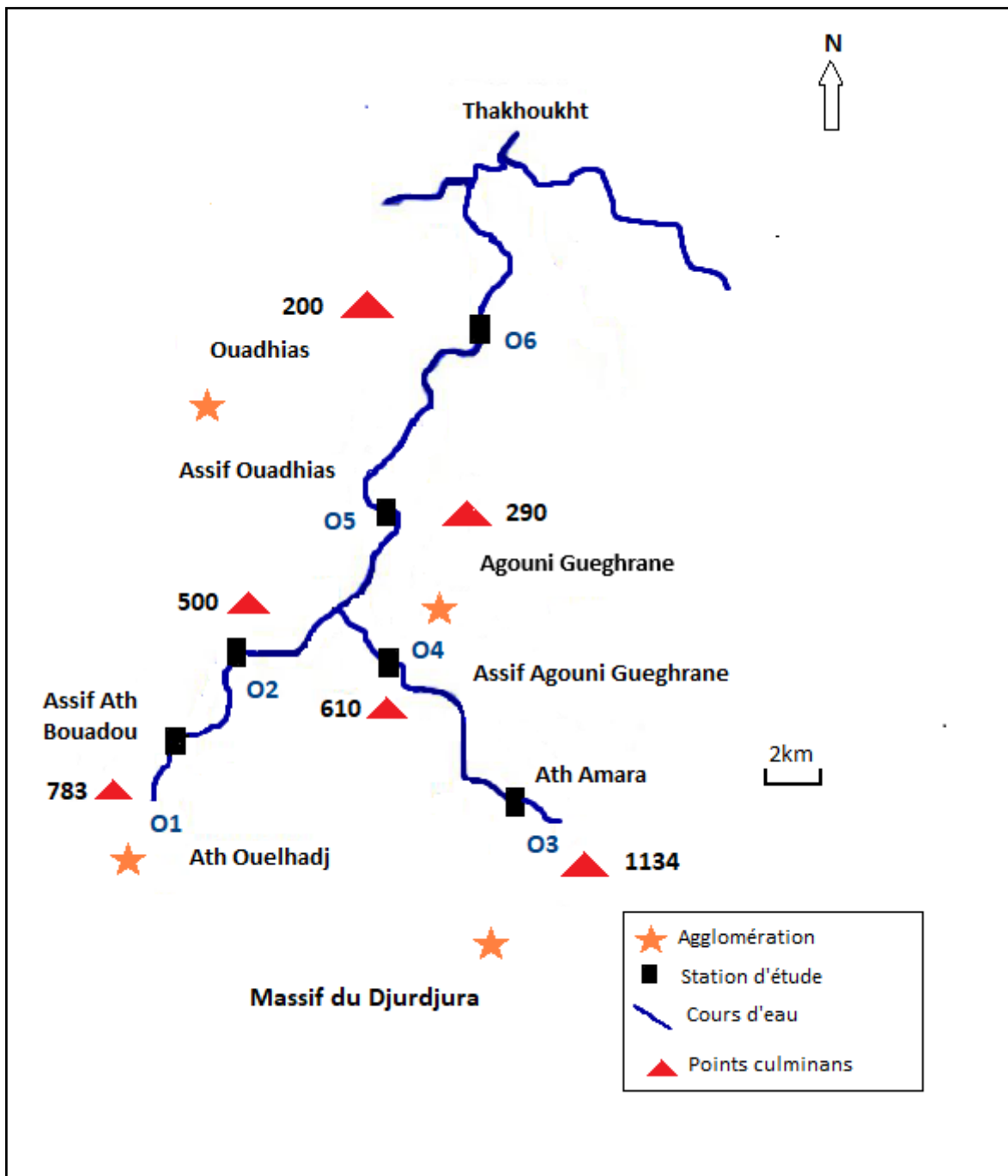


Figure 6: Cours d'eau étudiés et emplacements des stations.

2.1.1. Assif d'Ath Bouaddou

Assif d'Ath Bouaddou est un cours d'eau de moyenne montagne. Il prend source dans le Djbal Ath Bouaddou (Djurdjura) à 1100 m d'altitude. Il collecte l'ensemble des écoulements en provenance des sources et ruisseaux qui drainent les pentes septentrionales d'Ath Ouelhadj. Il coule en orientation sud/nord-est sur une distance de 12km entre 1100m et

380m d'altitude avant de se jeter dans l'Assif Ouadhias au lieu-dit "Thamda Erahma". Sa pente moyenne est de 10.5%, sa largeur peut atteindre à certains endroits 4m.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : O1, O2.

❖ **Station O1(Photo 3)**

Elle est localisée à 500 m en amont du village d'Ath Ouelhadj qui est situé à environ 18 Km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 700m ;
- Pente de la station : 15% ;
- Largeur du lit : 2m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 15 cm ;
- Température de l'eau : 19.5°C;
- Vitesse du courant : rapide ;
- Nature du substrat : blocs, roches, graviers et galets ;
- Végétation aquatique : mousses;
- Végétation bordante : strates arborée et arbustive.
- Recouvrement : 80 % ;
- Action anthropique : rejets domestiques.

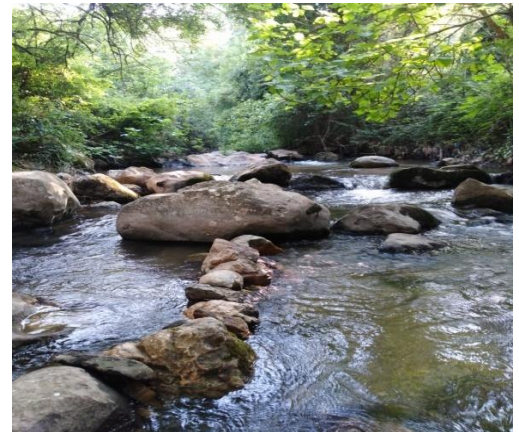


Photo 3 : Station O1.

❖ **Station O2(Photo 4)**

Cette station est située à 300m en aval du village Ath El-Kaid, à environ 12 km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 500m ;
- Pente de la station : 9,5 % ;
- Largeur du lit : 3.5 m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 20cm ;

- Température de l'eau : 19°C ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Nature de substrat : gros galets, blocs 80% ;
- Végétation aquatique : mousses;
- Végétation bordante : strates arborée, herbacée et arbustive ;
- Recouvrement : 80% ;
- Action anthropique : la baignade, rejets domestiques, pompage de l'eau.

**Photo 4 : Station O2.**

2.1.2. Assif d'Agouni Guehrane

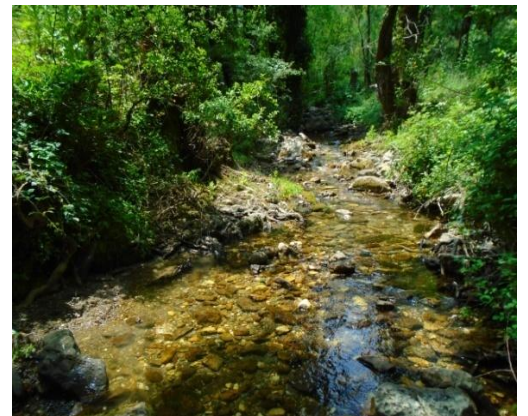
Cours d'eau de montagne, il prend naissance à 1250m. Il collecte l'ensemble des écoulements en provenant de Djebel Agouni Guehrane. Doté d'une forte pente (11.5%), il coule en orientation Sud/Nord-Ouest sur une distance 16 Km entre 1250m et 380m d'altitude, avant de rejoindre Assif d'Ath Bouaddou au lieu-dit " Thamda Erahma".

Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : station O3, O4, O5.

❖ Station O3 (Photo 5)

Station située à Ath-Regane, elle est localisée à 1,2 km en amont du village Ath-Amara, à environ 23 km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 1100 m ;
- Pente de la station : 19 % ;
- Largeur du lit : 3m ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 5cm ;
- Température de l'eau : 17°C ;
- Nature de substrat : éléments grossier, gros galets ;
- Végétations aquatiques : mousses ;

**Photo 5 : Station O3.**

- Végétation bordante : strates arborée et herbacée ;
- La vitesse du courant : lente ;
- Action anthropique : rejets organiques.

❖ **Station O4(Photo 6)**

Cette station est située à 2 km en aval du chef-lieu d'Agouni Gueghrane, à environ 12km au Sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 600m ;
- Pente de la station : 11% ;
- Largeur du lit : 2m. ;
- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 20-30cm ;
- Recouvrement : 70% à 80% ;
- Température de l'eau : 19°C ;
- Nature de substrat : grossier, sable, limon ;
- Végétation aquatique : la présence de quelques mousses ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie ;
- La vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Action anthropique : rejets domestiques.



Photo 6 : Station O4.

❖ **Station O5 (Photo 7)**

Cette station se situe en aval de village Agouni-Gueghran, localisée à environ 5.5 km à l'est de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 300 m ;
- Pente de la station : 3% ;
- Largeur du lit : 3 m ;

- Profondeur moyenne de la lame d'eau : 20 a 25cm ;
- Température de l'eau : 18°C ;
- Nature de substrat : Blocs, galets, graviers, sable, limons ;
- Végétations aquatique : mousses;
- Végétations bordante : strate arbustive fournie ;
- La vitesse du courant : rapide à moyen ;
- Action anthropique : rejet urbain.

**Photo 7 : Station O5.**

2.1.3. Assif Ouadhias

Assif Ouadhias est le principal affluent de l'Oued Aissi. Il prend naissance au lieu-dit "Thamda Rahma", point de confluence des Assif Ath Bouaddou et Agouni Gueghrane. Il coule en orientation Sud-Ouest/Nord-Est entre 380m et 180m d'altitude sur une distance de 12 Km avant de se jeter dans l'Oued Aissi au lieu-dit "Thakhoukhth". Sa pente moyenne est de l'ordre de 2% et sa largeur peut atteindre par endroit 10 m.

Une station est retenue sur ce cours d'eau : O6.

❖ Station O6 (Photo 8)

Cette station est localisée à environ 10 km à l'Est de la ville des Ouadhias au lieu- dit Thakhoukht.

- Altitude : 200m ;
- Pente de station : 1.5% ;
- Largeur du lit : 12 m;
- Profondeur moyenne : 15m ;
- Température de l'eau : 20°C;
- Vitesse du courant : lente à nul ;
- Nature de substrat : gravier, sable, limon ;

**Photo 8 : Station O6.**

- Végétation aquatique : mousses et algues filamenteuses ;
- Végétation bordante : strate arbustive éparses et n'assure aucun recouvrement ;
- Action anthropique : l'élevage, rejets domestiques.

2.2. Caractéristiques physiques des stations étudiées

2.2.1. Le profil topographique

Le profil topographique est décrit à l'aide de trois paramètres : la pente, la distance à la source et l'Altitude. Cette dernière intervient dans la détermination de la vitesse du courant, de la taille des éléments du substrat ainsi que dans la distribution de la faune benthiques.

2.2.2. La pente

La pente est un paramètre qui dépend de l'altitude. Elle joue un rôle important sur la vitesse du courant, la taille des éléments du substrat ainsi que dans la répartition de la faune benthique. Le profil topographique est décrit à l'aide de trois paramètres : l'altitude, la distance à la source et la pente.

Le tableau 4 illustre les altitudes, les pentes et les distances à la source des stations des cours d'eau étudiés.

Tableau 4 : Altitude (m), Pente (%) et distance à la source des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitudes(m)	700	500	1100	600	300	200
Pentes(%)	15	9,5	19	11	3	1,5
Distance à la source (km)	2.5	13	1.5	7	20	25

Les pentes aux stations présentent de grandes fluctuations. Elles varient entre 1.5% et 19%.

Les secteurs les plus pentus correspondent aux cours d'eau de montagne. Les pentes varient de 9.5% à 19% : secteurs des stations : O1, O2, O3 et O4.

Dans les piémonts et les basses altitudes, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau. La pente ne dépasse pas 3% : le cas des stations : O5 et O6.

2.2.3. La vitesse du courant

Le régime hydrobiologique des cours d'eau de la Kabylie est caractérisé par de grandes fluctuations du débit. Les crues sont violentes et soudaines avec des étiages prononcés.

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. De ce fait elle est considérée comme un facteur qui agit sur la répartition des peuplements aquatiques. Elle dépend aussi du débit, des précipitations, 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.

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 relevés de la vitesse de l'eau qui ne présentent que des valeurs indicatrices, sont portés sur le tableau 5. Elles sont évaluées selon la classification de BERG :

- ❖ Vitesse très lente (TL): inférieur à 10cm/s.
- ❖ Vitesse lente (L): 10à 25cm/s.
- ❖ Vitesse moyenne (M): 25à 50cm/s.
- ❖ Vitesse rapide (R) : 50à 100cm /s.
- ❖ Vitesse très rapide (TR) : supérieur à 100cm/s.

Dans les stations étudiés, les vitesses du courants sont rapides aux stations O1, O4 et O5, moyenne dans la station O2 et lente dans les stations O3 et O6.

Tableau 5 : Altitude, largeur du lit et vitesse du courant mesuré aux stations d'étude.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitude(m)	700	500	1100	600	300	200
Largeur du lit(m)	2	3.5 à 4	3	2	3	12
Vitesse du courant (Cm/S)	R	M	L	R	R	L

2.2.4. Le Substrat

La plupart des macroinvertébrés sont spécifiques pour un type bien précis de microhabitat. En effet, Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie.

Les cours d'eau présentent naturellement dans leur ensemble une grande diversité structurelle qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitats : galets, rochers, sable, limons, dépôts de débris végétaux et par conséquent une grande diversité faunistique. Les mousses et les végétaux sont des supports très favorables car ils servent également de nourriture et d'abris pour la faune. Ainsi, la diversité de la communauté benthique reflète la diversité des substrats.

Dans les cours d'eau étudiés, on distingue deux grands types de substrat : le substrat minéral et le substrat végétal. L'importance relative de chaque catégorie est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimée par observation directe à l'échelle de la station (Tableau 6).

La distribution des stations en fonction de l'altitude et de la nature du substrat montre une hétérogénéité du substratum au sein de tous les étages altitudinaux. Aux stations d'altitude le cas des stations O3 et O1, le substrat est à dominance de gros galets et de graviers.

En revanche, dans les stations de basse altitude, le cas des stations O5 et O6. Il est plutôt hétérogène : galets-graviers, sable-limon avec présence d'une végétation aquatique (Tableau 6).

Tableau 6 : Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Galets-graviers(%)	70	80	70	70	70	0
Sable-Limons(%)	15	10	10	15	10	50
Matière Organique(%)	0	10	10	15	10	25
Végétation aquatique(%)	15	20	15	10	15	30

2.3. Méthodes d'étude

2.3.1. Technique de prélèvement de la faune benthique

L'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier pour obtenir un bilan aussi complet que possible des taxons présents dans les cours d'eau.

Dans les six stations choisies, les habitats les plus représentatifs ont fait l'objet d'échantillonnage. Les récoltes ont été effectuées par station, en cherchant une représentativité maximale, par échantillonnage de quelques microhabitats présents. Ceux-ci sont caractérisés par un couple substrat-vitesse. Les prélèvements sont effectués dans des zones peu profondes (inférieure à 60cm) sur des surfaces de l'ordre de 0.5 m².

La récolte de la faune benthique à été réalisée en une seule campagne en juin 2021.

L'échantillonnage est réalisé à l'aide d'un filet d'ouverture circulaire de 30cm de diamètre et de 275µm de vide de mailles. Ce dernier est placé sur le fond du lit du cours d'eau à un endroit choisi par l'opérateur, l'ouverture face au courant. Le substrat se trouvant dans la surface d'échantillonnage est lavé, récupérant ainsi les larves, les nymphes dans le filet et les adultes. Les formes solidement fixées sont détachées à l'aide d'une pince entomologique, la faune interstitielle est récupérée par raclage du fond sur une dizaine de centimètres environ.

2.3.2. Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont recueillis dans des sachets en plastique contenant un liquide de conservation : formol à 8%. Chaque sachet porte une étiquette sur laquelle sont mentionnées la date, le numéro et les caractéristiques de la station à chaque prélèvement.

2.3.3. Tri et identification

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 taille décroissante (diamètre 5 ; 2.5 ; 0.3mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...) Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine contenant de l'eau puis transvasé dans des béciers de 250 ml (photo 9).



Photo 9: Matériel utilisé pour le lavage au laboratoire.

- 1 : Tamis. 2 : Bac 3 : Echantillon. 4 : Bécher.
5 : Boite de pétri. 6 : Ciseau. 7 : Pince.

Un pré-tri et une identification de la faune est faite sous la loupe binoculaire. Les organismes sont manipulés à l'aide d'une pince fine dans des boîtes à pétrie à fond quadrillé.

La conservation se fait avec de l'éthanol à 75% dans des piluliers en verre en mettant des étiquettes indiquant le type de prélèvement, la date de capture, le nom de la station et la famille récoltée (photo 10).

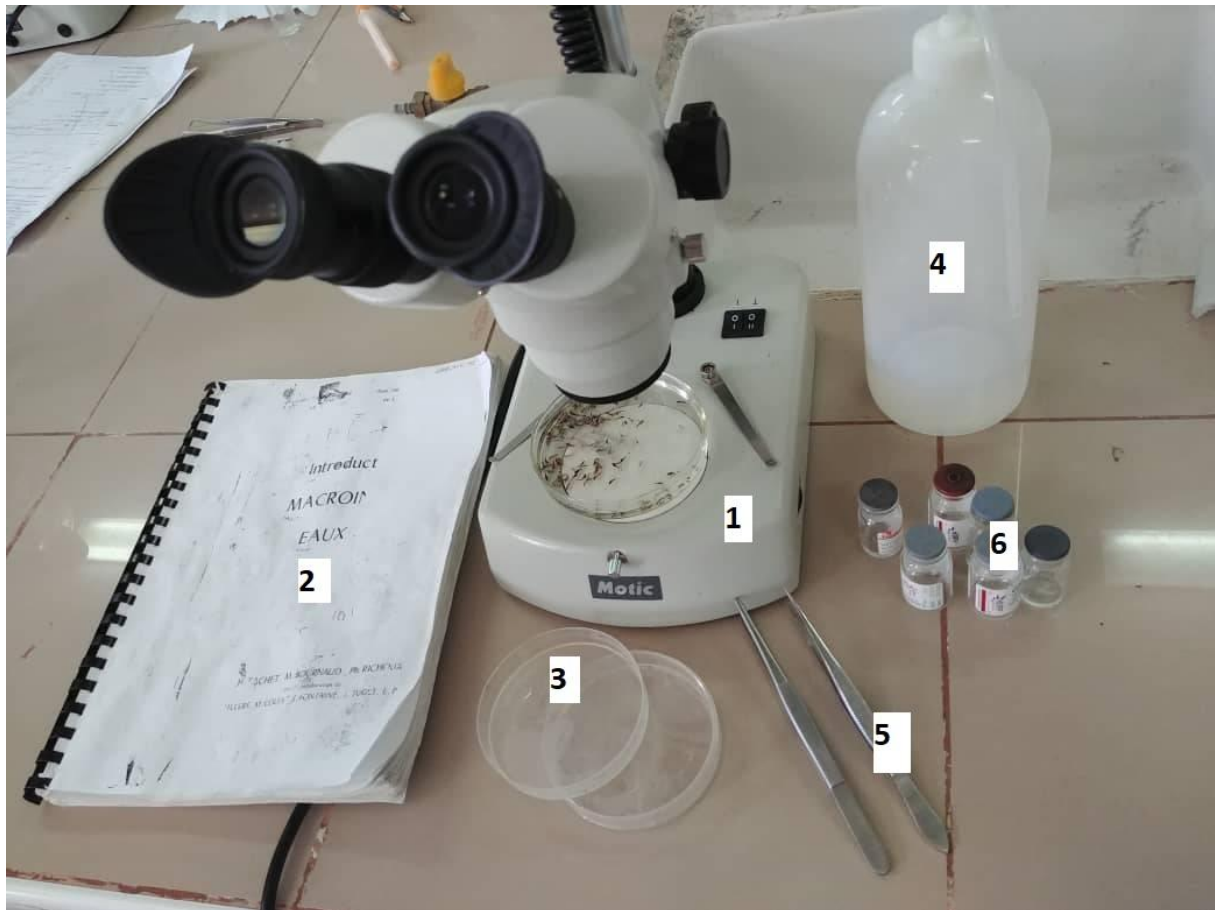


Photo 10: Matériel utilisé pour le tri et la détermination au laboratoire.

1: Loupe binoculaire. 2: Clé de détermination. 3: Boite de pétri.

4: Alcool. 5: Pincés. 6: Piluliers.

L'unité taxonomique retenue dans ce travail est le genre. Pour se faire, la détermination a été effectuée avec l'appui de Madame HAOUCHINE, Madame SEKHI et Monsieur LAMINE et aussi à l'aide des clés de détermination suivantes : TACHET & *al.*(1980,2000).

2.4. Méthode d'analyse de la structure du peuplement.

2.4.1. Indice de diversité

Un certain nombre d'indices de diversité doit être utilisé pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale de peuplement différents ou de l'état étudiés à des moments différents (BARBAULT, 1995).

Il s'agit de la richesse taxonomique, l'abondance et l'occurrence des espèces. Ils permettent aussi de comparer entre deux peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 2006).

❖ Richesse spécifique

L'étape de base dans l'étude des communautés consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir de la richesse spécifique ou taxonomique, c'est à dire le nombre total d'espèces effectivement présentes sur un site a un moment donné (RAMADE, 2003). La richesse taxonomique est fréquemment utilisée comme une variable qui intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité. Cette mesure est jugée insuffisante puisqu'elle ne permet pas de différencier des peuplements qui comporteraient un même nombre d'espèces mais avec des abondances relatives très différentes (BARBAULT, 2008).

❖ Abondance relative des espèces

C'est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Elle représente le nombre d'individus du taxon (i) par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus (RAMADE, 2003). Cet indice est variable dans l'espace et dans le temps.

L'abondance relative d'une espèce est en fonction de la façon de partager des ressources naturelles dans son biotope, ses valeurs sont données par la formule suivante :

ni : nombre d'individus de l'espèce ;

$$A (\%) = 100 * ni / N$$

N : nombre total d'individus.

❖ Occurrence relative 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 (Pi) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre total de relevés réalisés (P) dans une même station. Elle est calculée par la formule suivante :

$$Oc (\%) = 100 * Pi / P$$

- **Pi** : nombre de prélèvements où l'espèce (i) est présente ;
- **P** : nombre total de prélèvement

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

OC >100 % Espèce omniprésente.

OC] 100% - 75%] Espèces constante.

OC] 75%- 50%] Espèce très fréquente.

OC [50% – 25%] Espèce fréquente.

OC] 25%- 5%] Espèce accessoire.

OC < 5% Espèce rare.

❖ Indice de diversité de Shannon- Weaver H'

De tous les indices, l'indice de diversité de Shannon- Weaver est le plus utilisé dans l'étude comparative des peuplements (SHANNON & WEAVER, 1963). Il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce. Cet indice a pour unité << Bit >> et est calculer à partir de la formule suivante :

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

Avec $P_i = n_i/N$.

n_i : nombre d'individus de l'espèce de rang (i).

N : nombre total d'individus.

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; 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 5.

2.5. Indice de structure

❖ Equitabilité (PIELOU, 1969)

L'indice d'équitabilité a été mis au point pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon. Cet indice est dérivé de celui de Shannon-Weaver.

On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équirépartition ou diversité maximale (H'_{max}), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu. Dans ce cas :

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

H' : Indices de Shannon-Weaver.

S : Richesse spécifique.

Log2 : Logarithme a base 2.

Ln 2=0.30.

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 d'individus.

2.6. Traitement statistique des données

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

2.6.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Le but de l'ACP est de donner une représentation synthétique et graphique de **P** individus dans un espace de dimensions réduites (en général dans 2 ou 3 dimensions), sachant que l'on part d'un espace à **n** dimension, **n** étant le nombre de variable mesurée.

Le principe de cette analyse est de créer, à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, de nouvelles variables synthétiques non corrélées entre elles et de variance décroissante appelées composantes principales de manière à minimiser la perte d'information lors de la réduction de dimension, c'est-à-dire de minimiser la variance totale.

❖ Classification ascendante hiérarchique (HAC)

Les méthodes de classification ascendante hiérarchique (CAP) sont basées sur la mesure de la similarité entre individus ou plutôt de façon équivalente de leur dissimilarité.

La CAH est destinée à reproduire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères. Elle procéde en fait à la construction de classes (paquets) par agglomérations successive des objets deux a deux, qui fournissent une hiérarchie de partition des objets.

Pour le CAH réalisées, l'indice de similarité utilisé est celui de la distance euclidienne. Les représentations ont été réalisées sous forme d'arborescence à racine.

❖ **Corrélation de Spearman**

Le test de Pearson calcule et élabore des matrices de coefficients de corrélation ainsi que des covariances pour toutes les paires de variables d'une liste (option de matrice carré) ou pour chaque paire de variable formée en prenant une variable de chacune de deux listes de variables (option matrice rectangulaire).

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre deux séries données (HELD, 2010). Il peut prendre les valeurs $[-1 \text{ à } +1]$; une valeur de $+1$ montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante.

Une valeur de -1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissant ; et une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles.

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0.8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0.5 (BOLBAOCA et JANTSCHI, 2006).

2.7. Logiciels de calcul

Le logiciel « R » nous a permis de réaliser et donner les représentations graphiques des analyses multivariées de type ACP et AFC.

3.1. Analyse globale de la faune benthique dans les stations étudiées

Le benthos se répartit de façon hétérogène en fonction de la nature du substrat. Sa distribution dépend des conditions environnementales. Ainsi tout un changement du milieu entraîne des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique.

La présente étude faunistique a permis de recenser au cours de nos prélèvements du 03 juin 2021 la capture d'un total de 15091 individus appartenant à douze groupes zoologiques, 47 familles et 52 genres (tableau 7).

Sur le plan qualitatif, les insectes représentent le pourcentage le plus élevé avec 41 taxons, soit 91.45%. Les autres taxons : Planaires, Oligochètes, Achètes, Mollusques, Crustacés et Hydracariens sont moins représentés avec 11 taxons soit 8.64% (Figure 7).

Le groupe le mieux représenté est celui des Diptères avec 12 familles. Viennent ensuite les Coléoptères avec 11 familles. Ils sont suivis par les Hétéroptères et les Ephéméroptères avec 4 familles chacune et les Trichoptères, les Mollusques, les Oligochètes et les Vers avec 3 familles chacune. Les crustacés et les plécoptères avec 2 familles. Enfin, les Planaires et les Hydracariens ne sont représentés que par une seule famille chacune.

Tableau 7 : Nombre de taxons par groupes zoologiques.

Groupe taxonomique	Nombre de familles	Nombre de genres
Planaires	1	1
Oligochètes	3	3
Achètes	1	1
Mollusques	3	3
Crustacés	2	2
Hydracariens	1	1
Ephéméroptères	4	5
Plécoptères	2	2
Hétéroptères	4	4
Coléoptères	11	15
Trichoptères	3	3
Diptères	12	12
Total	47	52

Tableau 8 : Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.

Stations	Code	O3	O1	O4	O2	O5	O6	Ab	AbR	Occ	OccR
Altitude(m)		1100	700	600	500	300	200				
PLANAIRE											
Dugesiiidae											
<i>Dugesia</i>	<i>Dug</i>					3	6	9	0.059	2	33.33%
Total						3	6		0.059		
OLIGOCHETES											
Naididae	<i>Nai</i>	40	10	130				180	1.19	3	60%
Tubificidae	<i>Tub</i>		10		3	11	4	28	0.18	4	66.66%
Lumbricidae	<i>Lum</i>	3	8	3	5	7		26	0.17	5	83.33%
Total		43	28	133	8	18	4		1.54		
ACHETES											
Hirudidae	<i>Hir</i>	3			3		3	9	0.059	3	50%
Total		3			3		3		0.059		
MOLLUSQUES											
Ancylidae											
<i>Ancylus</i>	<i>Anc</i>	174	192	21	249	56		692	4.58	5	83.33%
Planorbidae										1	16.66%
<i>Planorbis</i>	<i>Pla</i>				4			4	0.026		
Physidae											
<i>Physa</i>	<i>Phy</i>						3	3	0.019	1	16.66%
Total		174	192	21	253	56	3		4.63		
HYDRACARIENS											
Hydracarina	<i>Hyd</i>	14	307		7	15	7	350	2.31	5	83.33%
Total		14	307		7	15	7		2.31		
CRUSTACES											
Gammaridae											
<i>Gammarus</i>	<i>Gam</i>					3		3	0.019	1	16.66%
Potamonidae											
<i>Potamon</i>	<i>Pot</i>					3		3	0.019	1	16.66%
Total						6			0.038		
EPHEMEROPTERES											
Caenidae											
<i>Caenis</i>	<i>Cae</i>	23	25	45	420	15	280	808	5.35	6	100%
Baetidae											
<i>Baetis</i>	<i>Bae</i>	20	545	691	31	143	72	1502	9.95	6	100%
<i>Centroptilum</i>	<i>Cen</i>	8					23	31	0.20	2	33.33%
Ephemerellidae											
<i>Ephemerella</i>	<i>Eph</i>	3	12					15	0.099	2	33.33%
Leptophlebiidae											
<i>Habrophlebia</i>	<i>Hab</i>	79	5	38	5	140		267	1.76	5	83.33%
Total		133	587	774	456	298	375		17.35		
PLECOPTERES											
Nemouridae											
<i>Nemoura</i>	<i>Nem</i>	5						5	0.033	1	16.66%
Perlodidae											
<i>Isoperla</i>	<i>Iso</i>						6	6	0.039	1	16.66%
Total		5					6		0.072		
HETEROPTERES											
Hydrometridae											
<i>Hydrometra</i>	<i>Hyd</i>			3		3	3	9	0.059	3	50%

Stations	Code	O3	O1	O4	O2	O5	O6	Ab	Ab R	Occ	Occ R
Mesoveliidae											
<i>Mesovelia</i>	<i>Mes</i>					3		3	0.019	1	16.66%
Gerridae											
<i>Gerris</i>	<i>Ger</i>	3			3			6	0.039	2	33.33%
Naucoridae											
<i>Naucoris</i>	<i>Nau</i>	5	3			3		11	0.027	3	50%
Total		8	3	3	3	9	3		0.144		
COLEOPTERES											
Gyrinidae											
<i>Aulonogyrus</i>	<i>Aul</i>		5					5	0.033	1	16.66%
<i>Gyrinus</i>	<i>Gyr</i>	5	11		3	22	10	51	0.33	5	83.33%
Dytiscidae											
<i>Dytiscus</i>	<i>Dyt</i>	14					5	19	0.12	2	33.33%
Haliplidae											
<i>Haliplus</i>	<i>Hal</i>	3						3	0.019	1	16.66%
Hydrophilidae											
<i>Hydrophilus</i>	<i>Hyd</i>		3					3	0.019	1	16.66%
Limnebiidae											
<i>Limnebius</i>	<i>Lim</i>			3	4			7	0.046	2	33.33%
Hydraenidae											
<i>Ochthebius</i>	<i>Och</i>		30	5	5	3		43	0.28	4	66.66%
<i>Hydraena</i>	<i>Hyd</i>	4	79	11	110	37		241	1.59	5	83.66%
Dryopidae											
<i>Dryops</i>	<i>Dry</i>	3					3	6	0.039	2	33.33%
Elmidae											
<i>Elmis</i>	<i>Elm</i>				11			11	0.072	1	16.66%
<i>Oulmnius</i>	<i>Oul</i>				17			17	0.11	1	16.66%
<i>Riolus</i>	<i>Rio</i>						3	3	0.019	1	16.66%
Staphilinidae											
<i>Staphilinus</i>	<i>Sta</i>	3		3	19			25	0.16	3	50%
Noteridae											
<i>Noterus</i>	<i>Not</i>		4					4	0.026	1	16.66%
Hydroporinae											
<i>Hydrovatus</i>	<i>Hyd</i>	17		3		11	13	44	0.29	4	66.66%
Total		49	132	25	169	73	34		3.43		
TRICHOPTERES											
Rhyacophilidae											
<i>Rhyacophila</i>	<i>Rhy</i>		3	8	6			17	0.11	3	50%
Hydropsychidae											
<i>Hydropsyche</i>	<i>Hyd</i>			3	20			23	0.15	2	33.33%
Hydroptilidae											
<i>Hydroptila</i>	<i>Hyd</i>		3					3	0.019	1	16.66%
Total			6	11	26				0.279		
DIPTERES											
Blephariceridae											
<i>Blephariceridae</i>	<i>Ble</i>			3				3	0.019	1	16.66%
Tipulidae											
<i>Tipulidae</i>	<i>Tip</i>		3		8		5	16	0.10	3	50%
Limoniidae											
<i>Limoniidae</i>	<i>Lim</i>	7		3	5	39	8	62	0.41	5	83.33%
Psychodidae											
<i>Psychodidae</i>	<i>Psy</i>		3	3	4	3		13	0.086	4	66.66%
Dixidae											
<i>Dixidae</i>	<i>Dix</i>	3	3			3		9	0.059	3	50%
Simuliidae											
<i>Simuliidae</i>	<i>Sim</i>	10	461	8529	102	110	20	9232	61.17	6	100%
Chironomidae											
<i>Chironomidae</i>	<i>Chi</i>	202	656	40	240	5	50	1193	7.90	6	100%
Ceratopogonidae											
<i>Ceratopogonidae</i>	<i>Cer</i>	19	3					22	0.14	2	33.33%

Stations	Code	O3	O1	O4	O2	O5	O6	Ab	Ab R	Occ	Occ R
Stratiomyidae	Str					3		3	0.019	1	16.66%
Dolichopodidae	Dol					3		3	0.019	1	16.66%
Ephydriidae	Eph		3	3	3		3	12	0.08	4	66.66%
Anthomyidae	Ant		12	3	10		3	28	0.18	4	66.66%
Total		241	1144	8584	372	166	89		70.18		
Effectif Total		670	2399	9551	1297	644	530				
Occurance		25	26	21	26	24	21				

Ab : Abondance des taxons.

Ab R : Abondance relative des taxons.

Occ : Occurrence des taxons.

Occ R : Occurrence relative des taxons.

3.2. La répartition de la faune

Sur le plan quantitatif, les Diptères, sont largement dominants, ils représentent 70.18% (soit 10596 individus de la faune récolté). En deuxième position viennent les Ephemeroptères avec 17.35% (soit 2623 individus de la faune totale). Ils sont abondants pratiquement dans toutes les stations.

Les Mollusques, les Coléoptères, les Hydracariens et les Oligochètes occupent respectivement la 3ème, 4ème, 5ème et 6ème place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 4.63% (699 individus), 3.43% (482 individus), 2.31% (350 individus) et 1.54% (234 individus).

Les Trichoptères (0.28%), les Héteroptères (0.14%), les Plécoptères (0.07%), les planaires (0.06%), les Oligochètes (0.06%) et les Crustacées (0.04%) sont faiblement représentés. Ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée (Figure7).

La richesse spécifique des cours d'eau étudiés ici parait relativement moins diversifiée. Comparé aux peuplements benthiques des réseaux hydrographiques des études les plus récentes de la même région (MEBARKI,2001 ; LOUNACI, 2005 ; HAOUCHINE, 2011 ; LAMINE, 2021). Cette différence de richesse taxonomique notée entre ces réseaux relèverait de certaines causes : la sécheresse, la rareté, voire l'absence dans les cours d'eau étudiés de certains taxons.

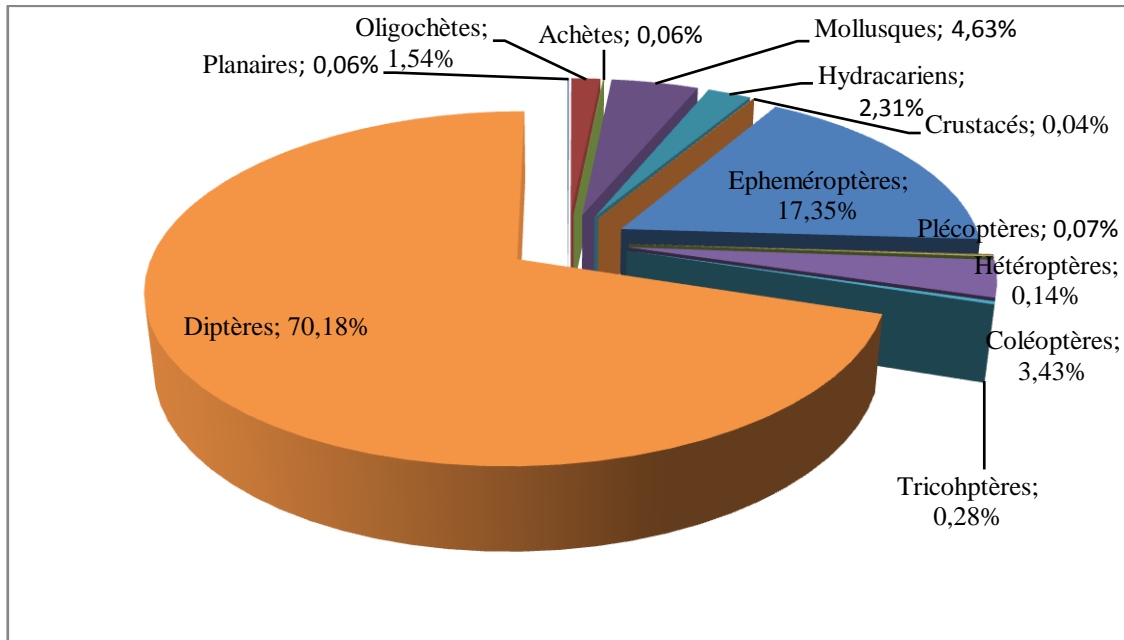


Figure 7 : Abondance des taxons dans les stations étudiées.

3.3. La richesse taxonomique

La Kabylie, de part son relief et sa topographie, offre une multitude de biotopes aquatiques très divers. La lecture de la figure 8 illustre la richesse taxonomique aux stations étudiées (Annexe 9).

Les cours d'eaux étudiés, de par leur topographie et leur hydrologie, offrent une grande diversité de biotope aquatique. La lecture de la figure 8 relative à la richesse taxonomique de chaque station montre que les stations amont renferment la plus grande richesse taxonomique.

Le peuplement le plus diversifié est observé à la station O1 et O2 (26 taxons) et a un degré moindre aux stations O3 (25 taxons), O5 (24 taxons), Les stations O4 et O6 (21 taxons) le peuplement est situés en moyenne montagne et en basse altitude entre 600m et 200m d'altitude.

Les stations amont O1 et O3 des cours d'eau dont l'altitude est comprises entre 700m et 1100m, renferment plus de 75% de la richesse taxonomique totale, entre 25 et 26 taxons.

Ces zones constituent en effet des milieux favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée grâce à un substrat hétérogène, une végétation environnante relativement abondante, une vitesse du courant rapide a modérée, une profondeur de lame d'eau (20cm-

40cm). Elles hébergent des espèces du rhithal, avec d'autres éléments à large répartition et aussi les espèces remontantes en altitude fuyant les perturbations d'aval.

La station O4 (600m d'altitude) enregistre une richesse taxonomique relativement réduite (21 taxons). Cette réduction est à mettre en relation à la nature du substrat et à la faible profondeur de la lame d'eau (20cm). Dans ce type de milieux, ne peuvent persister que les espèces les plus alticoles.

La station O5 (Alt : 300m) enregistre une richesse taxonomique de 25 taxons. Ce sont des secteurs à perturbations intermédiaires caractérisés par un substrat hétérogène avec présence de matière organique et végétation aquatique, une vitesse du courant rapide. Ils hébergent principalement les espèces thermophiles.

En basse altitude (O6, Alt : 200m), le nombre de taxons récolté est considérablement réduit : 21 taxons ceci est dû au substrat à dominance de sable et de matière organique, et à l'impact négatif de perturbations anthropiques. Ce type de milieu héberge une faune particulièrement pauvre.

L'analyse de l'évolution de la richesse spécifique le long des stations montre bien que la diversité n'évolue pas en fonction d'altitude seulement (figure 8). L'arrangement des stations par ordre décroissant de la diversité illustre parfaitement cette observation car le nombre de taxa est important aussi bien que dans les zones supérieures des cours d'eau que dans celles de moyenne montagne et de piémont comme l'on montré ainsi les travaux de LOUNACI *et al.* (2000a) ; MEBARKI (2001) et LAMINE (2021).

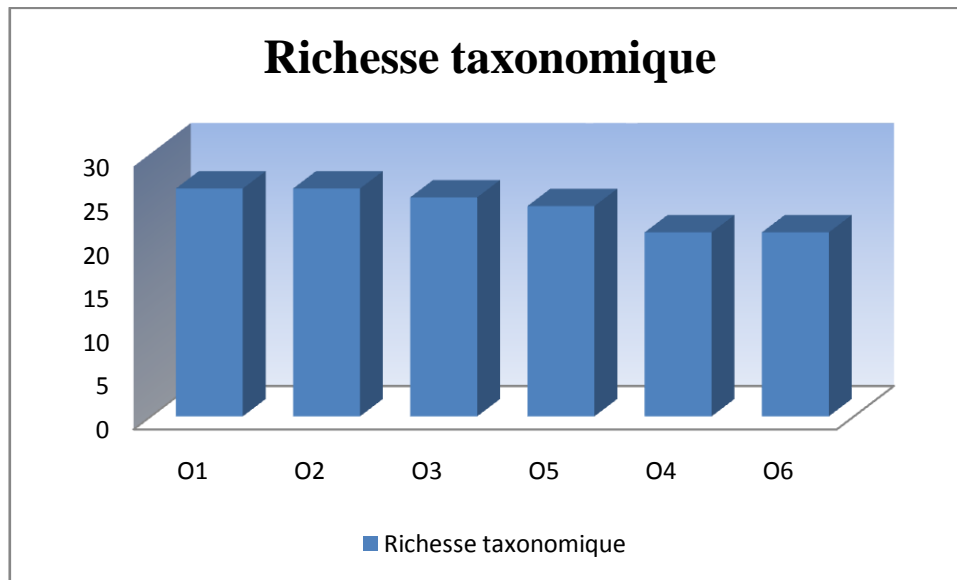


Figure 8 : Richesse taxonomique aux stations étudiées.

3.4. Abondance

Les prélèvements effectués ont permis de récolter un total de 15091 individus. L'abondance de chaque taxon par 0.5 m² fluctue d'une station à l'autre, variant de 9551 à 530 individus (Annexe 10).

Les sites affectés par une légère pollution organique sont des stations d'altitude et de moyenne montagne (Alt : 700,500m), ont une abondance importante du fait de la prolifération des Ephéméroptère Baetidae, des Vers et des Diptères Chironomidae. C'est le cas des stations (O4, O1 et O2) où les abondances varient entre 1297 et 9551 individus. (Tableau 10 et Figure 9).

Quant aux stations O3, O5 et O6, elles ont une structure déséquilibrée avec une abondance qui varie entre 530 et 670 individus. En effet les perturbations observées dans les secteurs de ces stations se traduisent par une modification du substrat, et plus celui-ci s'uniformise, plus le nombre de niches écologiques diminue suivi d'une réduction du nombre d'espèces. Seuls quelques espèces ubiquistes arrivent à proliférer (Diptères, Ephéméroptères Baetidae).

Les variations d'effectifs par stations enregistrées peuvent s'expliquer par l'assèchement prononcé observé durant la période d'échantillonnage.

On note durant les trois dernières années une perturbation climatique qui se traduit par une sécheresse accentuée, qui est la cause de multiples changements qualitatifs et quantitatifs

du peuplement benthique. Cette macrofaune est en effet sensible aux caractéristiques de son environnement telles que des variables interdépendantes comme la température, l'oxygénation, le débit, la turbulence, la lumière, mais aussi la vitesse d'écoulement, la profondeur et le substrat.

Selon PARLESAN (2006) les effets physiologiques, la phénologie des organismes, le rythme saisonnier des événements de leur cycle de vie est susceptible d'être affectée par le changement climatique. Par ailleurs les modifications de la phénologie constituent un impact majeur de ce changement pour un grands nombre d'espèces.

Enfin la dernière alternative face à une agression, et plus particulièrement face aux effets du changement climatique consiste à quitter l'environnement responsable du stress pour un milieu plus accueillant. Les conséquences d'une telle réponse écologique se répercutent sur la distribution spatiale des organismes avec des déplacements d'ample variable. En effet les espèces se distribuent selon des zones de conditions environnementales favorables, le plus souvent à travers des seuils spécifiques de tolérance à la température et aux précipitations.

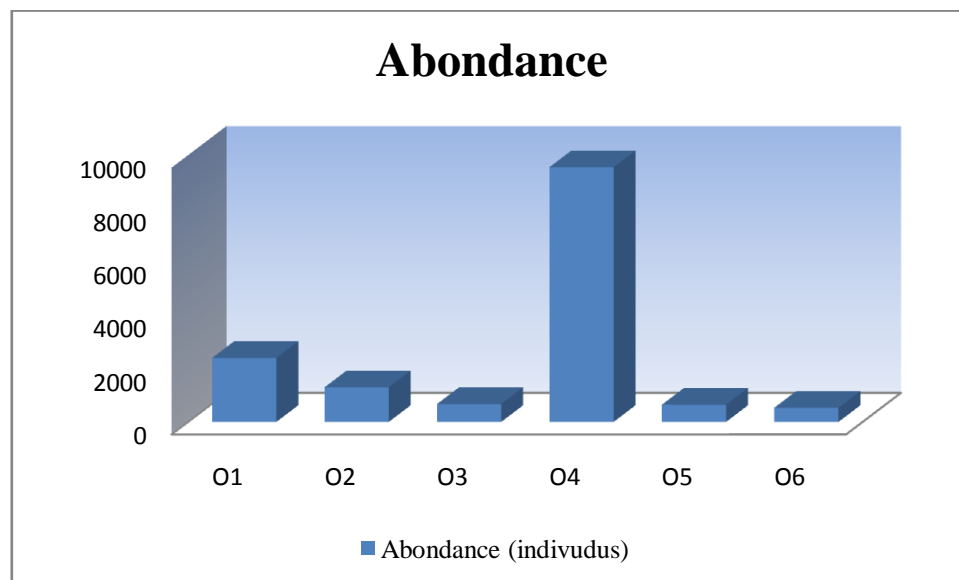


Figure 9 : Abondance de la faune globale dans les stations d'étude.

3.5. Occurrence et abondance de la faune benthique

Les figures 11 et 12 visualisent graphiquement l'occurrence et l'abondance des taxons récoltés dans les 6 stations. Ils peuvent être classés en trois groupes.

➤ Taxons dominants et occurrents

Ce sont des éléments très occurrents (omniprésents) et à large valence écologique : Les Ephéméroptères (Ceanidae, Beatidae, Liptopheliidae), les Diptères (Tipulidae, Limonidae, Psychodidae, Dixidae, Simulidae, Chironomidae, Ephydriidae, Anthomyidae), Oligochètes (Tubificidae, Lumbricidae), les Achètes, les Mollusques (Ancyliidae), les Coléoptères (Gyrinus, Hydraenidae, Hydroporinae, Staphilinidae), les Hétéroptères (Hydrometridae, Naucoridae), les Trichoptères (Rhyacophilidae) et les Hydracariens sont très occurrents, eurythermes et eurytopes, ils colonisent tous les types d'habitat indépendamment du substrat ainsi que la vitesse du courant.

➤ Taxons peu abondants et peu fréquents

On les appelle aussi les taxons constants dont leur fréquence d'occurrence sont comprises entre 25% à 50%, ce sont des éléments à population peu dense, sténothermes et moins eurytherme : Les Planaires (Dugesiidae), les Oligochètes (Naididae), les Ephéméroptères (Ephemerellidae), les Coléoptères (Limnobiidae), les Trichoptères (Hydropsychidae), les Diptères (Ceratopogonidae).

➤ Taxons rares

Ce sont des taxons accidentels, à la fois très peu abondants et très peu fréquents, ces taxons sont très localisés, ils sont récoltés dans une ou deux stations des cours d'eau de la Kabylie. Ce sont les taxons de biotopes bien spécialisés. Nous pouvons citer : les Mollusques (Planorbidae, Physidae), les Crustacés (Gammaridae, Potamonidae), les Plécoptères (Nemouridae, Perlodidae), les Hétéroptères (Mesoveliidae), les Coléoptères (Aulonogyrus, Haliplidae, Hydrophilidae, Elmidae, Noteridae), les Trichoptères (Hydroptilidae) et les Diptères (Blephariceridae, Stratiomyidae).

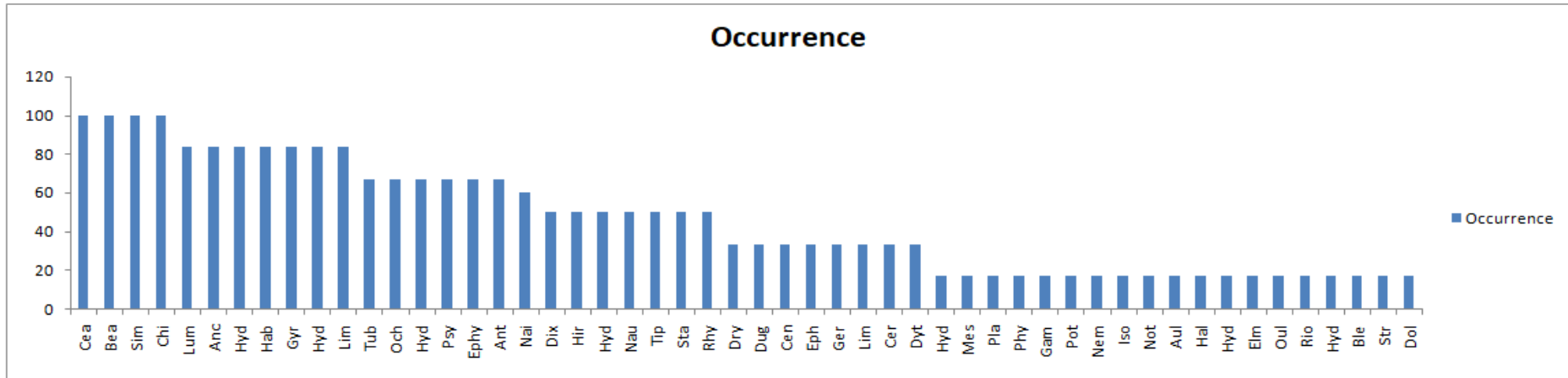


Figure 11 : Occurrence des taxons dans les cours d’eaux étudiés.

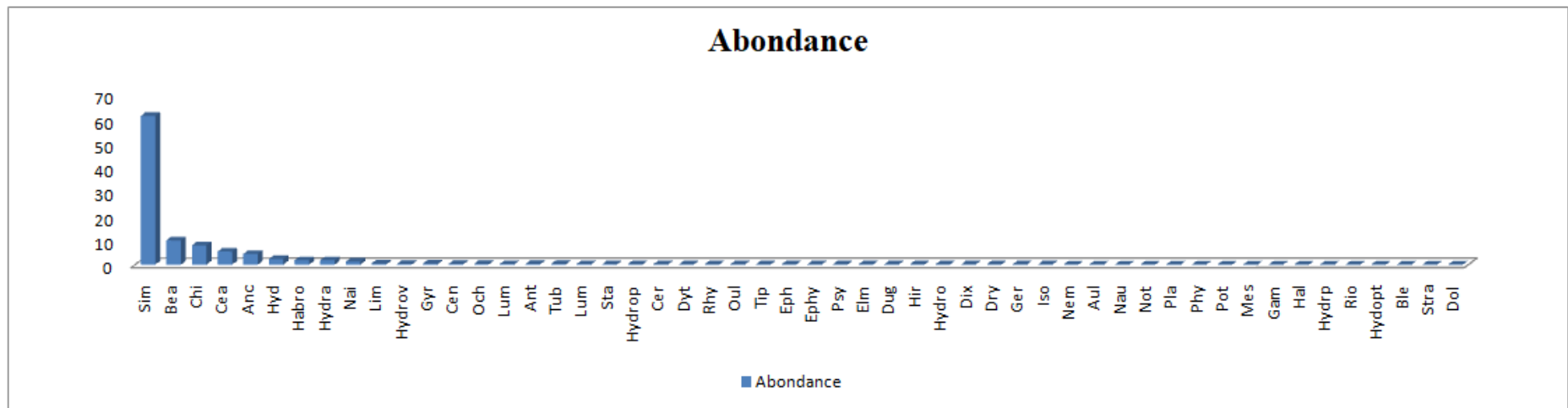


Figure 12 : Abondance des taxons dans les cours d’eaux étudiés.

3.6. Diversité et Equitabilité

D'après BOURNAUD & KECK (1980), l'indice de Shannon et Weaver (1994) présente l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative des différents taxons. L'annexe 11 montre l'indice de diversité H' et d'équitabilité E calculé pour chaque station.

Les profils de variations des deux indices H' et E présentent la même allure. Globalement les cours d'eau étudiés présentent des indices H' et E' assez élevés, ils oscillent autour de 2 pour H' et 0,6 pour E (Figure 13).

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

Les valeurs de H' et de E varient respectivement entre un maximum de $H' = 2.27$ et $E = 0.71$ enregistrée à la station O3 et un minimum de $H' = 0.85$ et de $E = 0.32$ notée a la station O4.

Les stations O2, O3 et O5 représentent les indices les plus élevés avec un H' compris entre 2.08 et 2.27. Ces stations sont caractérisées par l'hétérogénéité du substrat à dominance de galets et la stabilité du milieu. Ces stations présentent un peuplement assez diversifié où plusieurs taxons sont bien représentés.

Les stations O1, O4 et O6 présentent des indices moins élevés que les précédentes avec respectivement un H' de : 1.69, 0.85, 1.42 et E de : 0.52, 0.42, 0.32.

Dans les secteurs de ces stations, le substrat riche en matière organique a affecté les espèces polluo-sensible et a induit un développement d'une faune adaptés (Beatidae, Dytiscidae, Isoperla)

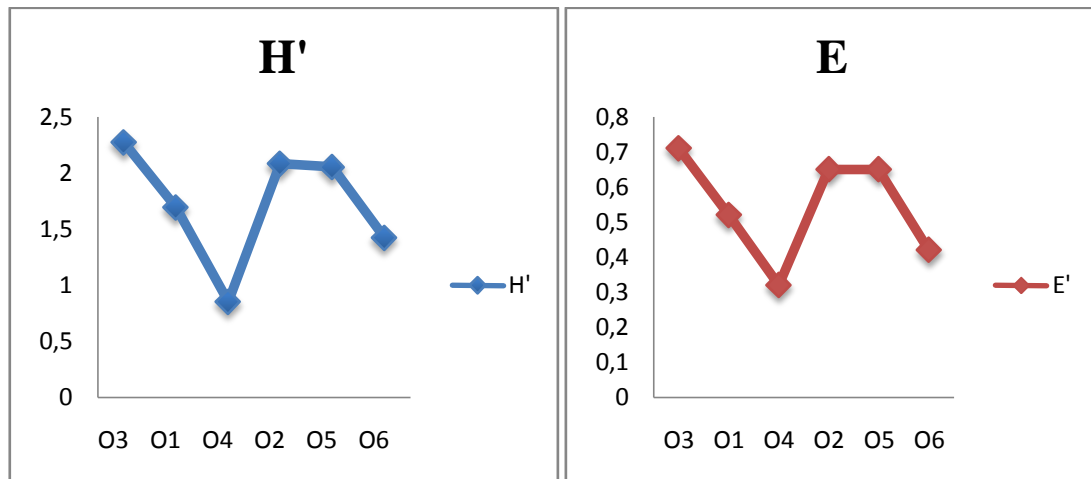


Figure13 : Evolution des indices de Shannon H' et indices d'équitabilité E dans les stations.

3.7. Analyses quantitative et qualitative de la faune benthique

3.6.1. Les Diptères

Les Diptères se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique (TACHET *et al.* 2010). Ils sont répartis de l'équateur aux régions polaires et bénéficient d'une grande capacité de coloniser les biotopes les plus variés : sources, rivières, lacs, marais, littoral marin, etc. Ils sont parmi les invertébrés aquatiques les mieux représentés aussi bien en nombre d'espèces que d'individus.

Dans les cours d'eau étudiés, les Diptères comptent 10687 individus (soit, 70.18 % de la faune totale). Ils appartiennent à 12 familles : Simuliidae, Chironomidae, Limoniidae, Dixidae, Bléphareceridae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Stratiomyidae, Psychodidae, Ephyridae, Anthomyidae, Dolichopodidae (Figure 14).

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

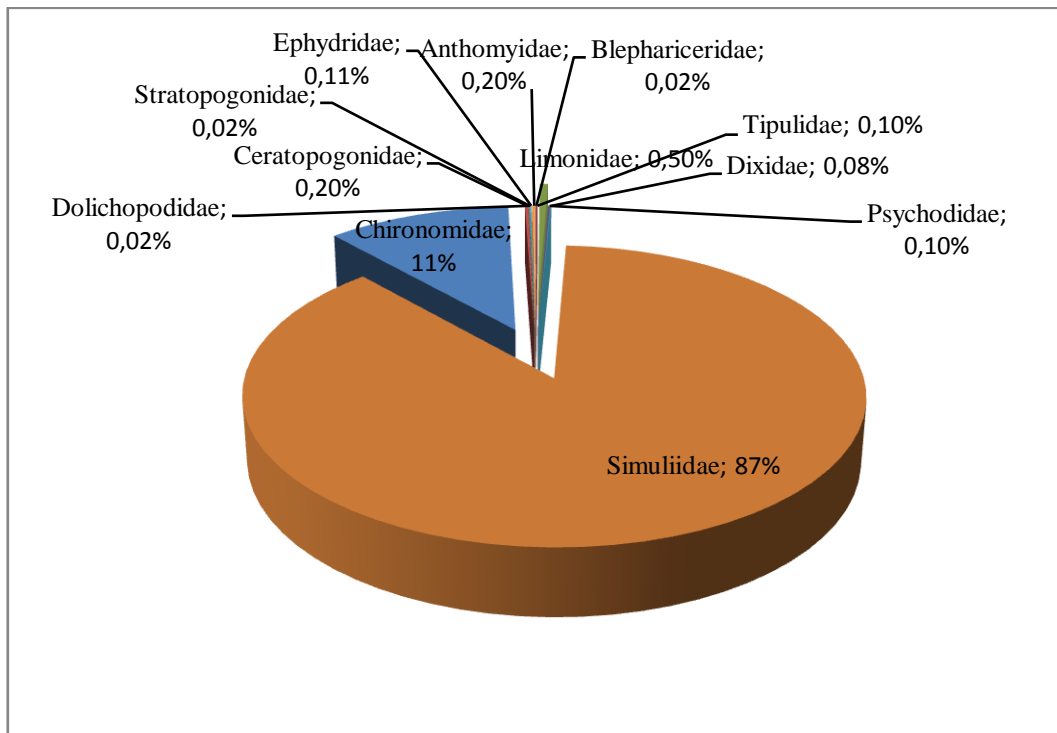


Figure14 : Répartition des Diptères récoltés.

Cette famille possède la plus grande richesse de tous les groupes faunistiques considérés. Les éléments de ce groupe d'insecte possèdent non seulement une large distribution altitudinale, mais aussi une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués.

Les diptères Simuliidae, organismes rhéophiles occupent la première place dans l'ordre des Diptères (9232 individus) et sont présents dans toutes les stations (Figure 15). Ils constituent 87% du peuplement. Leur répartition longitudinale est très hétérogène. Leur développement semble très important dans les zones amont des cours d'eau. Ceci peut s'expliquer par le développement des formes terrencolles adaptées aux courants les plus forts et par la préférence de ces organismes pour les substrats à granulométrie grossière plus ou moins riche en végétation aquatique.

La famille des Chironomidae se caractérise aussi par sa grande diversité écologique et biogéographique. Elle occupe la deuxième place dans l'ordre des diptères (1193individus) soit 11%. Ces éléments sont parmi les invertébrés du macrobenthos les mieux représentés en nombre d'espèce et d'individus. Ils ont la capacité de coloniser des milieux divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non pollué et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matières organiques.

Les autres familles dans l'ordre des diptères sont peu abondantes. Elles ne se présentent que 171 individus (soit 2% des Diptères). Limonidae : 62 individus (soit 0.50%), Anthomyidae : 28 individus (soit 0.20%), Ceratopogonidae : 22 individus (soit 0.20%), Tipulidae : 16 individus (soit 0.10%), Psychodidae : 13 individus (soit 0.10%), Ephydriidae : 12 individus (soit 0.11%), Dixidae : 9 individus (soit 0.08%), Blephariceridae : 3 individus (0.02%), Stratiomyidae : 3 individus (0.02%), Dolichopodidae : 3 individus (0.02%).

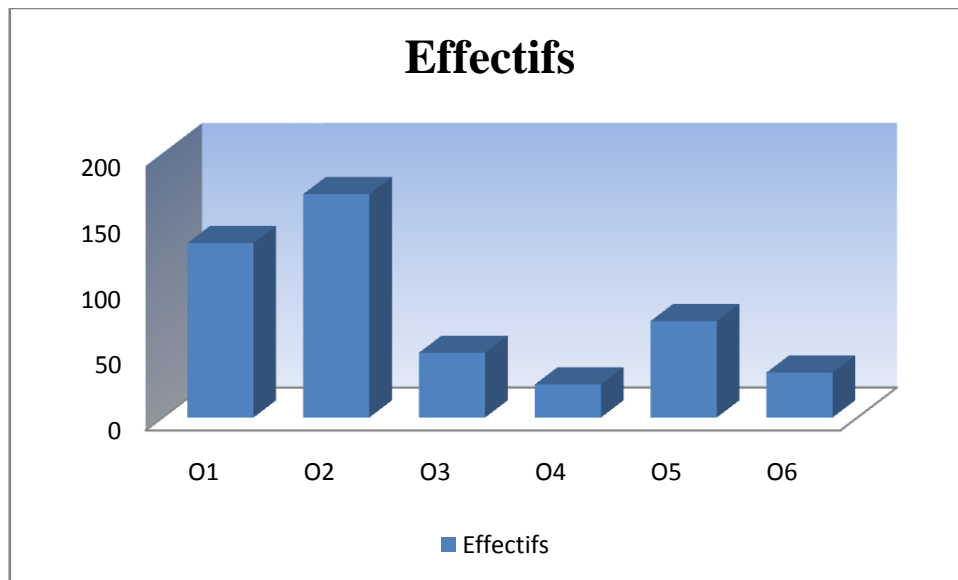


Figure 15 : Répartition des Diptères dans les stations d'étude.

3.6.2. Ephéméroptères

Les Ephéméroptères sont des insectes hémimétaboles qui présentent un stade unique dans la classe des insectes (le subimago) qui précède le stade imaginal (WEBER et WEIDNER, 1974). Leur développement larvaire complet dure en moyenne dix à vingt jours en fonction de la température de l'eau (ELLIOT & HUMPECH, 1983).

Les larves d'Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux courantes. Elles occupent le plus souvent, dans les principaux biotopes des torrents, des ruisseaux et des rivières, le premier rang des insectes aquatiques (THOMAS, 1981).

Les Ephéméroptères récoltés dans les stations étudiées comptent 2379 individus, soit 17.35 % de la faune totale. Ils appartiennent à 4 familles et 5 genres (Figure 16).

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées met en évidence leur importance dans les zones de piémont et de basses altitudes (stations O1 et O4) qui constituent les zones les plus hétérogènes. En effet ces secteurs de cours d'eau dont les

habitats sont caractérisés par des températures relativement élevées et un substrat hétérogène riche en matière organique légère, offrant des conditions fortement favorables au développement d'une faune plus abondante et assez diversifiée.

LOUNACI et al. (2000a) ont établi une liste de 23 espèces dans les cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. SOLDAN et al. (2005) ont décrit deux nouvelles espèces du genre *Baetis* : *B. sinespinosus* et *B. chelif*. MEBARKI et al citent 27 taxa dans les cours d'eau du Nord de l'Algérie dont 18 ont été signalés dans le réseau hydrographique du Sébaou.

Les études existantes consacrées à l'aspect écologique des espèces de ce groupe d'insectes, restent limitées dans le temps et dans l'espace. Cependant, diverses études ont été initiées afin de déterminer l'influence des paramètres environnementaux sur la diversité des macroinvertébrés aquatiques et ont pu ainsi démontrer l'existence de différents gradients de diversité spécifique : altitudinal et saisonnier (GAGNEUR & THOMAS, 1988 ; LOUNACI et al., 2000b ; MEBARKI, 2001 ; CHAÏB et al., 2011 ; CHAÏB et al., 2013 ; BEBBA et al., 2015 ; BOUCHELOUCHE et al., 2015 ; HAMZAOUI et al., 2015 ; HAFIANE et al., 2016 et MEBARKI et al., 2017 ; LAMINE , 2021).

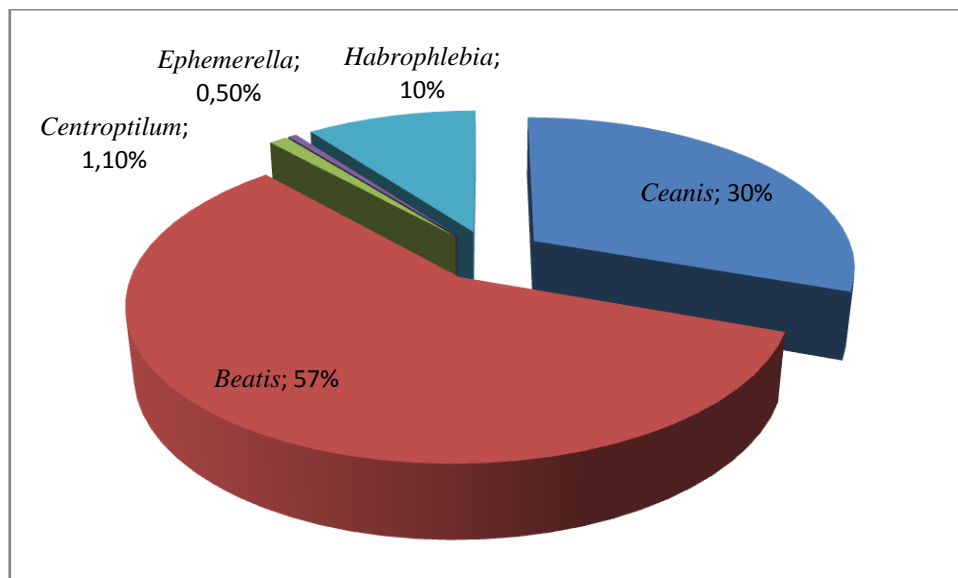


Figure 16 : Répartition des Ephéméroptères récoltés.

➤ **Famille des Baetidae**

La famille des Baetidae a une très vaste répartition mondiale (HOARAU & HOAREAU, 1999 et TACHET *et al.* 2010). Selon BENMOUSSA *et al.* (2014), les éléments de cette famille supportent la pollution et les températures élevées.

Elle est représentée avec un total de 1533 individus (soit 58% de total des Ephéméroptères) et répartie en 2 genres :

Baetis : a été récolté en altitude et en plaine, aussi bien dans des sections rapides que dans des sections à courant faible. C'est le genre le plus abondant et le plus fréquent dans des cours d'eau étudiés. Il compte 1502 individus, soit 57% des Ephéméroptères récoltés, ce sont des espèces à caractère eurytope et sont présents dans toutes les stations (figure 17).

Centroptilum: Ce taxon semble tolérer les grandes variations de température et la présence de matière organique. Il compte 31 individus, soit 1.10% des Ephéméroptères récoltés. Il est fréquent mais moins abondant.

➤ **Famille des Caenidae**

La famille des Caenidae est représentée par un seul genre : *Caenis*. Ces éléments sont des formes rompantes, recherchant les fonds à granulométrie fine des eaux calmes. Les Caenidae sont largement répandus en Afrique du Nord. Ils sont fréquents aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante. Ils sont thermophiles et à spectre écologique assez large (DAKKI & EL AGBANI, 1983).

Dans les cours d'eau étudiés, les Caenidae sont observés dans les milieux les plus diversifiés mais ils sont surtout abondants dans les zones des habitats de piémont. Il compte 808 individus, soit 30% des Ephéméroptères. Ce genre est présent dans toutes les stations (figure 18).

Dans les cours d'eaux de Kabylie, LOUNACI (1987), AIT MOULOUD (1988), LOUNACI & DAOUDI (1996), MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005) s'accordent à dire que les éléments du genre *Caenis* sont eurythermes et qu'ils sont inféodés aux cours d'eau moyens et inférieurs.

➤ **Famille des Leptophlebiidae**

Le seul représentant de cette famille est le genre *Habrophlebia*. Il est présent parmi les Leptophlebiidae dans les pays circumméditerranéens les éléments de ce genre présentent les

plus grandes difficultés de détermination tant aux stades larvaires qu'imaginaux (SARTORI, 1986).

Cet élément alticole, est représenté par 267 individus soit 10% des Ephéméroptères. Il est présent dans toutes les stations étudiées mais les effectifs les plus élevés sont notés dans les stations O3 et O6 (Figure 18).

Il est inféodé aux habitats de moyenne montagne mais semble rechercher les biotopes frais. Il représente l'exemple typique de remontée des espèces vers l'amont, parfois même aux alentours des sources, fuyant les élévations excessives des températures. Cette constatation est en accord avec les auteurs ayant travaillé sur les cours d'eau de Kabylie (LOUNACI, 1987 ; AIT MOULOU, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; MEBARKI, 2001 et LOUNACI, 2005).

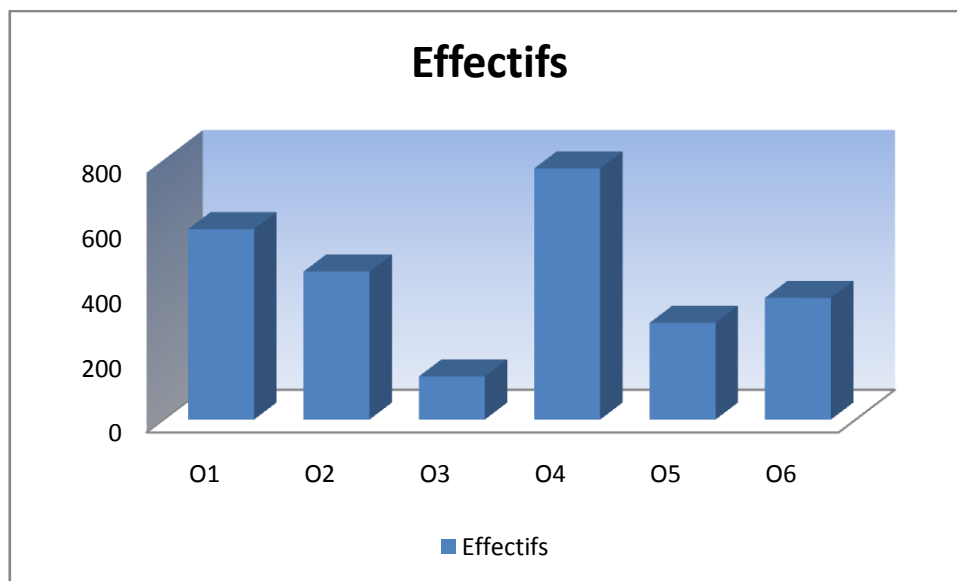


Figure 17 : Répartition des Ephéméroptères dans les stations d'étude.

3.6.3. Les Mollusques

Les Mollusques ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental. La teneur en calcium, la nature du substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur la prolifération et la répartition des Mollusques dans les eaux continentales (HAOUCHINE, 2011).

Dans les cours d'eau étudiés, 699 individus (soit 4.66 % de la faune totale). Ils appartiennent à 3 familles : Ancyliidae (genre *Ancylus*) qui domine largement avec un total de 692 individus (soit 98 % des Mollusques). La deuxième famille des Planorbidae (avec le genre

Planorbis) est rare et localisé avec seulement 4 individus récoltés dans l'unique station O2 soit 0.5% du total des mollusques. La troisième famille Physidae (genre *Physa*) très rare avec 3 individus trouvés dans la station O6 seulement ils représentent 0.4% des mollusques (Figure 18).

Leur répartition longitudinale est très hétérogène. Leur développement semble plus important dans les zones amont des cours d'eau (Figure 19). Ce fait peut être attribué au développement des formes torrenticoles adaptées aux courants les plus forts, telle que : *Ancylus*.

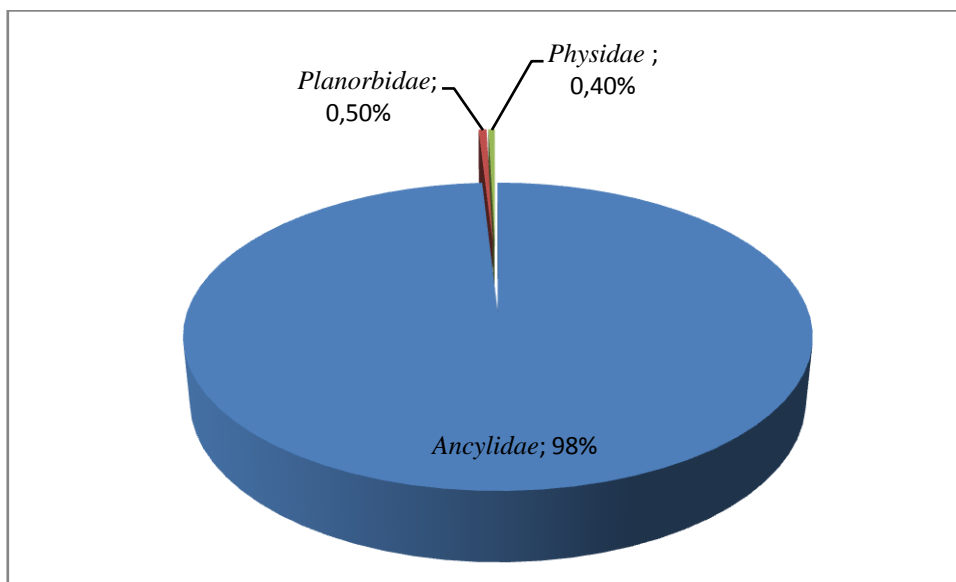


Figure 18 : Répartition des Mollusques récoltés.

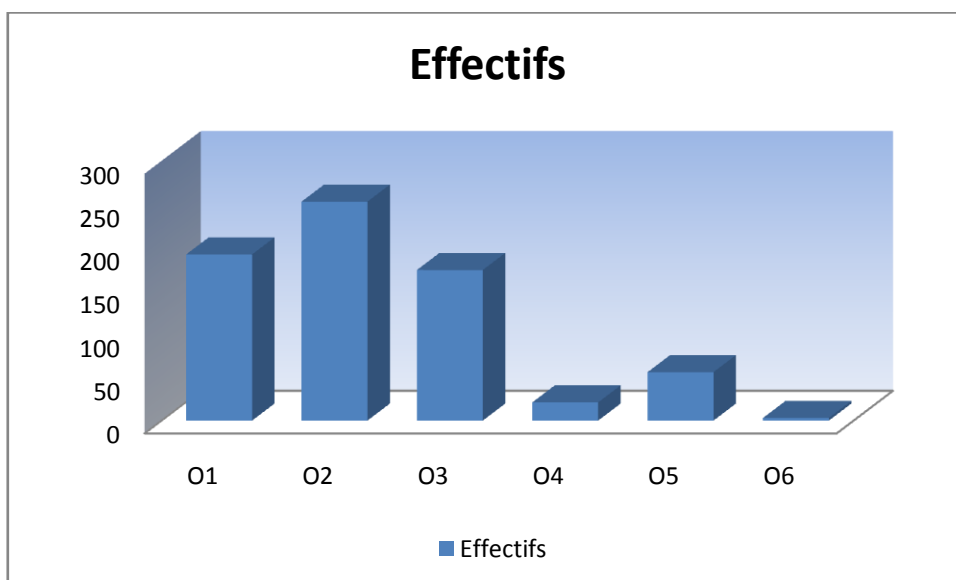


Figure 19 : Répartition des Mollusques dans les stations d'étude.

3.6.4. Les Coléoptères

Les Coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotopes. Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres. Ils colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation (TACHET *et al.* 1980).

De nombreuses études effectuées sur cet ordre d'insectes concernent la faune d'Afrique du Nord en général et d'Algérie en particulier. Plus récemment, dans le cadre d'études de la faune de macroinvertébrés d'eau courante, les récoltes effectuées par différents auteurs ont permis de contribuer à une meilleure connaissance de ce groupe d'insectes (LOUNACI, 1987 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI *et al.*, 2000a, 2000b ; LOUNACI, 2005 ; BOUKLI-HACENE *et al.*, 2012 ; LAMINE, 2021). Ces travaux ont permis de mettre en évidence plusieurs originalités biogéographiques.

Sur le plan diversité taxonomique, les Coléoptères constituent l'ordre le plus diversifié. Ils sont représentés par 11 familles et 15 genres (dont 7 familles sont exclusives à la station O3) (Figure 20).

Dans les cours d'eau étudiés, l'importance numérique des Coléoptères est relativement faible comparé aux Diptères et aux Ephéméroptères.

Le nombre total des Coléoptères récoltés est de 484 individus, soit 3.43% de la faune totale. Les Hydraenidae sont largement dominants avec 284 individus, soit 50% des Coléoptères. Viennent ensuite les deux familles Gyrinidae et Hydroporinae avec respectivement 56 et 44 individus, soit 11% et 9.10% chacune, et les autres familles sont faiblement représentées (Figure 20).

Certaines familles possèdent quelques représentants dont seule la phase larvaire est aquatique (Helodidae, Sphaeridiidae) ou seule la phase adulte est aquatique (Hydraenidae) alors que d'autres sont strictement aquatiques (Dryopidae, Elmidae, Hydrochidae) (BERTRAND, 1972 ; BERTHELEMY, 1979).

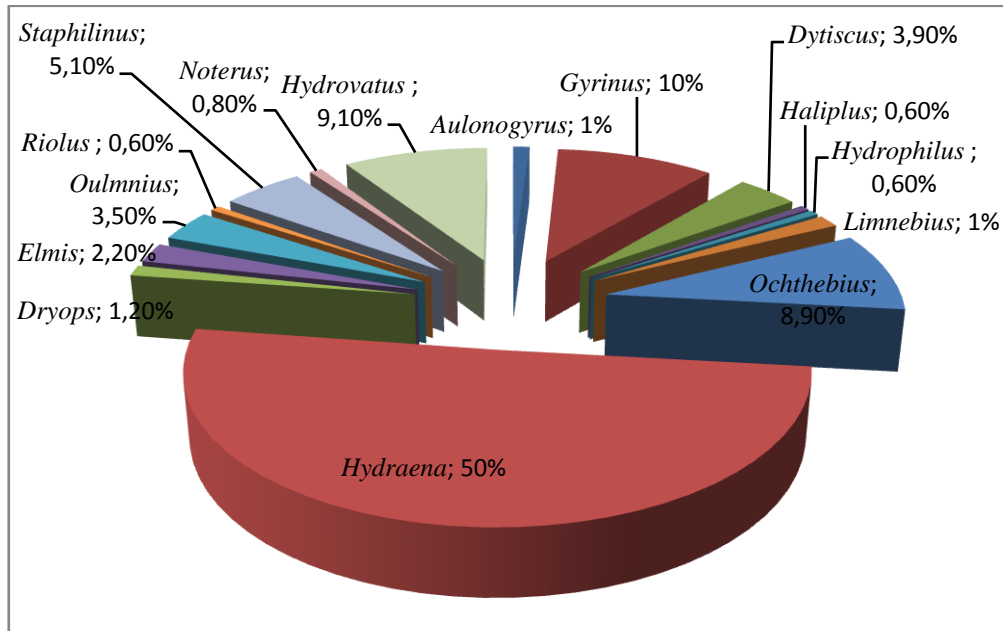


Figure 20 : Répartition des Coléoptères récoltés.

➤ Famille Hydraneidae

La famille des Hydraenidae occupe la 1ère place selon le nombre par rapport au total des Coléoptères. Elle compte 284 individus, soit 59 % des Coléoptères récoltés. Deux genres ont été identifiés :

Hydraena: Ce genre est largement dominant et totalise 241 individus, soit 50 % des Coléoptères. Il est présent dans toutes les stations sauf Thakhoukht. LOUNACI (2005) souligne que les éléments de ce genre sont eurythermes et à large valence écologique.

Ochthebius: Ce genre compte 43 individus, soit 8.9% du total des Coléoptères. Il a été retrouvé dans les stations : O1, O2, O4 et O5 (Figure21).

➤ Famille des Elmidae

Les Elmidae sont des organismes vivants dans les biotopes lotiques. Contrairement aux autres Coléoptères, ils sont fréquents, abondants et rhéophiles. Seuls quelques éléments, tels que les *Oulimnius* et *Esolus* sont eurythermes, présentent une faible tendance limnophile et peuvent coloniser les eaux peu courantes (BERTHELEMY, 1966).

Trois genres ont été identifiés sur 31 individus récoltés, soit 6.3% des Coléoptères recensés. Ils sont notés dans les stations O2 et O6 (Figure21).

Oulimnius : sont les taxons dominants. Ils comptent respectivement 17 individus (3.5%). Ils sont eurythermes et à répartition plus ou moins large.

Elmis : sont peu fréquents et peu abondants. Ce sont des espèces alticole. Ils se trouvent dans la station O2 avec 11 individus (soit 2.20% des coléoptères), principalement dans les biotopes de moyenne altitude (Alt : 500m).

Riolus :, sont rares dans nos prélèvements. Ils sont peu abondants et se cantonnent uniquement dans la station O6 avec 3 individus seulement spécialement dans les habitats de basse altitude (Alt : 200m).

➤ Famille des Dytiscidae

Les Dytiscidae constituent un des groupes les plus importants des Coléoptères aquatiques, groupe d'ailleurs bien homogène, bien distinct notamment des autres Adepaga aquatiques que l'on réunit parfois à eux sous la commune dénomination d'Hydrocanthares (BERTRAND, 1972).

Ils affectionnent principalement les milieux à eau peu courante, coulant sur des fonds meubles (sable, limons, matières organiques) et riches en végétation aquatique (macrophytes, algues).

Dans les cours d'eau étudiés, les Dytiscidae avec 19 individus forment 3.9 % du peuplement des Coléoptères. Les *Dytiscus* sont assez abondants et assez fréquents parmi les Dytiscidae.

➤ Famille des Haliplidae

Cette famille est représentée par un seul genre : *Halipus*. Ce genre est très peu abondant et très peu fréquents. Il est thermophile et limnophile. Il n'est présent que dans les stations de plaines et en faciès lentique, riche en végétation aquatique (macrophyte et algue), à courant lent coulant sur un substratum à granulométrie fine (sable, limon, vase) c'est le cas de la station O3.

➤ Famille des Hydrophilidae

Les Hydrophilidae sont représentés avec un seul genre *Hydrophilus*. Il est peu fréquent et peu abondant. Il est eurytherme et à large valence écologique. Ce dernier est présent que dans la station O1.

➤ Famille des Staphilinidae

Cette famille est représentée par un seul genre : *Staphilinus*. Il compte 25 individus soit 5.10 % des Coléoptères récoltés. Il est présent dans 3 stations : O1, O2 et O4 (Figure 21).

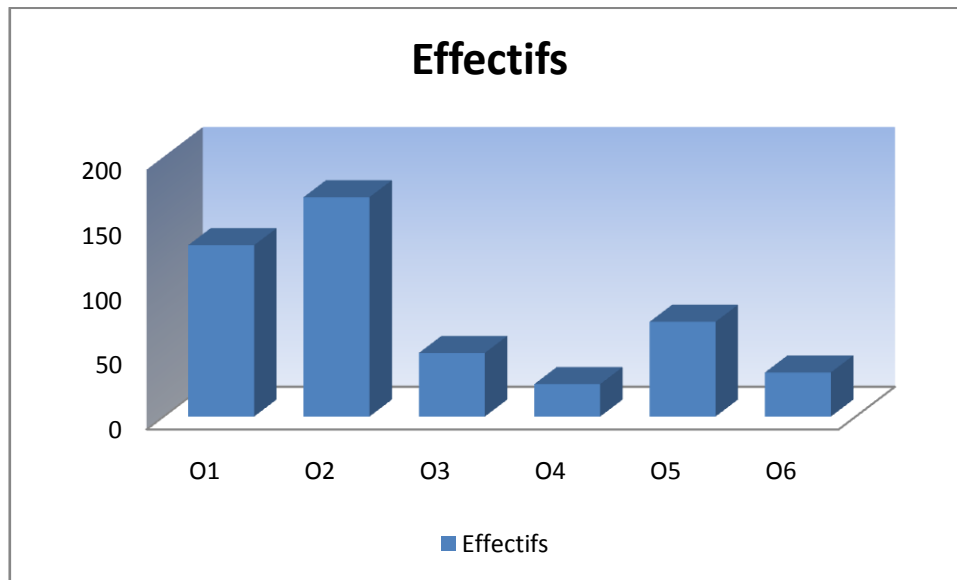


Figure 21 : Répartition des coléoptères dans les stations d'étude.

3.6.5. Les Oligochètes

Les Oligochètes fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux de sources jusqu'au cours d'eau de plaine. Ils sont surtout représentés dans les sections les plus proches des pollutions (HAOUCHINE, 2011).

Les vers colonisent divers types d'habitats. Certains affectionnent les milieux sablonneux ou limoneux-vaseux, d'autres la végétation aquatique (macrophytes), d'autres encore, les habitats à courant lent riches en débris végétaux. Les substrats à galets, graviers, macrophytes et débris végétaux constituent leur biotope préférentiel.

Dans les cours d'eau étudiés, les éléments de ce groupe sont représentés par 234 individus, soit 1.54% de la faune totale. Trois familles ont été identifiées : les Naididae, les Tubificidae et les Lumbricidae (Figure 22).

Les Naididae dominent largement, ils constituent 76% du total des Oligochètes. La station O4 enregistre le maximum des Naididae avec 133 individus recensés. Cette station est soumise aux effets néfastes de l'impact humain ce qui explique en partie la prolifération des Naididae dans cette station.

Les Tubificidae, avec 28 individus, forment 12% du peuplement. Les Lumbricidae sont faiblement représentés. Ils constituent 11% (26 individus) des Oligochètes.

Selon ECHAUBARD & NEVEU (1975), les Oligochètes sont abondants dans les eaux riches en matière organique.

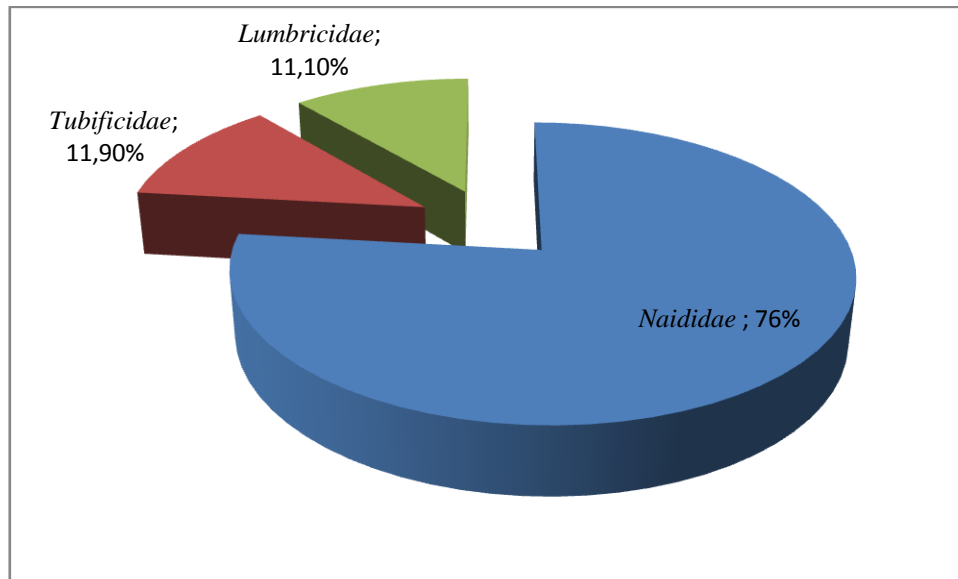


Figure 22 : Répartition des Oligochètes récoltés.

En effet, Les Oligochètes abondent les portions des cours d'eau à fond meuble (sable, limons, détritiques organiques) riches en végétations aquatiques. En effet, l'augmentation massive de ces populations dans les eaux riches en matières organiques a été souvent mentionnée (ECHAUBARD & NEVEU, 1975 ; TOURENQ, 1975).

La figure 23 montre que les Oligochètes présentent un développement très important de leurs populations au niveau des stations de piémont et de moyenne altitude. Ce développement est lié aux températures élevées et à la présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures, c'est le cas de la station O4.

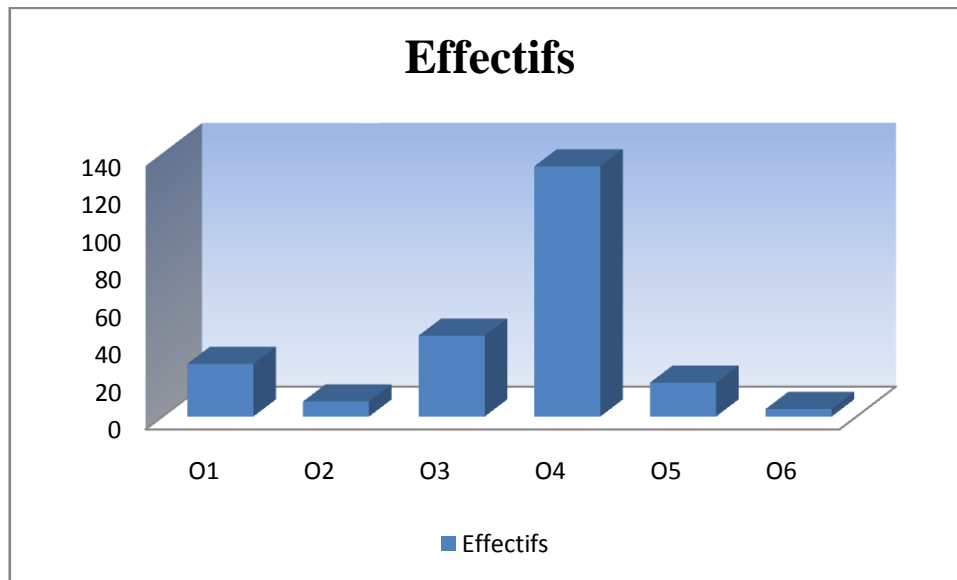


Figure 23 : Répartition des Oligochètes dans les stations d'étude.

3.6.6. Les Trichoptères

Les Trichoptères constituent l'un des groupes d'invertébrés benthiques les plus importants de la biodiversité aquatique continentale et sont parmi les groupes d'insectes les plus diversifiés de point de vue taxonomique et écologique. Ils sont utilisés comme indicateurs de la biodiversité des écosystèmes aquatiques (WILLIAMS & FELTMATE, 1992 ; WIGGINS, 2004) et présentent un large éventail de traits biologiques (GRAF et al, 2008). En effet, ils jouent un rôle primordial, aussi bien en termes de biodiversité et de leur fonction dans les réseaux hydrographiques que dans la production et la stabilité des écosystèmes (WALLACE & WEBSTER, 1996). De plus, ils ont la capacité de refléter l'intensité des différents facteurs de stress affectant les écosystèmes aquatiques (GRAF et al, 2008).

Le peuplement Trichoptérologique est sensible aux modifications des caractéristiques de chaque tronçon des cours d'eau. Les stations les plus en amont, avec un peuplement diversifié, représentent vraisemblablement un réservoir naturel d'espèces qui pourraient recoloniser les secteurs dégradés plus en aval, en cas d'une réduction de la pression anthropique actuelle (LAMINE 2021).

Sur plus de 14500 espèces décrites pour l'ordre des Trichoptères (MORSE, 2014), 926 sont cités dans le bassin méditerranéen (TIERNO DE FIGUEROA et al. 2012).

Les Trichoptères d'Algérie sont peu connus. La plupart des travaux sur ce groupe d'insectes ne fournissent que des données fragmentaires et ponctuelle (MORTON, 1896,

1898 ; NAVAS, 1917 et 1928 ; LESTAGE, 1925 ; GUATHIER, 1928 ; SEURAT, 1930 ; VAILANT, 1954, 1955 ; ARAB et al. 2004).

Quant aux travaux dédiés exclusivement aux Trichoptères, celle de SEKHI et al. (2016) sur les Trichoptères de la Kabylie, celle de SEKHI et al. (2019) sur la description de *Limnephilusbarbagaensisn.sp.* D'Algérie, et la découverte de Micropterustestacea dans le Maghreb, et celle de LAMINE, (2021).

Ce travail, axé sur l'étude des données faunistiques, a pour objet l'analyse de la répartition des espèces selon l'altitude et l'habitat, et doit contribuer à une meilleure connaissance des éléments de ce groupe d'insectes et de leur distribution. Les Trichoptères récoltés dans ce dernier comptent 43 individus, soit 0.28 % de la faune totale récoltée. Ils appartiennent à 3 familles et 3 genres (Figure 24).

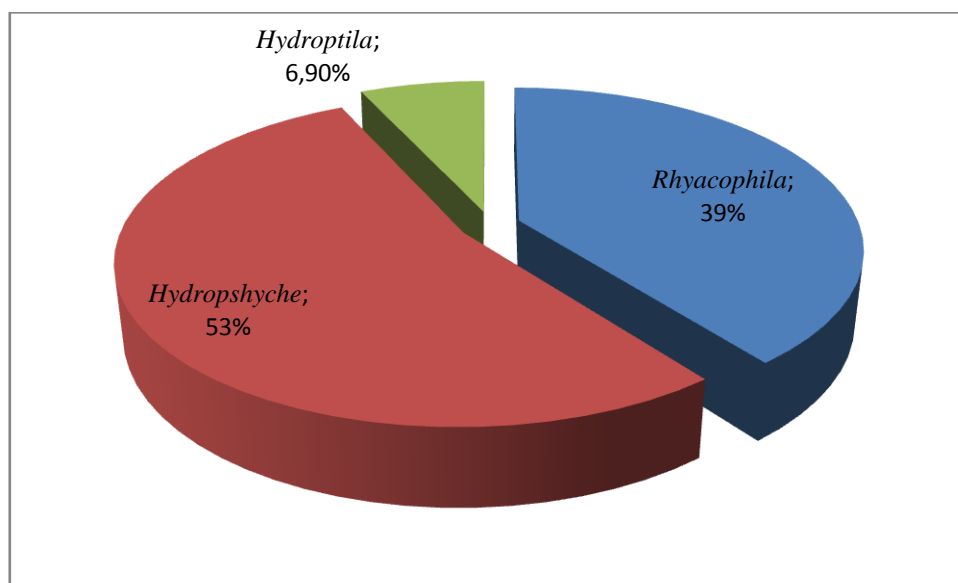


Figure 24 : Répartition des Trichoptères récoltés.

➤ **Famille des Hydropsychidae**

Cette famille compte 23 individus (soit 53% du peuplement trichoptérologique). Elle est représentée par un seul genre : *Hydropsyche*, présent da la station O2 et O4. Il est largement dominant avec un maximum d'effectif noté dans la station O2 avec 20 individus. Selon LOUNACI (2005), ce taxon est eurytherme, il présente une large répartition altitudinale. Il est le Trichoptère le plus abondant et le plus fréquent des cours d'eau d'Algérie.

➤ **Famille des Rhyacophilidae**

Cette famille est représentée par l'unique genre *Rhyacophila*. Il compte 17 individus, soit 39 % des Trichoptères inventoriés. Il est présent dans les stations : O1, O4 et O2 (Figure 25).

Selon HAJJI *et al.*, (2012), ce taxon est eurytope et eurytherme, il occupe des biotopes très variés caractérisés par des substrats fins, riche en sable et gravier.

➤ **Famille des Hydroptilidae**

Elle est représentée par le seul genre *Hydroptila*. Il compte 3 individus, soit 7% des Trichoptères récoltés. Il se cantonne uniquement dans la station O1 (Figure25).

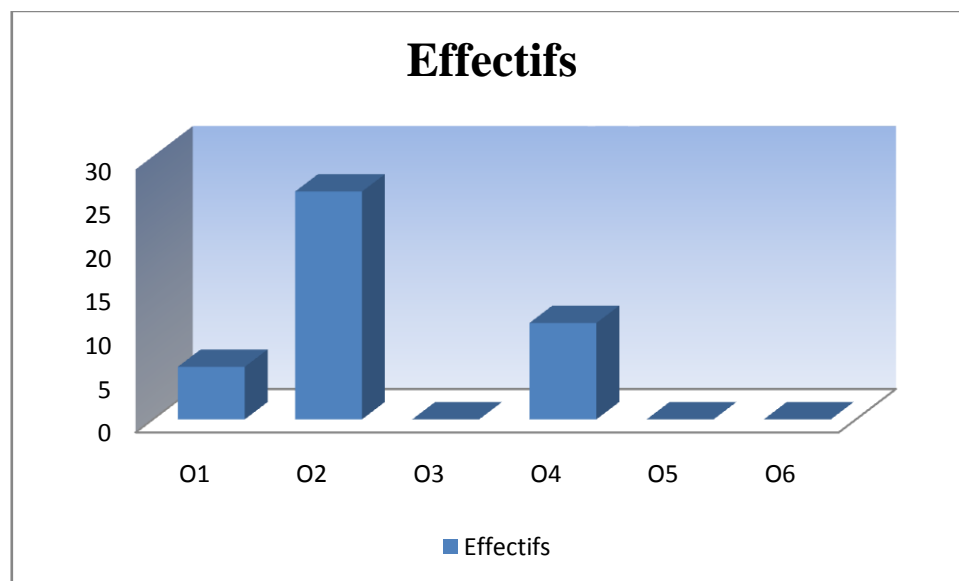


Figure 25 : Répartition des Trichoptères dans les stations d'étude.

3.6.7. Les Héteroïptères

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

DETHIER (1985-1986), signale que les Héteroïptères aquatiques sont avant tout des Insectes d'eau stagnante. En eau courante, ils colonisent les zones lénitiques ou les biotopes

abrités du courant. La nature des rives (cailloux, vase, sable et végétation) joue un rôle important dans la biologie et l'écologie des éléments de ce groupe d'insectes.

Les Hétéroptères sont peu abondants, et peu fréquents, ils comptent 29 individus, soit 0,14 % du peuplement benthique. Ils se répartissent en 4 familles et 4 genres (Figure 26).

La plupart des éléments de ce groupe sont observés surtout dans les stations de montagne et de piémont (Figure 26). Ce sont pour la plupart, des formes rhibiontes inféodées aux habitats abrités du courant. Quant aux formes potamophiles, elles vivent dans les faciès à eau calme.

La répartition des Hétéroptères dans les cours d'eau étudiés est certainement incomplète.

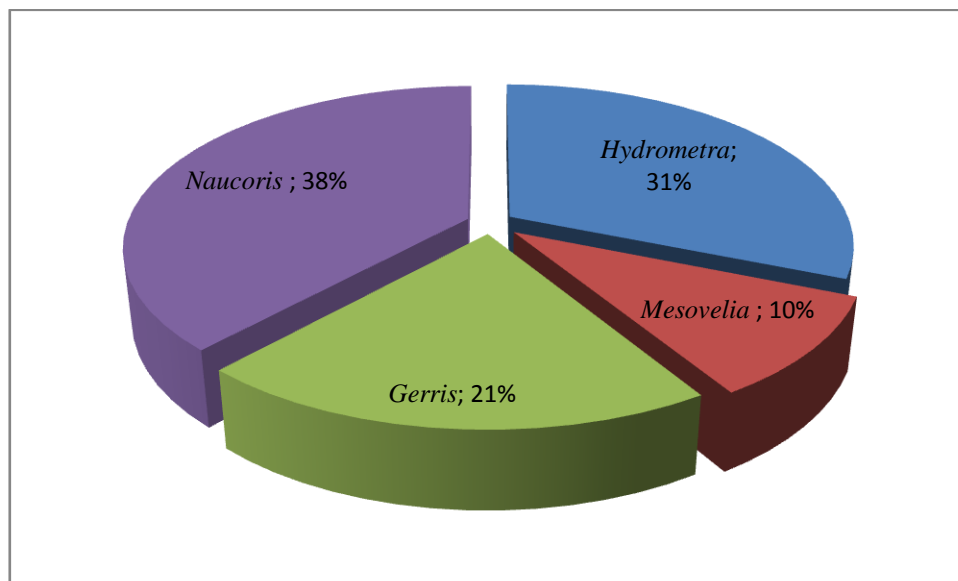


Figure 26 : Répartition des Hétéroptères récoltés.

➤ **Famille des Naucoridae**

La famille des Naucoridae est la plus diversifiée dans nos prélèvements. Elle est connue par 11 individus (soit 38%) appartenant au genre : *Naucoris*, provenant de 3 stations O3, O1 et O5 (Figure 27).

➤ **Famille des Hydrometridae**

La famille des Hydrometridae est représentée par un seul genre : *Hydrometra*. Ce taxon se cantonne dans les stations : O4, O5 et O6 récolté avec un faible effectif de 9 individus (soit 31% du total des Hétéroptères). Ce sont des biotopes à courant faible, parfois

bordés de végétation au niveau des bords des cours d'eau, sur les rives et parmi la végétation flottante.

➤ **Famille des Gerridae**

Elle est représentée par un seul genre *Gerris* qui totalise 6 individus. Soit 21% des Hétéroptères. Il est présent dans la station O3 et O2.

➤ **Famille des Mesoveliidae**

Cette famille est représentée par un seul genre : *Mesovelia*, il compte 3 individus (soit 10 % des Hétéroptères), sont présents que dans la station O5.

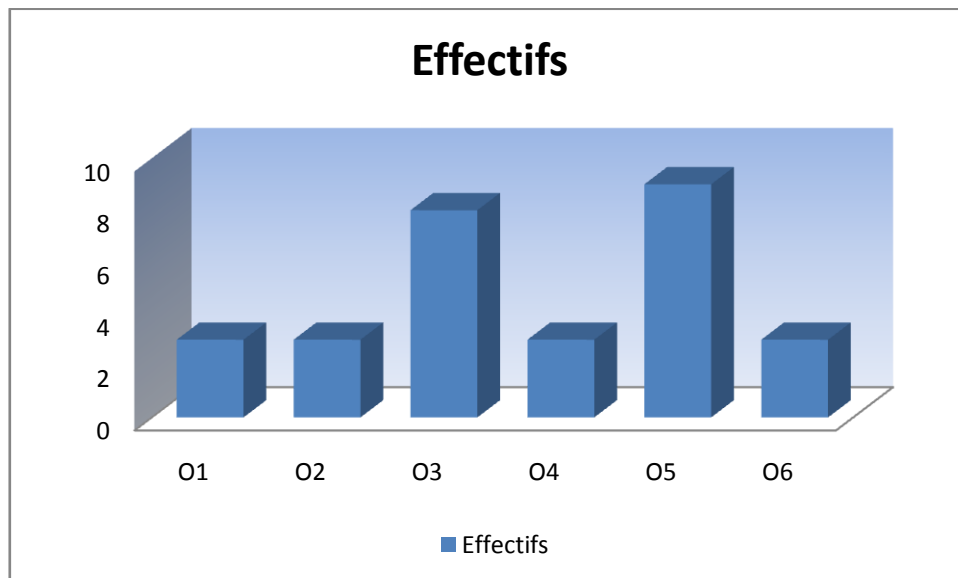


Figure 27 : Répartition des Hétéroptères dans les stations d'étude.

3.6.8. Les Plécoptères

Les plécoptères constituent un groupe d'insectes aquatiques très intéressant pour les études de biogéographie en raison de leur ancienneté (CONSIGLIO, 1963) et pour les études d'écologie, grâce au niveau de connaissance existant sur leur systématique et leur phylogénie (ZWICK, 1980).

D'après MEBARKI (2001), les Plécoptères sont des espèces polluosensibles 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 inventoriés dans ce travail sont représentés en faibles proportions comparés aux Ephéméroptères, aux Diptères, aux Coléoptères, aux Trichoptères ainsi aux Hydracariens.

En effet, la prospection des six stations nous a permis d'inventorier un total de 11 individus soit 0.07% de la faune totale, présents dans la station O3 et O6. Ils sont répartis en deux familles et deux genres, et c'est seulement dans les parties moyennes et supérieures des cours d'eau. De nombreuses stations de piémont et de plaine sont en effet dépourvues de Plécoptères (Figure 28).

Isoperla : est le seul genre retenu dans l'unique station O6 avec 6 individus, soit 54% de la répartition des plécoptères.

Nemoura: dans les cours d'eau étudiés, ce taxon n'est connu que par 5 individus capturés dans une seule station O3 (alt. 960m) à granulométrie constituée principalement de blocs et de galets avec présence de limons sur les berges, et à eau fraîche (T° max.13°C).

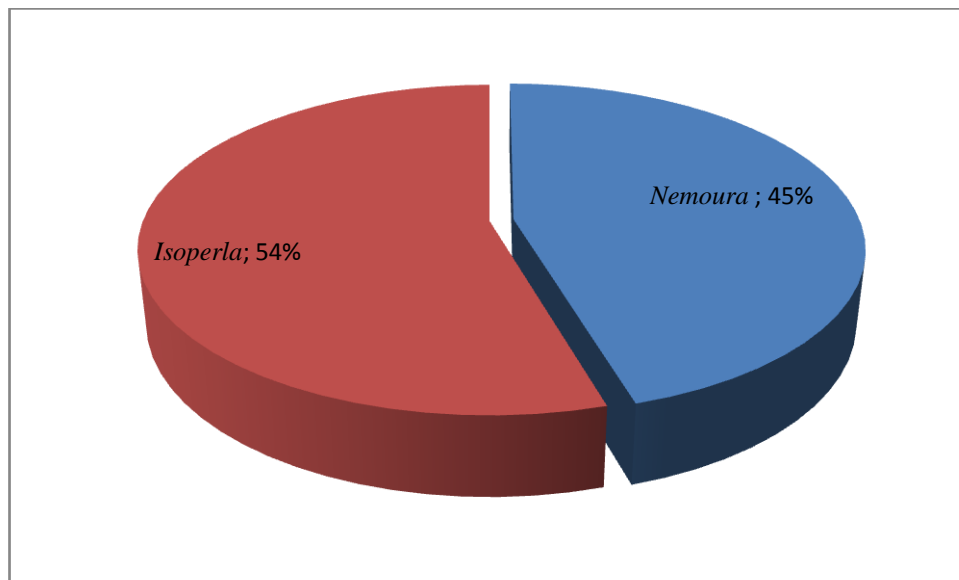


Figure 28 : Répartition des Plécoptères récoltés.

Les études hydrobiologiques (BOUZIDI & GUIDICELLI, 1994 ; GAGNEUR & ALIANE, 1991 ; BOUMAIZA, 1994 ; BERRAHOU *et al.* 2001 ; LOUNACI & VINÇON, 2005) ont mis en évidence la faible diversification du peuplement des Plécoptères dans les écosystèmes lotiques d'Afrique du Nord. En effet, la plupart des familles et des genres sont pauvres en espèces. Par contre ces taxons ont une grande variété spécifique dans les cours

d'eau européens. La baisse importante de cette diversité est due aux températures plus élevées qu'en Europe.

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

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

Les habitats de la station O3 sont caractérisés par un substrat grossier, un courant rapide et une température assez fraîche (11-14°C) ce qui confirme les caractères sténothermes et rhéophiles connus pour ce groupe d'insectes (Figure 29).

La faible diversité ou même l'absence de ce groupe en basse altitude est due probablement aux températures élevées et à la pollution organique de ce secteur. En effet, TUFFERY & VERNEAUX (1967), DIA & LEGIER (1980), THOMAS (1981) et GIANI (1983) ont montré que les eaux de forte moyenne thermique journalière sont les plus pauvres en plécoptères, ainsi que les eaux soumises à des pollutions organiques, même légères, ce groupe y étant particulièrement sensible.

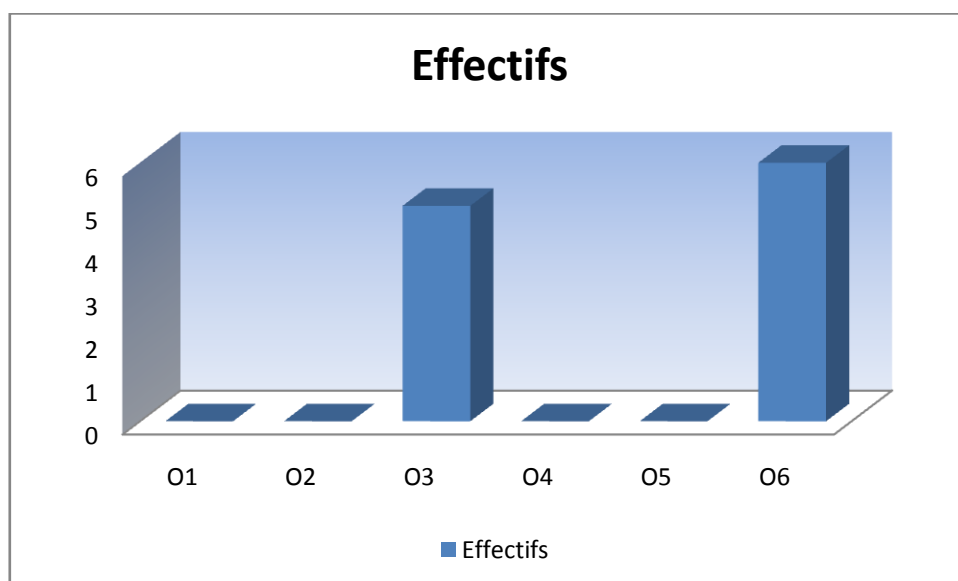


Figure 29 : Répartition des Plécoptères dans les stations d'étude.

3.6.9. Les Crustacés

Les Crustacés sont représentés par un effectif de 6 individus, soit 0.04 % de la faune totale. Ils appartiennent à 2 familles et 2 genres (Figure 30).

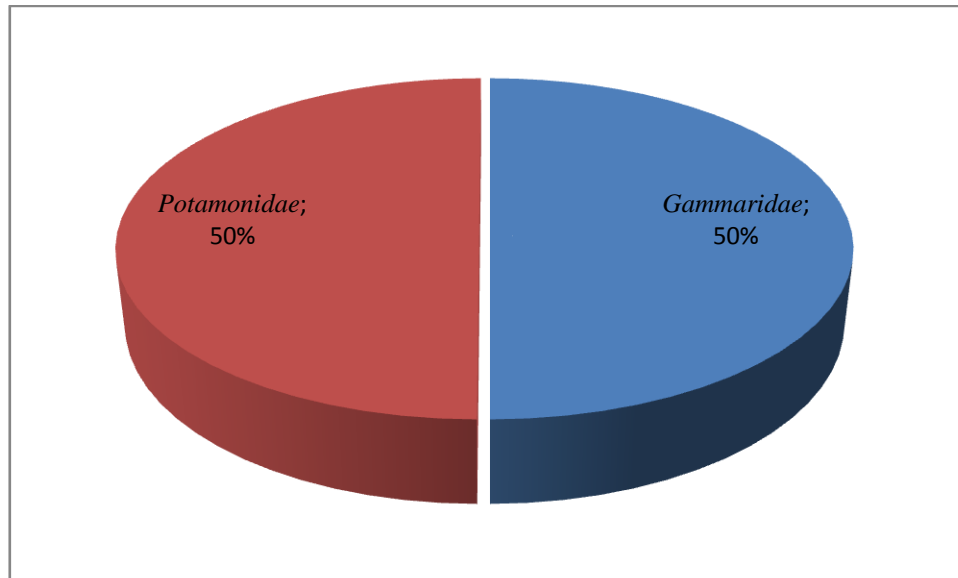


Figure 30 : Répartition des Crustacés récoltés.

➤ **Famille des Gammaridae**

Elle est représentée par le genre *Gammarus* avec 3 individus, soit 50% de total des Crustacés, trouvé dans les stations O5 (Figure 31).

➤ **Famille de Potamonidae**

Elle est représentée par le genre *potamon* avec 3 individus, soit 50% des totaux des Crustacés trouvé dans la station O5 (Figure 32).

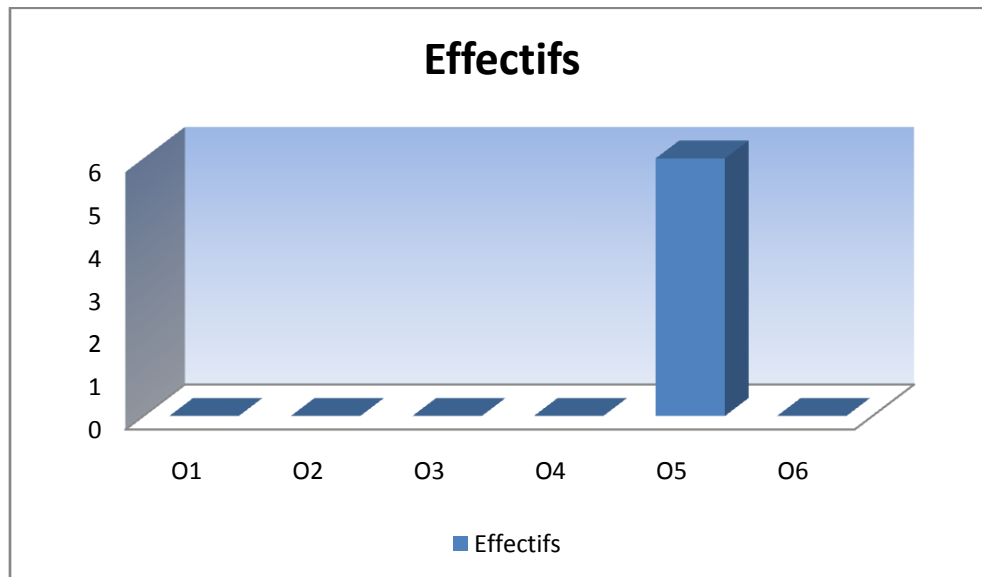


Figure 31 : Répartition des Crustacés dans les stations d'étude.

3.6.10. Les Hydracariens, Planaires et Achètes

Les Hydracariens sont abondants dans nos stations, ils sont représentés par 350 individus, soit 2.31 % de la faune totale. Ils appartiennent à un seul genre *Hydracaina*. Leur développement semble important dans les cours d'eau à écoulement rapide à modéré où la température de l'eau est assez élevée c'est le cas de la station O1, ils sont absents dans la station O4 (Figure 32).

Les Planaires montrent une préférence pour les cours d'eau de montagne à eau fraîche coulant sur un substrat grossier (galets, graviers) riche en débris végétaux. Sont représentés avec 9 individus seulement soit 0,06 % de la faune totale, sont représentés également par une seule famille DugesIIDae et un seul genre *Dugesia*, présent dans les stations O5 et O6 (Figure 33).

Les Achètes avec 9 individus, soit 0.06% de la faune totale, sont présent dans 3 stations : O3, O2 et O6 (Figure 34).

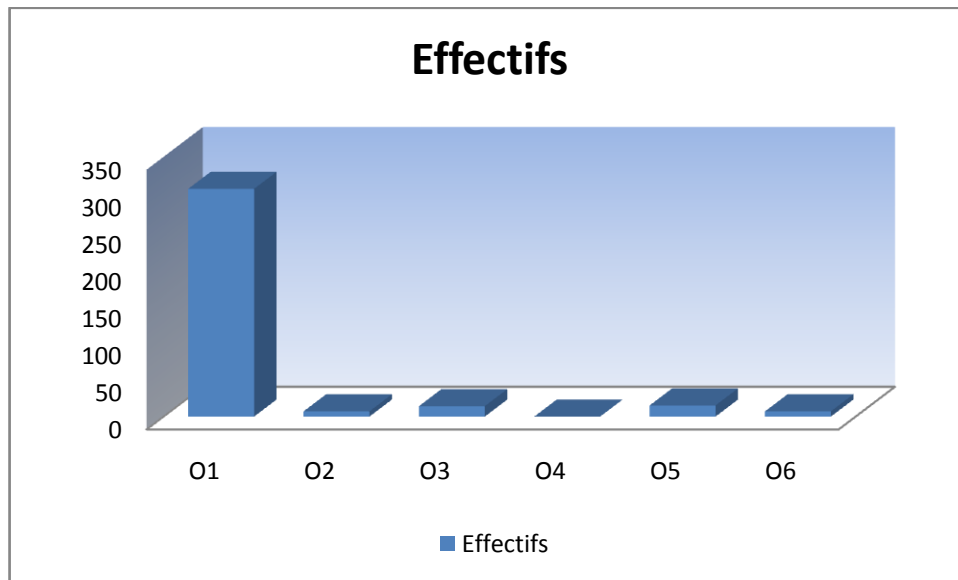


Figure 32 : Répartition des Hydracariens dans les stations d'étude.

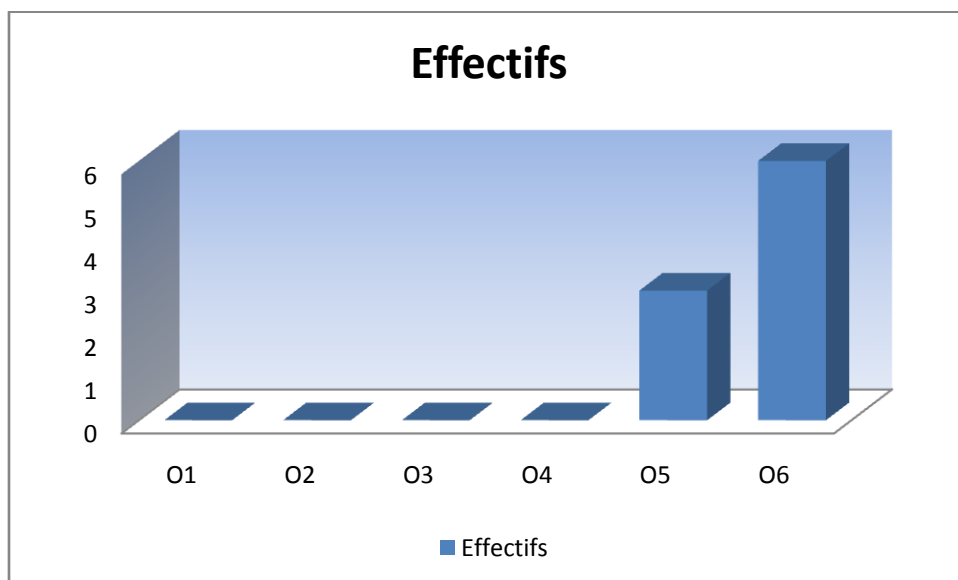


Figure 33 : Répartition des Planaires dans les stations d'étude.

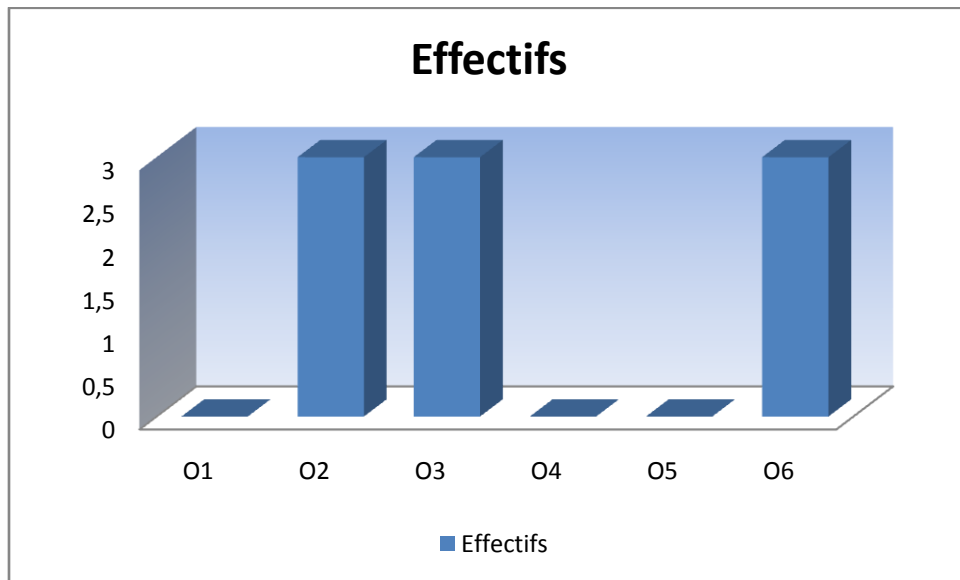


Figure 34 : Répartition des Achètes dans les stations d'étude.

3.7. Structure de la faune

L'étude de la structure de la faune a pour but de déterminer la structure de communautés d'invertébrés benthiques et leur organisation spatiale dans les cours d'eau étudiés en fonction des caractéristiques environnementales. Parmi les méthodes statistiques principales utilisées dans le traitement des données :

- L'ACP (analyse de la composante principale), sert à décrire des tableaux "individusvariables quantitatives" de grande dimension pour tenir compte de l'hétérogénéité des variables environnementales, effectué par le logiciel « R ».
- L'AFC (analyse factorielle des correspondances), pour décrire la structure du peuplement. Le logiciel « R » a permis de réaliser et donner les représentations graphiques des différentes analyses multivariées (ACP, AFC et CAH) ainsi que les corrélations de Pearson.

3.7.1. Structure mésologique

Les écosystèmes d'eau courante présentent une grande diversité physique non seulement entre régions géographiques mais aussi de l'amont vers l'aval. Ainsi, plusieurs essais de zonation ou de typologie longitudinale, considérés surtout de point de vue faunistique, ont été proposés par : ILLIES & BOTOSANEANU (1963) ; VERNEAUX (1973) ; USSEGLIO- POLATERA &al. (1999). Ces auteurs montrent que les différents paramètres

mésologiques (pente, largeur du lit, substrat, température, végétation bordante ...) et la composition spécifique des peuplements d'invertébrés benthiques révèlent des gradients voir des discontinuités écologiques au long des cours d'eau. Ces derniers peuvent être aussi divisés en une série de zones se succédant depuis la source jusqu'à l'embouchure.

Pour tenir compte de l'hétérogénéité des variables environnementales, une ACP (analyse de la composante principale) a été réalisée. Dans ce travail, 11 descripteurs environnementaux sont pris en compte pour caractériser chacune des 6 stations (tableau 12).

Alt: altitude (m) ; Pen: pente (%) ; Dist: distance à la source (km) ; Larg: largeur du cours d'eau (m) ; Pro : profondeur de la lame d'eau (cm); Vit: vitesse du courant (cm/s) ; Temp: température (°C) ; Rip: végétation bordante(%); Vaq : végétation aquatique (%) ; GG : gros galets (%); S/L: sable et limon (%) ; MO : matière organique (%).

Tableau 12 : Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées.

Stations	Alt	Pen	Dist	Larg	Pro	Vit	Temp	Rip	Vaq	GG	S/L	MO
O1	700	15	2,5	2	15	75	19,5	80	15	70	15	0
O2	500	9,5	13	3,5	20	50	19	70	20	80	10	10
O3	1100	19	1,5	3	5	10	17	50	15	70	10	10
O4	600	11	7	2	25	50	19	75	10	70	15	15
O5	300	3	20	3	20	50	18	80	15	70	10	10
O6	200	1,5	25	12	15	5	20	0	30	0	50	25

Compte tenu de la complexité des relations entre les caractéristiques biologiques ou écologique et la structure du peuplement, l'étude des facteurs environnementaux mesurés a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composante principale (ACP). Cette analyse fait apparaître clairement dans l'espace les deux facteurs significatifs F1 (axe 1) et F2 (axe 2) :

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, les deux premiers facteurs significatifs, prennent en compte 85.59% de la variance totale (F1 :57.54% , F2 :28.05%) (Figure 35).

La structure mésologique obtenue fait apparaître un gradient amont-aval des cours d'eau. Les variables températures(Temp), distance à la source (Dist), le substrat fin (S/L), la matière organique (MO), végétation aquatique (Vaq) et la largeur du lit mineur (Larg) sont

fortement corrélés entre elles et avec l'axe 1 (en position positive) décroissant progressivement de l'amont vers l'aval.

Egalement les variables vitesse du courant (Vit), la végétation bordante (Rip), substrat grossier (GG), pente (pen) et altitude (Alt) sont corrélées entre elles et avec l'axe 1 (en position négative) croissant de l'amont vers l'aval.

Quant à la variable profondeur (Pro) elle est corrélée positivement avec l'axe 2.

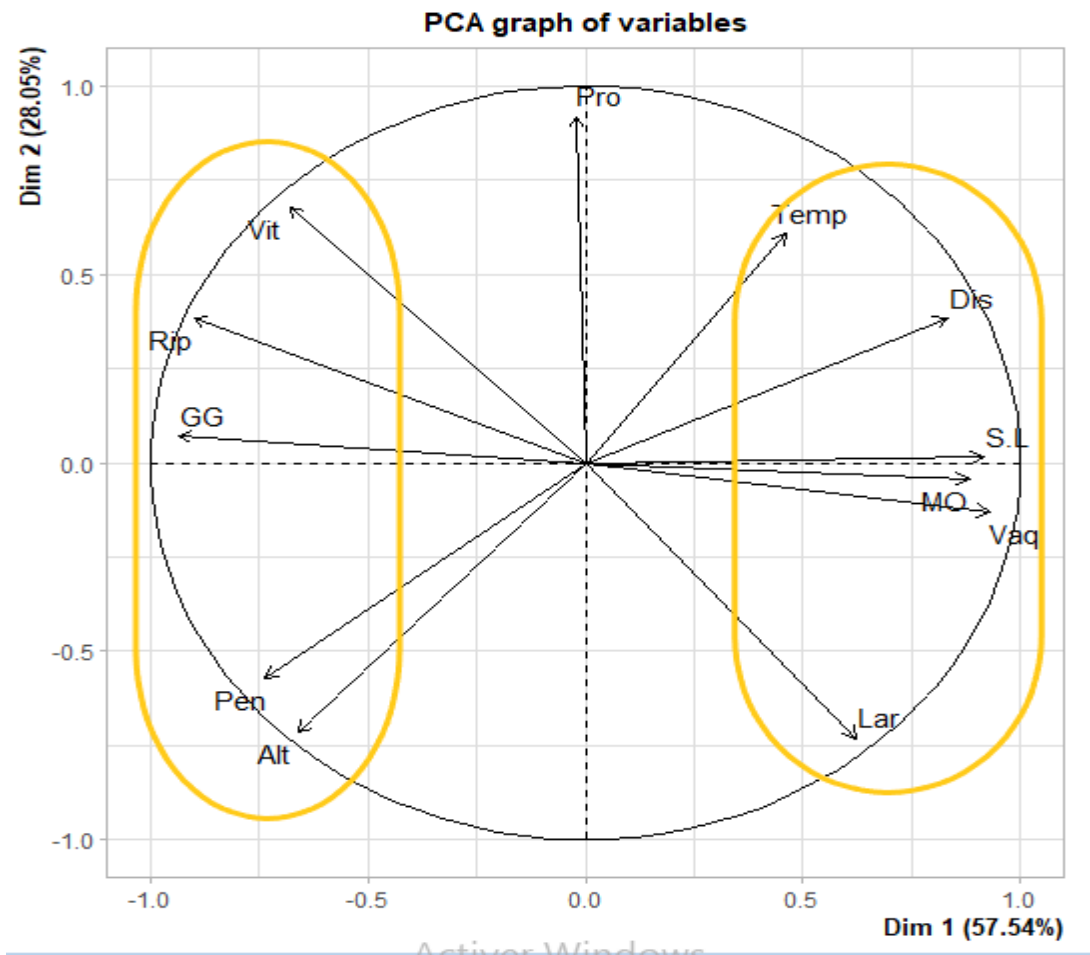


Figure 35 : Analyse en composantes principales de la distribution des paramètres environnementaux.

L'ACP ayant fourni un résumé objectif de l'ensemble des données, une classification ascendante hiérarchique (CAH), réalisée sur la base des résultats de l'ACP, visualise bien les relations entre ces variables pour l'ensemble des stations.

La figure 36 correspond à la représentation des stations dans l'espace des mêmes facteurs (F1 avec 57.54% et F2 avec 28.05%) montre une opposition entre les stations d'altitudes et de piémont, en position négative sur l'axe 1, liée principalement aux paramètres altitude, pente, vitesse du courant, substrat grossier et ripisylve, et pour les stations de basses

altitudes , en position positive sur l'axe 2, liée aux paramètres distance à la source, largeur du lit, sable et limon, température de l'eau, matière organique et la végétation aquatique.

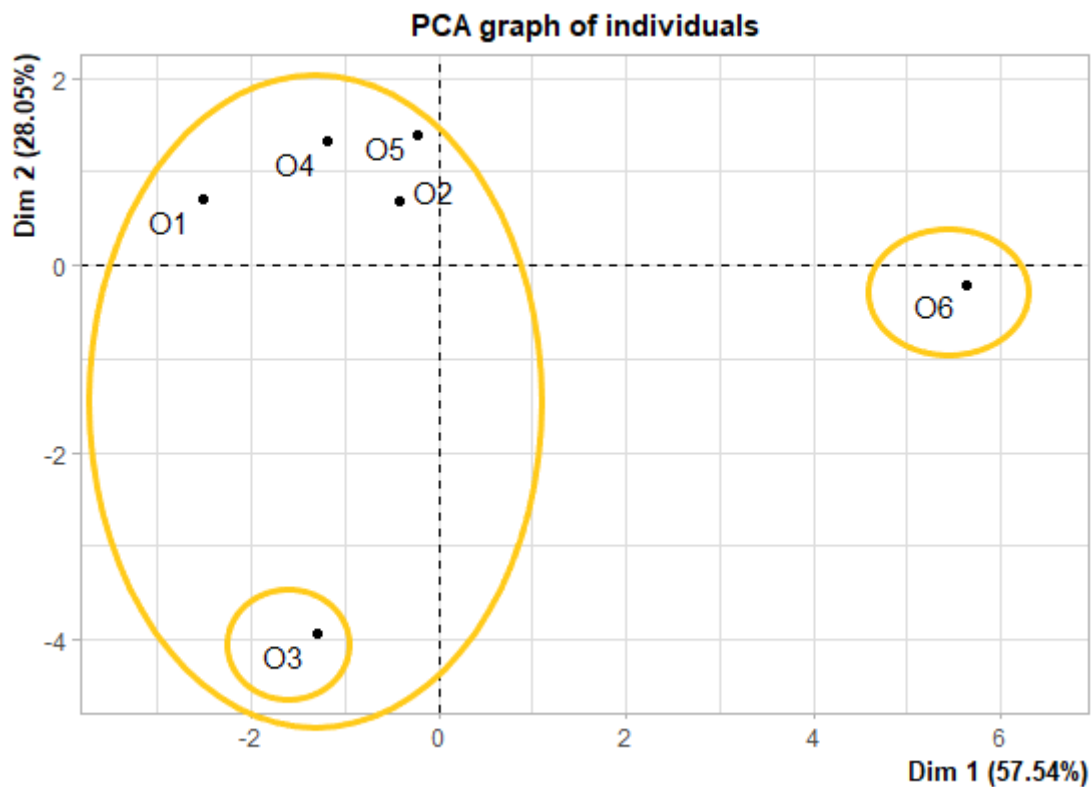


Figure 36 : Analyse factorielle en composante principale des 6 stations étudiées.

3.7.2. Structure du peuplement

Cette analyse a été réalisée à partir de la matrice des abondances des 25 espèces dans les prélèvements réalisés dans les 6 stations, appartenant aux principaux groupes représentatifs de la faune benthique : Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères (EPTC). Les pourcentages d'inertie des axes 1 (48.71%) et axe 2 (31.22%) avec un totale de 79.93%, représentant l'essentiel de l'information faunistique (Figure 37).

La projection des points de nuage sur l'axe 1 montre que les données faunistiques sont classées en fonction de leurs localisation sur les cours d'eau avec un gradient orienté progressivement amont-aval.

Cependant, nous pouvons signaler que l'axe 1 oppose nettement les stations O1, O4 et O5, en position négative, à l'ensemble des autres stations O2 et O6 en position positive.

L'axe 2 ne fait apparaître que la distinction de la station O3 par rapport à l'ensemble des autres stations :

- La station O3, station de ruisseaux de source, se détache de stations d'altitude.
- les résultats de cette étude montrent que les organismes ne sont pas distribués au hasard dans différents types d'habitats. Cependant nous pouvons individualiser 2 noyaux d'affinité entre les stations d'une part et les espèces EPTC d'autre part.

Les substrats pierreux présentent une faune plus spécifique et sont colonisés par un plus grand nombre de taxons. Ceci est sans doute lié au fait que ce substrat constitue un milieu hétérogène et complexe offrant une plus grande diversité de niche pour les organismes.

C'est le cas du groupement 1 qui présente un cortège d'espèces qui ont une tendance nette à la rhéophile qui caractérise les stations O1, O2 et O5 (*Rhyacophila*, *Hydropsyche*, *Hydraena...*), ces espèces manifestent une forte affinité pour les substrats grossiers (blocs, graviers, cailloux). Pour les stations O4 et O6 composés d'espèces eurythermes. Les espèces qui le composent, généralement peu abondantes et peu fréquentes, sont bien connues pour leur développement dans les habitats riches en matières organique : *Beatis*, *Riolus*, *Ceanis*, *Centroptilum* ...

Le groupement 2 est composé d'espèces sténothermes peuplant principalement les petits cours d'eau d'altitude supérieurs à 900m (la station O3). Ce groupe représente bien la zone des sources et ruisseaux froids qui en sont issues, de faible amplitude thermique, ce qui est cohérent sur le plan écologique. On trouve dans ce groupe (*Habrophlebia*, *Nemoura*, *Haliphus...*).

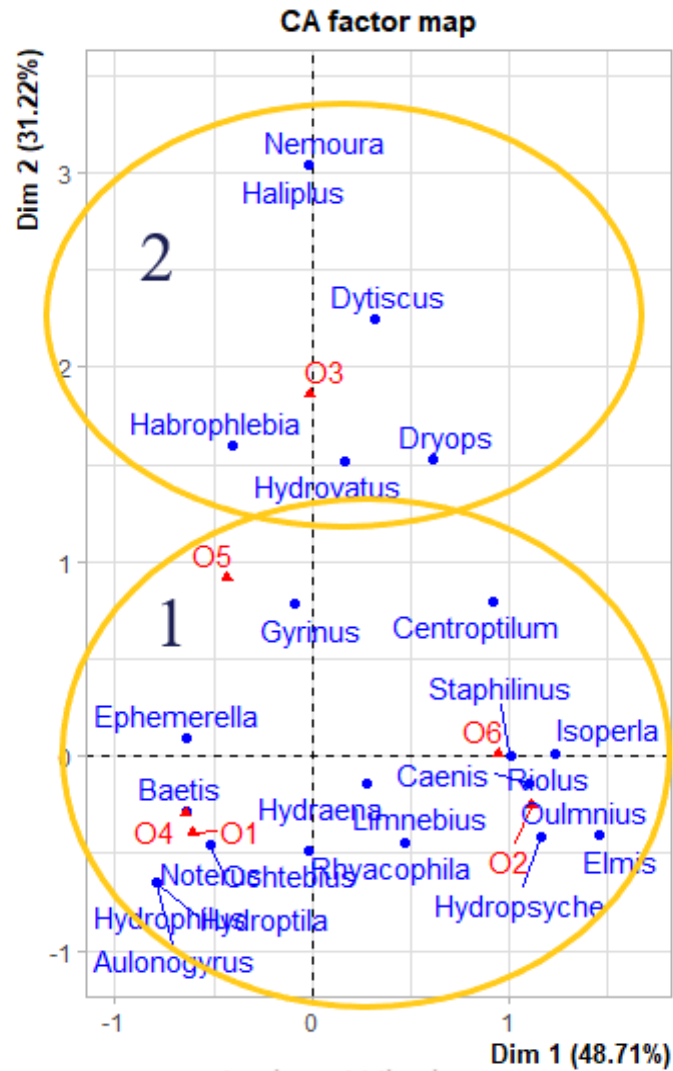


Figure 37: Distribution et noyaux d'affinité des EPTC et des stations

L'étude faunistique réalisée dans les réseaux hydrographiques du sous bassin versant de l'Oued Aissi axée sur les données faunistiques, se veut une analyse de la répartition de la faune récoltée en relation avec l'habitat.

La campagne de prélèvement effectuée en juin 2021, nous a permis la récolte dans les 6 stations échelonnées entre 200 et 1100 m d'altitude, un total de 15091 individus réparti en 12 groupes zoologiques, 47 familles et 52 genres.

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères avec 12 familles, suivi par les Coléoptères avec 11 familles, les Hétéroptères et les Ephéméroptères avec 4 familles, les Trichoptères, les Mollusques, les Oligochètes avec 3 familles, les Planaires et les Hydracariens une seule famille.

L'effectif du peuplement benthique a montré que les Diptères, sont largement dominants, ils représentent 10596 individus (soit 70.18% de la faune récoltée). En deuxième position viennent les Ephéméroptères avec 2623 individus (soit 17.35% de la faune totale). Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 87.53% de la faune totale récoltée.

Les Mollusques, les Coléoptères, les Hydracariens et les Oligochètes occupent respectivement le 3ème, 4ème, 5ème et 6ème place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 4.63% (699 individus), 3.43% (482 individus), 2.31% (350 individus) et 1.54% (234 individus). Les Trichoptères, les Hétéroptères, les Plécoptères, les planaires, les Crustacées sont faiblement représentées. Ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'abondance de la faune benthique, la richesse taxonomique, l'indice de diversité et l'équitabilité ont permis l'étude descriptive de la structure du peuplement.

L'abondance de chaque taxon par 0.5 m² fluctue suivant les stations. Les sites affectés par une légère pollution organique ont une abondance importante c'est le cas des stations O1, O2 et O4 où l'abondance varie entre 1297 et 9551 individus. Quant aux stations O3, O5 et O6 ont une structure déséquilibrée avec une abondance qui varie entre 530 et 670 individus.

La richesse taxonomique a montré que le peuplement le plus diversifié est observé aux stations O1 et O2 (26 taxons) et à un degré moindre aux stations O3 (25 taxons), O5 (24 taxons), O4 et O6 (21 taxons) situées en moyenne montagne et en basse altitude entre 200m et 600 m d'altitude.

Les indices de diversité et d'équitabilité augmentent d'une part, avec le nombre d'espèces et d'autre part avec la régularité de la distribution des abondances. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations des cours d'eau de montagne : $H' > 2$ et $E > 0.6$, (Stations O2, O3 et O5). Ces stations représentent un peuplement bien diversifié ou plusieurs taxons sont bien représentés. Les valeurs les plus faibles $H' < 2$ et $E < 0.6$ sont enregistrées aux stations (O1, O4 et O6).

L'analyse des facteurs environnementaux réalisés par une analyse en composantes principales (ACP) a fait apparaître des corrélations entre les variables d'une part et la distribution des stations d'une autre part.

La distribution spatiale des espèces est précisée grâce à une analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur la matrice stations x espèces (06 stations x 25 taxons) a permis d'individualiser 2 noyaux d'affinité entre les stations d'une part et les espèces EPTC d'autre part. Ces deux groupements sont essentiellement déterminés par un gradient altitudinal.

Les macroinvertébrés benthiques sont très utilisés dans les études de l'évaluation de l'état de santé écologique des écosystèmes aquatiques continentaux, ainsi il est important de mettre au point une méthode de surveillance peu contraignante basée sur l'échantillonnage orienté afin de préserver ces milieux.

Les assèchements prononcés des cours d'eau durant les trois dernières années, modifient la composition des communautés des invertébrés aquatiques, ce qui provoque une diminution du nombre d'espèces.

Pour sauver les milieux aquatiques, il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie les différents réseaux hydrographiques et engager des suivis annuels, avec un plus grand nombre de stations et renforcer des études afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune. Certaines mesures de protection devraient être prises afin de préserver ces milieux :

L'obligation légale du raccordement à l'égout et l'installation des stations d'épuration des eaux résiduaires, doter les structures concernées de moyens, dans le but de respecter la réglementation en vigueur, concernant les prélèvements de sable et les rejets de déchets toxiques des différentes unités de production, sont des exemples d'action à mener dans l'immediat.

Enfin, mettre l'accent sur l'éducation et la sensibilisation des populations afin qu'elle puisse prendre conscience de l'importance de l'eau, de sa qualité et les écosystèmes qui les renferment.

- **ABDESSELAM M., 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen: exemple de Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de doctorat, en science de la terre, université de Franche Compté.
- **BOUCHELOUCHE D., KHERBOUCHE-ABROUS O., MEBARKI M., ARAB A. & SAMRAOUI B. 2015.** The Odonata of wadi Isser (Kakylie, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **70** (3).
- **BOURNAUD M. & KECK G., 1980.** Diversité spécifique et structure des peuplements macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le Furans (Ain). *Acta Oecologica, Oeocol. Gener*, vol. 1, n°2.
- **AIT-MOULOUD S., 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister, U.S.T.H.B., Alger.
- **Anonyme:** Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire: (rapport Djurdjura juin 2008).
- **ARAB A., 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse.
- **ARAB A., 2004.** Recherches faunistiques et écologiques sur les réseaux hydrographiques du Chéelif et du bassin versant du Mazafran. Thèse Doctorat, U.S.T.H.B.
- **BARBAULT R., 1995.** Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2^{ème} édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone.
- **BEBBA N., EL ALAMI M., ARIGUE S.F. & ARAB A. 2015.** Etude mésologique et biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algérie). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, **6**.
- **BEN MOUSSA A., CHAHLAOUI A., ROUR E. et CHAHBOUNE M., 2014.** Diversité taxonomique de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued Khoumane. Moulay Idriss Zerhoun, Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* **5** (1) (2014).
- **BERAHOU A., CELLOT B., & RICHOUX P., 2001.** Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ses principaux affluents (Maroc), *Ann. Limnol.*
- **BERTHELEMY C., 1966.** Recherches écologiques et biogéographiques sur les plécoptères et Coléoptères d'eau courantes (Hydraena et Elminthidae) des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, **2** (2).
- **BERTHELÉMY C., 1979.** Elmidae de la région paléarctique occidentale: systématique et repartition (Coleoptera, Dryopidea). *Annls Limnol.*, **15** (1).
- **BERTRAND H., 1972.** Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F.
- **BOLBAOCA D. S. & JANTSHIT L., 2006.** Pearson vers spearman. Kendall's Tau correlation Analysis on structure. Activity relationships of Biologic active compounds. *Leonardo Journal of sciences*.
- **BOUMAIZA M., 1994.** Recherches sur les eaux courantes de Tunisie : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Docteur ès-sciences, Univ. Tunis II.
- **BOUZIDI A., & GUIDICELLI J., 1994.** Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas Marocain. *Rev. Fac. Sci. Mar.*
- **CHAIB N., BOUHALA Z., FOUZARI L., MARZIALI L., SAMARAOUI B. & ROSSARO B. 2013.** Environmental factors affecting the distribution of Chironomidae larvae of the Seybousse wadi, North- Eastern Algeria. *Journal of Limnologie*, **72** (2).
- **CHAIB N., SAMARAOUI B., MARZIALI L. & ROSSARO B. 2011.** Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). *Studi Trentini di Scienze Naturali*, **88**.
- **CHAUMONT M. & PAQUIN C. 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/ 500 000 avec notice explicative. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 24 pp.
- **CONSIGLIO C. 1963.** Plecotteri delle isole del Mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, **70 71**.
- **DAJOZ R., 1979.** Précis d'écologie. Paris. G.V.
- **DAJOZ R., 1985.** Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5^{ème} édition. Gauthier Villard. Paris : 505p.
- **DAJOZ R., 2006.** Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions 8^{ème} édition Dunod.

- **HAMAZAOUI D., HAFIANE M., MEBARKI M., ARAB A., ALFARHAN A.H. & SAMRAOUI B. 2015.** The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *International Journal of Odonatology*, **18** (3).
- **DAKKI M. & EL AGBANI M.A., 1983.** Ephéméroptères d'Afrique du Nord : 3. Eléments pour la connaissance de la faune marocaine. *Bull. Inst. Sc. Rabat*, **7**.
- **DETHIER M., 1985-1986.** Insectes 6 : Hétéroptères aquatiques et ripicoles (genre et principales espèces). Extrait du bulletin de la Société Linnéenne de Lyon 54^{ème} année, n°1 et n°6.
- **ECHAUBARD M., & NEVEU A., 1975.** Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couse Pavin (PUY- DE-DOME), dues aux pollutions agricoles et urbaines. Lab. De Zool, Biol animal et écologique. INA-INRA.
- **ELLIOT J.M. & MINSHALL (G.W., 1968.** The invertebrate drift in the River Duddon English Lake District. OIKOS.19.
- **EMBERGER L., 1971.** Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson et Cie. Paris. Ephéméroptères d'Algérie. I.- Répartition et écologie (1^{ère} partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Bull.Soc. Hist.nat.* Toulouse, **124**.
- **FAURIE C., FERRA C et MEDORI P., 1980.** Ecologie. Edition. Baillière. Paris.
- **FLANDRIN J., 1952.** -La chaîne du Djurdjura: monographies régionales.XIX congrès géologiques Internationales, Algérie 1^{ere} série.
- **GAGNEUR J & ALIANE N., 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Gainesville FL, USA.
- **GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B., 1988.** Contribution à la connaissance des
- **GELARD J. P. 1979.** Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie : un segment de zones internes de l'orogène littoral maghrébin. Thèse Doctorat ès Sciences, Université de Dijon.
- **GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques. l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister, U.S.T.H.B.,
- **GRAF W., MURPHY J., ZAMORA-MUNOZ C. & LOPEZ-RODRÍGUEZ M.J. 2008.** Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Vol. (1) Trichoptera. Eds. A. Schmidt- Kloiber& D. Hering. Pensoft publ., Sofia-Moscú, 388 pp.
- **HAOUCHINE S., 2011.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse Magister. U.M.M.T.O.
- **HELD U., 2010.** Piéges de corrélation: les coefficients de corrélation de Pearson et spearman. Biostatiques Hoorten-§Zentrum, Univ. Spital. Zurich. Forum. Med Suisse.
- **HOARAU C. & HOAREAU G. 1999.** Bilan bibliographique de deux ordres d'insectes aquatiques, les Ephéméroptères et les Trichoptères : systématique, écologie, biologie et répartition.
- **KACIL. & KOULOUGLIL., 2013.** Etude hydrobiologique de deux affluents du sous bassin versant de l'Oued Boubhir : faunistique et évaluation biologique de la qualité de l'eau. Mémoire Master, U.M.M.T.O.
- **KADDOURI A. 1986.** Révision des Hydraena du Maroc, d'Algérie et de la Tunisie (Coleoptera, Hydraenidae). Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- **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)**.
- **LOUNACI A., 2005.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'état en biologie. Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- **LOUNACI A., BROSSE S., AIT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D., MEBARKI N. & THOMAS A., 2000b.** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou River basin (TZI-OUZOU). *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse.
- **LOUNACI-DAOUDI D., 1996.** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Magister, U.S.T.H.B.

- **LOUNACI-DAOUDI D., 1996.** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, U.M.M.T.O., Tizi Ouzou.
- **LE STAGE J.A. 1925.** Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H.Gauthier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*,
- **MALICHY H. & LOUNACI A., 1987.** Beitrag zur taxonomie und faunistik der cherfliegen Pollution- méthodes- IBGN.2ème édition educagri. 215 von Tunisien, Algerien und Moroko (Trichoptera). Opusc. Zool. Flumin.
- **MEBARKI M., 2001.** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister.
- **MEBARKI M., TELEB A. & ARAB A. 2017.** Environmental factors influencing and distribution of mayfly larvae in Northern Algerian wadis (Regionals Scales). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **72** (3).
- **MESSOUDENE M., LARIBI M ET DERRIDJ A., 2007.** Etude de la diversité floristique de la forêt de l'akfadou (Algérie). *Bois et foret des tropiques*, 291(1).
- **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.
- **MOUBAYED Z. 1986.** La rivière Massane (Pyrénées-Orientales). Inventaire faunistique et recherches écologiques. Réserve Naturelle, Massane (Travaux N° 21)
- **MOUBAYED Z., 1986.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorat es Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- **PEARSON R.G. 1984.** Temporal changes in the composition and abundance of the macroinvertebrate communities of the River Hull. *Archiv für Hydrobiologie*.
- **POISSON R., 1957.** Hétéroptères aquatiques. In P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S. (Paris).
- **QUEZEL P. 1957.** Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Ed. Lechevalier.
- **RAMADE F., 1984.** Elément d'écologie, écologie fondamentale, Ed. MC GRAW HILL, Paris.
- **RAMADE F., 2003.** Elément d'écologie. Ecologie fondamentale 3ème Edition, Dunod, Paris.
- **RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 8ème édition, DUNOD, Paris.
- **SARTORI M. 1988.** Quelques compléments à la faune des Ephéméroptères de Suisse (Insecta, Ephemeroptera). *Bull. Soc. Ent., Suisse*.
- **SEKHI S., 2010.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés ces cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB.
- **SEKHI S. 2016.** Contribution à l'inventaire des vers de terre dans deux stations en Kabylie (Tala Athmane et Mâatkas) et la mise en évidence de l'impact des pratiques agricoles et du type de sol sur leur diversité.
- **SEKHI S., HAOUCHINE S., LOUNACI-DAOUDI D., EL ALAMI M. & LOUNACI A. 2016.** Contribution à la connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie).
- **SEKHI S., MALICKY H. & LOUNACI A. 2019.** Description de *Limnephilus barbagaensis* n.sp. d'Algérie, et découverte de *Micropterna testocea* dans le Maghreb (Trichoptera, Limnephilidae). *BRAUJERIA (Lunz am See. Austria)*.
- **SELTZER P. 1946.** Le climat de l'Algérie. *Travaux de l'Institut Météorologique et Physique du Globe*, Université d'Alger. Typo. Litho, Alger.
- **SOLDÁN T., GODUNKO R.J. & THOMAS A.G.B. 2005.** *Baetis chelif* n. sp. a New mayfly from Algeria with notes of *Baetis sinespinosus* Soldán & Thomas, 1983, n. stat. (Ephemeroptera: Baetidae). *Genus*, **16**.
- **SOWA R., 1975.** Ecology and biogeography of myflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. I. Distribution and quantitative analysis. *Acta Hydrbiol*.

- **TIERNO DE FIGUEROA J.M., LOPEZ-RODRIGUEZ M.J., FENOGLIO S., SÁNCHEZCASTILLO P. & FOCHETTI R. 2012.** Freshwater biodiversity in the rivers of the Mediterranean Basin. *Hydrobiologia*, **719**: 137-186.
- **TACHET H., BOURNAUD M., & RECHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertérés des eaux douces, université de Lyon I, Associations Française le Limnologie, Paris.
- **TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. & USSEGLIO-POLATERA P., 2010.** Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. Ed. CNRS. Paris.
- **TEBIBEL (S.). 1991.** Hémiptères aquatiques d'Algérie : clés dichotomiques, inventaire des espèces, aperçu écologique, distribution en Algérie et dans le monde. Thèse Magister, U.S.T.H.B. Alger.
- **THIEBAULT J., 1952.** Socle métamorphique en grande Kabylie : monographie régionale. XIX^{ème} congrès géologique international, Algérie, 1^{ère} série (4).
- **THOMAS A., 1998.** A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bull. Soc.hIST ; NAT ; Toulouse.
- **THOMAS A.G.B., 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- **TOURENQ J.N., 1975.** Recherches écologiques sur les Chironomides (Diptera) de campagne. Thèse Doctorat.
- **TUFFERY G. & VERNEAUX J. 1967.** Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Tra. Div. Qual. Eaux P. Pisc., C.T.G.R.E.F.23p.Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- **WALLACE J.B. & WEBSTER J.R. 1996.** The Role of Macroinvertebrates in stream Ecosystem Function. *Annual Review of Entomology*.
- **WIGGINS G.B. 2004.** Caddisflies. The Underwater Architects.
- **WILLIAMS D. & FELTMATE B. 1992.** Aquatic insects. Wallingford, U.K., C.A.B. International.
- **YAKOUB B., 1996.** Le problème de l'eau en grand Kabylie. Le bassin versant de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Edition Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- **ZWICK P. 1972.** Plecoptera (Ins.) aus dem Mittelmeergebiet, vor allem aus Portugal und Spanien. *Ciência Biológica*.

Annexe

Tableau 1 : précipitations moyennes mensuelles (en mm) d’Ath Djemaa durant la période (2008-2018) (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Ath Djemâa	40,13	77,39	124,3	97	137,1	116,9	122,1	103,4	77,5	29	1,5	9,3

Tableau 2 : Températures moyenne mensuelles de l’air (en°C) (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (période 2012-2020, source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Température	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T° moyennes des maxima(C°)	16,05	16,38	19,12	26,63	27,1	31,79	36,08	35,11	31,47	27,64	19,8	17
T° moyennes des minima(C°)	6,72	6,72	9,08	11,45	14	17,66	21,31	22,25	19,2	15,61	12,4	8,18
T° moyenne mensuelle(C°)	10,64	10,84	13,48	16,31	20,8	24,42	28,24	28,38	24,53	20,64	15,3	11,9

Tableau 3 : Températures ponctuelles de l’eau enregistrées aux différentes stations.

Stations*	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitudes(m)	783	500	1134	600	610	200
Températures(C°)	19,5	19	17	19	18	20

Tableau 4 : Altitude (m), Pente (%) et distance à la source des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitudes(m)	700	500	1100	600	300	200
Pentes(%)	15	9,5	19	11	3	1,5
Distance à la source (km)	2.5	13	1.5	7	20	25

Tableau 5 : Altitude, largeur du lit et vitesse du courant mesuré aux stations d’étude.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitude(m)	700	500	1100	600	300	200
Largeur du lit(m)	2	3.5 à 4	3	2	3	12
Vitesse du courant (Cm/S)	R	M	L	R	R	L

Tableau 6 : Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Galets-graviers(%)	70	80	70	70	70	0
Sable-Limons(%)	15	10	10	15	10	50
Matière Organique(%)	0	10	10	15	10	25
Végétation aquatique(%)	15	20	15	10	15	30

Tableau 7 : Nombre de taxons par groupes zoologiques.

Groupe taxonomique	Nombre de familles	Nombre de genres
Planaires	1	1
Oligochètes	3	3
Achètes	1	1
Mollusques	3	3
Crustacés	2	2
Hydracariens	1	1
Ephéméroptères	4	5
Plécoptères	2	2
Hétéroptères	4	4
Coléoptères	11	15
Trichoptères	3	3
Diptères	12	12
Total	47	52

Stations	Code	O3	O1	O4	O2	O5	O6	Ab	AbR	Occ	OccR
Altitude(m)		1100	700	600	500	300	200				
PLANAIRES											
Dugesiiidae											
<i>Dugesia</i>	Dug					3	6	9	0.059	2	33.33%
Total						3	6		0.059		
OLIGOCHETES											
Naididae	Nai	40	10	130				180	1.19	3	60%
Tubificidae	Tub		10		3	11	4	28	0.18	4	66.66%
Lumbricidae	Lum	3	8	3	5	7		26	0.17	5	83.33%
Total		43	28	133	8	18	4		1.54		
ACHETES											
Hirudidae	Hir	3			3		3	9	0.059	3	50%
Total		3			3		3		0.059		
MOLLUSQUES											
Ancylidae											
<i>Ancylus</i>	Anc	174	192	21	249	56		692	4.58	5	83.33%
Planorbidae										1	16.66%
<i>Planorbis</i>	Pla				4			4	0.026		
Physidae											
<i>Physa</i>	Phy						3	3	0.019	1	16.66%
Total		174	192	21	253	56	3		4.63		
HYDRACARIENS											
Hydracaina	Hyd	14	307		7	15	7	350	2.31	5	83.33%
Total		14	307		7	15	7		2.31		
CRUSTACES											
Gammaridae											
<i>Gammarus</i>	Gam					3		3	0.019	1	16.66%
Potamonidae											
<i>Potamon</i>	Pot					3		3	0.019	1	16.66%

Gyrinidae											
<i>Aulonogyrus</i>	Aul		5					5	0.033	1	16.66%
<i>Gyrinus</i>	Gyr	5	11		3	22	10	51	0.33	5	83.33%
Dytiscidae											
<i>Dytiscus</i>	Dyt	14					5	19	0.12	2	33.33%
Haliplidae											
<i>Haliplus</i>	Hal	3						3	0.019	1	16.66%
Hydrophilidae											
<i>Hydrophilus</i>	Hyd		3					3	0.019	1	16.66%
Limnebiidae											
<i>Limnebius</i>	Lim			3	4			7	0.046	2	33.33%
Hydraenidae											
<i>Ochthebius</i>	Och		30	5	5	3		43	0.28	4	66.66%
<i>Hydraena</i>	Hyd	4	79	11	110	37		241	1.59	5	83.66%
Dryopidae											
<i>Dryops</i>	Dry	3					3	6	0.039	2	33.33%
Elmidae											
<i>Elmis</i>	Elm				11			11	0.072	1	16.66%
<i>Oulmnius</i>	Oul				17			17	0.11	1	16.66%
<i>Riolus</i>	Rio						3	3	0.019	1	16.66%
Staphilinidae											
<i>Staphilinus</i>	Sta	3		3	19			25	0.16	3	50%
Noteridae											
<i>Noterus</i>	Not		4					4	0.026	1	16.66%
Hydroporinae											
<i>Hydrovatus</i>	Hyd	17		3		11	13	44	0.29	4	66.66%
Total		49	132	25	169	73	34		3.43		
TRICHOPTERES											
Rhyacophilidae											
<i>Rhyacophila</i>	Rhy		3	8	6			17	0.11	3	50%

Hydropsychidae											
<i>Hydropsyche</i>	Hyd			3	20			23	0.15	2	33.33%
Hydroptilidae											
<i>Hydroptila</i>	Hyd		3					3	0.019	1	16.66%
Total			6	11	26				0.279		
DIPTERES											
Blephariceridae	Ble			3				3	0.019	1	16.66%
Tipulidae	Tip		3		8		5	16	0.10	3	50%
Limonidae	Lim	7		3	5	39	8	62	0.41	5	83.33%
Psychodidae	Psy		3	3	4	3		13	0.086	4	66.66%
Dixidae	Dix	3	3			3		9	0.059	3	50%
Simuliidae	Sim	10	461	8529	102	110	20	9232	61.17	6	100%
Chironomidae	Chi	202	656	40	240	5	50	1193	7.90	6	100%
Ceratopogonidae	Cer	19	3					22	0.14	2	33.33%
Stations	Code	O3	O1	O4	O2	O5	O6	Ab	Ab R	Occ	Occ R
Stratiomyidae	Str					3		3	0.019	1	16.66%
Dolichopodidae	Dol					3		3	0.019	1	16.66%
Ephydriidae	Eph		3	3	3		3	12	0.08	4	66.66%
Anthomyidae	Ant		12	3	10		3	28	0.18	4	66.66%
Total		241	1144	8584	372	166	89		70.18		
Effectif Total		670	2399	9551	1297	644	530				
Occurance		25	26	21	26	24	21				

Tableau 9 : Richesse taxonomique des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Altitude(m)	700	500	1100	600	300	200
Richesse taxonomique	26	26	25	21	24	21

Tableau 10 : Abondance de la faune benthique des stations étudiées.

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Abondance (individus)	2399	1297	670	9551	644	530

Tableau 11 : Indice de Shannon & Weaver (H') et d'équitabilité (E).

Stations	O1	O2	O3	O4	O5	O6
H'	1,69	2,08	2,27	0,85	2,05	1,42
E	0,52	0,65	0,71	0,32	0,65	0,42

Tableau 12 : Caractéristiques environnementales des 6 stations étudiées.

Stations	Alt	Pen	Dist	Larg	Pro	Vit	Temp	Rip	Vaq	GG	S/L	MO
O1	700	15	2,5	2	15	75	19,5	80	15	70	15	0
O2	500	9,5	13	3,5	20	50	19	70	20	80	10	10
O3	1100	19	1,5	3	5	10	17	50	15	70	10	10
O4	600	11	7	2	25	50	19	75	10	70	15	15
O5	300	3	20	3	20	50	18	80	15	70	10	10
O6	200	1,5	25	12	15	5	20	0	30	0	50	25