

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département de Biologie Animale et Végétale



# Mémoire

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

*Spécialité : Diversité et Ecologie des Peuplements Animaux*

## Thème

*Faunistique et écologie des macroinvertébrés  
benthiques de l'Oued Sébaou et son principal  
affluent l'Oued Boubhir (Tizi-Ouzou) et  
évaluation de la qualité de l'eau par les voies*

*Réalisé par : Melle Ait Ouakli Thilelli*

*Devant le jury d'examen composé :*

<i>M<sup>r</sup> LOUNACI A.</i>	<i>Professeur</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Président</i>
<i>M<sup>elle</sup> HAOUCHINE S.</i>	<i>Maitre Assistante</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Promotrice</i>
<i>M<sup>me</sup> SEKHI S.</i>	<i>Maitre Assistante</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>M<sup>r</sup> AIT MOULOUD S.</i>	<i>Maitre de Conférences</i>	<i>UMMTO</i>	<i>Examinateur</i>

**2013-2014**

## *REMERCIEMENTS*

*Je tiens particulièrement à remercier ma Promotrice Mademoiselle HAOUCHINE S. Maitre assistante à l'U.M.M.T.O de m'avoir suivi et orienté tout au long de ce travail, pour son dynamisme, ses précieux conseils et réconfort dans tous les moments.*

*J'exprime ma reconnaissance à Monsieur LOUNACI A. Professeur à l'U.M.M.T.O pour avoir mis son laboratoire et tous les moyens qui m'étaient nécessaires à ma disposition pour réaliser ce travail et pour avoir accepté de présider ce jury.*

*Ma gratitude va vers Monsieur AIT MOULOUD S. Maîtres de conférences à l'U.M.M.T.O qui a bien voulu juger ce travail.*

*Mes sincères remerciements à Madame SEKHI S. Maitre assistante à U.M.M.T.O qui a bien voulu juger ce travail et pour son aide, sa disposition, sa sagesse et l'intérêt qu'elle a porté à cette étude.*

*Je remercie également Monsieur LAMINE SMAIL doctorant à l'U.M.M.T.O, pour son aide sur le terrain et au laboratoire, je lui suis très reconnaissante.*

*Un grand merci à mon cousin Yahia et mon ami Samuel pour leur aide dans l'outil informatique, leur aide m'était précieuse.*

*Enfin, toute ma reconnaissance et mes sincères amitiés vont pour ma chère et tendre amie Narimane, pour ses encouragements et son soutien moral, même pendant les moments difficiles.*

*A mes merveilleux et honorables parents,  
A mes chers et adorables frères et sœurs,  
A ma moitié.*

*A toute ma famille et ma belle famille.*

*A mes précieux Amis.*

# Sommaire

Introduction .....	01
<b>Chapitre I : Caractéristiques générale de la région d'étude</b>	
I.1. Situation géographique .....	02
I.2. Cadre géologique .....	02
I.3. climatologie .....	04
I.3.1. Les températures .....	04
I.3.1. Température de l'air .....	04
I.3.1. Température de l'eau .....	05
I.3.2. Les précipitations .....	06
I.4. Le couvert végétal .....	07
I.5. Les perturbations anthropiques .....	08
<b>Chapitre II : Sites et méthodes d'étude</b>	
II.1. Description du réseau hydrographique et répartition des stations d'étude.....	09
II.1.1. Description des cours d'eau .....	11
II.1.1. Oued Sébaou .....	11
II.1.2. Sous bassin de l'Oued Boubhir .....	11
II.1.2. Caractéristiques environnementales des stations.....	12
II.2.. Caractéristiques physiques des stations.....	14
II.1.3.1. Pente .....	14
II.1.3.2. Débit et vitesse du courant.....	14
1.3.3. Substrat.....	15
II.3. Matériel et méthodes de la faune benthique .....	16
II.3.1. Echantillonnage des macroinvertébrés .....	16
II.3.2. Chasse d'adultes .....	16
II.3.3. Lavage, tri et détermination .....	16
<b>Chapitre III : La faune</b>	
III.1. Etude de la faune .....	17
III.2. Abondance.....	21
III.3. Richesse taxonomique.....	22
III.4. Etude de la diversité .....	23

III.4.1 Indice de diversité SHANNON et WEAVER et indice d'équitabilité.....	23
III.5. Analyse quantitative et qualitative de la faune benthique.....	25
III.5.1. Les Ephéméroptères .....	25
III.5.2. Les Diptères .....	27
III.5.3. Les Trichoptères.....	29
III.5.4. Les Plécoptères .....	30
III.5.5. Les Coléoptères .....	31
III.5.6. Les Hétéroptères .....	33
III.5.7. Les Oligochètes .....	34
III.5.8. Les Mollusques.....	35
III.5.9. Les autres groupes faunistiques.....	36
➤ Les Crustacés .....	36
➤ Les Odonates .....	36
➤ Les Planipennes .....	36
➤ Les Collemboles .....	36
➤ Les Hirudines.....	37
➤ Les Hydracariens .....	37
III.6. Structure de la faune.....	37
III.6.1. Structure mésologique .....	37
III.6.2. Structure du peuplement.....	41

#### **Chapitre IV : Evaluation de la qualité biologique de l'eau**

IV.1. Domaine d'application de l'IBGN et le BMWP' .....	43
IV.2. Calcul de l'IBGN et BMWP' .....	44
IV.3. Résultats obtenus à partir de l'IBGN et BMWP' .....	46
IV.4. Analyse des stations .....	48
IV.5. Discussion.....	50
<b>Conclusion.....</b>	<b>54</b>

Références bibliographiques

Annexes

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Situation géographique de la région d'étude .....	3
<b>Figure 2:</b> Réseau hydrographique et emplacement des stations étudiées.....	10
<b>Figure 3:</b> Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'étude .....	21
<b>Figure 4:</b> Abondance de la faune globale dans les stations d'études .....	22
<b>Figure 5:</b> Richesse taxonomique dans les stations étudiées .....	23
<b>Figure 6 :</b> Evolution des indices de SHANNON-WEAVER et d'équitabilité dans les stations étudiées.....	24
<b>Figure 7:</b> Répartition des Ephéméroptères récoltés.....	26
<b>Figure 8:</b> Distribution des Ephéméroptères dans les stations d'études .....	27
<b>Figure 9:</b> Répartition des Diptères récoltés .....	28
<b>Figure 10:</b> Distribution des Diptères dans les stations d'études.....	29
<b>Figure 11:</b> Répartition des Trichoptères récoltés .....	29
<b>Figure 12:</b> Distribution des Trichoptères dans les stations d'études .....	30
<b>Figure 13:</b> Répartition des Plécoptères récoltés .....	31
<b>Figure 14:</b> Distribution des Plécoptères dans les stations d'études.....	31
<b>Figure 15:</b> Répartition des Coléoptères récoltés .....	32
<b>Figure 16:</b> Distribution des Coléoptères dans les stations d'études .....	33
<b>Figure 17:</b> Répartition des Héteroptères récoltés .....	33
<b>Figure 18:</b> Distribution des Héteroptères dans les stations d'études.....	34
<b>Figure 19:</b> Répartition des Oligochètes récoltés .....	34
<b>Figure 20:</b> Distribution des Oligochètes dans les stations d'études.....	35
<b>Figure 21:</b> Répartition des Mollusques récoltés.....	35
<b>Figure 22:</b> Distribution des Mollusques dans les stations d'étude .....	36
<b>Figure 23:</b> ACP représentant la distribution des paramètres environnementaux.....	39

<b>Figure 24:</b> Dendrogramme visualisant les relations entre les variables environnementales.....	40
<b>Figure 25:</b> Analyse factorielle des correspondances réalisée sur les 8 stations et les 9 paramètres environnementaux .....	40
<b>Figure 26:</b> Distribution d'affinité des EPTC et des stations dans le plan factoriel F1xF2 .....	42
<b>Figure 27:</b> Cartographie de la qualité des eaux de l'Oued Sébaou (campagne 1, campagne 2, 2014) en fonction de l'IBGN .....	52
<b>Figure 28:</b> Cartographie de la qualité des eaux de l'Oued Sébaou (campagne 1, campagne 2, 2014) en fonction de BMWP' .....	52
<b>Figure 29:</b> Analyse hydrobiologique sur les 8 stations des cours d'eau étudiés.....	53

**Liste des Photographies**

**Photo 1** : Station TR<sub>1</sub>.....13

**Photo 2** : Station TR<sub>2</sub>.....13

**Photo 3** : Station AA .....13

**Photo 4** : Station AI.....13

**Photo 5** : Station BH.....13

**Photo 6** : Station FR .....13

**Photo 7** : Station TA.....13

**Photo 8** : Station PB .....13

## Liste des tableaux

<b>Tableau I:</b> Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) enregistrés à Tizi-Ouzou durant la période 2002-2013 (Source O.N.M de Tizi-Ouzou .....	5
<b>Tableau II:</b> Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations d'étude.....	5
<b>Tableau III:</b> Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées au niveau des stations d'Ait Ouabane, Larbâa n'Ath Irathen, Tizi-Ouzou, Azazga et Freha durant la période 2000-2012 (Source A.N.R.H de Tizi-Ouzou).....	6
<b>Tableau IV:</b> Caractéristiques des stations d'étude .....	12
<b>Tableau V:</b> Altitude et Pente des stations étudiées .....	14
<b>Tableau VI:</b> les vitesses du courant enregistrées aux stations d'études.....	15
<b>Tableau VII:</b> Nature du substrat dans les stations étudiées .....	15
<b>Tableau VIII:</b> Nombre de familles et de genres par groupes zoologiques .....	17
<b>Tableau IX:</b> Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude .....	18
<b>Tableau X:</b> Indices de diversité H' et E .....	24
<b>Tableau XI:</b> Caractéristiques environnementales des 8 stations étudiées.....	38
<b>Tableau XII:</b> Matrice des corrélations entre variables environnementales (N=11, p < 0,5) ..	38
<b>Tableau XIII:</b> Grille d'appréciation globale de la qualité de l'eau (norme AFNOR T 90- 350, 1990).....	44
<b>Tableau XIV :</b> Qualité de l'eau en fonction du BMWP' .....	45
<b>Tableau XV:</b> Valeurs de l'IBGN et du BMWP' des stations étudiées par campagne .....	47

## Introduction

L'eau est une source indispensable qui conditionne toute forme de vie sur terre. Il existe une grande diversité d'écosystèmes aquatiques marins et continentaux. Chacun est structuré selon un ensemble de paramètres physiques, chimiques et biologiques spécifiques. Les réseaux d'échanges d'énergies et de matières permettent le maintien et le développement de la vie des milieux aquatiques dont il convient de surveiller l'état sanitaire.

Aujourd'hui, cette ressource hydrique ; précieuse et fragile à la fois ; devient rare à cause des fortes pressions anthropiques qui s'exercent sur les milieux aquatiques, liées d'une part à l'urbanisation et d'autre part aux activités industrielles et agricoles.

Pour remédier à cela, les analyses biologiques sont d'une importance capitale dans l'évaluation de la qualité des eaux qui se réfère à la structure et au fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Les altérations du milieu qui se traduisent par l'évolution de certains facteurs écologiques provoquent des modifications plus au moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge. L'étude des communautés peut donc prouver l'existence de pollutions et permettre de gérer et suivre l'état des écosystèmes, elles servent d'indicateurs biologiques.

Le climat varie considérablement et engendre une très grande variabilité du débit : avec de longues périodes d'étiage et des crues brèves et irrégulières ; dans de telles conditions, les capacités d'autoépuration sont limitées.

La Kabylie du Djurdjura, par son relief et son climat, offre des conditions de vie aquatique très diverses où se rencontrent des biocénoses intéressantes par leur composition et leur caractère écologique.

Pour référence, des travaux aussi nombreux que variés s'y rapportent aux cours d'eau de Kabylie dans les domaines relatifs à l'écologie et à la faunistique (LOUNACI, 1987 ; AIT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI et *al.*, 2000a ; LOUNACI et *al.*, 2000b ; MEBARKI, 2001 ; LOUNACI et VINÇON, 2005 ; LOUNACI, 2011 ; HAOUCHINE, 2011).

Le présent travail a pour finalité une contribution à une étude hydrobiologique d'un important cours d'eau de Kabylie qui est l'Oued Sébaou et de l'un de ses principaux affluents l'Oued Boubhir. Il consiste en une étude faunistique et écologique des macroinvertébrés benthiques, ainsi qu'une évaluation la qualité hydrobiologique de l'eau et du milieu par les voies biologiques.

L'ensemble de ce travail s'articule en quatre principaux chapitres :

- Le premier résume les caractéristiques générales de la région d'étude ;
- Le second traite la description des sites d'étude (cours d'eau et stations) ;
- Le troisième fait l'objet d'une étude des macroinvertébrés benthiques ;
- Le quatrième est consacré à l'évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques.

## I.1. Situation géographique

La Kabylie de Djurdjura constitue notre région d'étude. Elle est située dans le centre Nord de l'Algérie à une centaine de kilomètres à l'Est d'Alger. Elle s'étend depuis les sommets du massif du Djurdjura, principalement Thala Guilef, Tikjda, Tizi N'Kouilal et le col de Tirourda, jusqu'à la vallée du Sébaou. Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la dépression formée par l'oued Sahel, et au Sud/Sud-est par la chaîne du Djurdjura, en arc de 60 km de longueur environ, culminant à 2 308 m, au sommet de Lalla Khedidja (figure 1).

Notre région d'étude est située dans la wilaya de Tizi Ouzou et est drainée par l'oued Sébaou, principal cours d'eau de la grande Kabylie, qui s'écoule d'Est en Ouest, entre la chaîne côtière et le massif de Djurdjura.

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

## I.2. Cadre géologique

La lithologie du bassin versant de la vallée du Sébaou est dominée par des formations géologiques imperméables permettant l'écoulement et l'alimentation des Oueds (YAKOUB, 1985). L'ensemble de ce bassin versant présente trois formations géologiques importantes :

### ❖ La dorsale calcaire du Djurdjura

DURAND-DELGA (1969), stipule que le massif du Djurdjura forme l'élément principal d'une grande unité structurale appelée la chaîne calcaire ou « dorsale Kabyle ». Cette dernière est formée essentiellement de calcaire secondaire. Il existe à ce niveau un réseau hydrographique souterrain important qui canalise un volume d'eau important dont les résurgences sur les flancs de la dorsale donnant lieu souvent à des sources permanentes en altitude qui alimentent les affluents de l'Oued Sébaou.

### ❖ Le socle Kabyle

Appelé aussi le domaine interne, est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. De part sa topographie, ce socle favorise la convergence des eaux de pluies vers les principaux affluents de l'Oued Sébaou (YAKOUB, 1996).

### ❖ Les dépressions sédimentaires

Elles se composent d'un matériel hétérogène grossier (galets, gravier) et peut former des nappes alluviales suite aux importantes accumulations.

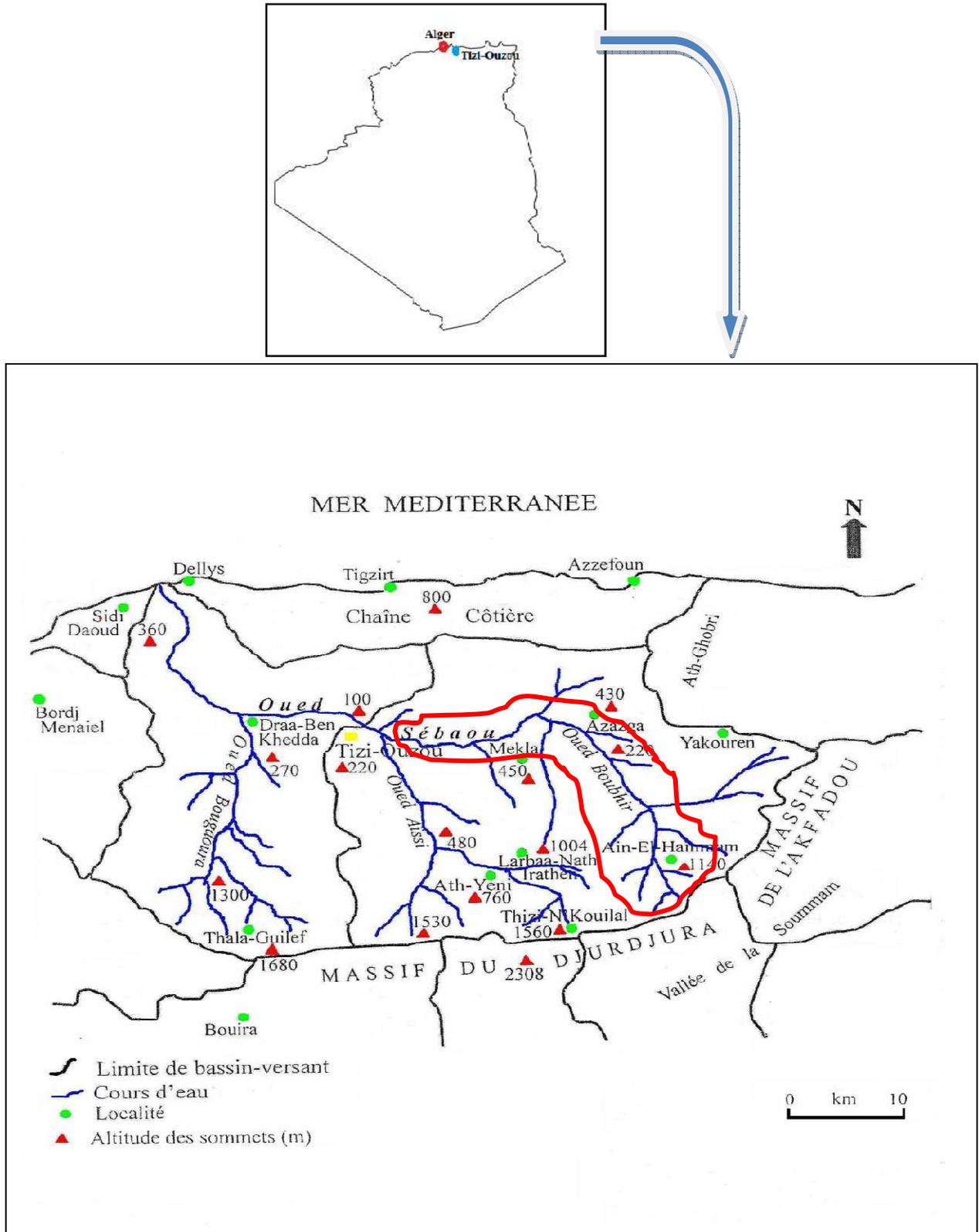


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude (LOUNACI, 2005).

### I.3. Climatologie

Le climat qui intègre la température ainsi que de nombreuses autres variables abiotiques, influence de manière très importante la vie des organismes et les relations que ces organismes entretiennent dans le cadre des écosystèmes (PARINET *et al.*, 2000).

La répartition pluviométrique de la Kabylie du Djurdjura dans son ensemble dépend des conditions générales du climat méditerranéen, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec. Les précipitations atmosphériques annuelles sont abondantes et irrégulières (ABDESSELAM, 2000).

#### I.3.1. Les températures

La température est la caractéristique physique la plus importante des cours d'eau qui conditionne l'état de santé et la qualité des réseaux hydrographiques (WILLIAMS, 1968).

Elle influence sur la vie des organismes aquatiques de façon directe (ANGELIER, 2000) et de manière indirecte en agissant sur la saturation en oxygène (TRUESDALE *et al.*, 1955) et sur la solubilité des gaz (LABROUE *et al.*, 1995).

##### I.3.1.1. Température de l'air

La température est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes (ANGELIER, 2000), elle conditionne les possibilités de développement et la durée des cycles biologiques des organismes vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau.

Dans le tableau I, nous avons rapporté les températures mensuelles de l'air (moyennes maximales et minimales) enregistrées à Tizi-Ouzou pendant la période allant de 2002 à 2013. Nous avons été contraints d'utiliser uniquement les données de l'Office National de Météorologie (ONM) de Tizi-Ouzou. Cela est dû à l'absence d'autres réseaux météorologiques dans notre région d'étude.

La lecture du tableau I montre que :

Juillet et Aout sont les mois les plus chauds, les températures moyennes sont respectivement de 27,3°C et 27,45°C et les maximales atteignent 35.15°C et 35°C.

Décembre, Janvier et Février sont les mois les plus froids de l'année avec des températures moyennes de 11.95°C 10.5°C et 9.95°C et leurs minimales enregistrées sont respectivement 7,7°C, 6,63°C et 6,04°C.

**Tableau I :** Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales et moyennes) enregistrés à Tizi-Ouzou durant la période 2002-2013 (Source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T°moyennes maximales	15,55	15,3	19,4	21,75	24,65	30,5	35,15	35,55	31,05	29	19,2	16,8
T°moyennes minimales	6,63	6,04	9,54	11,2	13,5	16,91	20,9	22,65	18,75	16,35	10,35	7,7
T°moyennes mensuelles	10,5	9,95	13,8	15,85	18,5	23,3	27,3	27,45	24,2	21,85	14,75	11,95

### I.3.1.2. Température de l'eau

LAVANDIER (1979), THOMAS (1981) et VINÇON (1987) admettent que la répartition et la composition de la faune benthique dans les cours d'eau est renvoyée à l'action de la température.

Chaque station du réseau hydrographique a son régime thermique propre. Il est déterminé par la combinaison de plusieurs paramètres dont l'altitude, la température et de l'eau des sources, la distance à ces sources, l'ensoleillement, la largeur des cours d'eau et la ripisylve.

Dans l'impossibilité de réaliser des mesures de température journalières, nous nous sommes limités à réaliser des relevés ponctuels dans les stations étudiées. Les températures de l'eau ont été mesurées à l'aide d'un thermomètre à mercure. Elles sont exprimées en degrés Celsius (°C).

Le tableau II montre les valeurs ponctuelles de la température de l'eau dans les stations étudiées lors de l'échantillonnage durant les mois d'Avril et Juin.

**Tableau II :** Températures ponctuelles de l'eau enregistrées dans les stations d'étude.

Stations*	TR1	TR2	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Altitudes (m)	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
T°moyenne (°C) Avril	2	2	3	4	15	16	19	20
T°moyenne (°C) Juin	5	7	6	5	20	24	22	27

(\*) Stations : pour la description des stations, se référer au chapitre II.

L'analyse des relevés de températures ponctuelles nous a permis de scinder les stations étudiées en deux groupes pouvant avoir chacun vraisemblablement un régime thermique particulier :

➤ Le premier groupe renferme les stations ; TR1, TR2, AA et AI, leurs températures moyennes se situent entre 3°C et 7°C. Ce sont des stations des cours d'eau d'altitude alimentées par les sources et la fonte des neiges et/ou les stations des ruisseaux et des torrents ombragés.

➤ Le deuxième groupe renferme les stations de piémont et de basse altitude (BH, FR, TA et PB) avec des températures moyennes supérieures à 17°C.

### I.3.2. Les précipitations

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

De part sa position littorale et son altitude, le massif de Djurdjura joue un rôle de barrière naturelle aux vents marins humides, qui donnent naissance à des précipitations assez élevées (1500 à 1600mm/ an) (ABDESSELEM, 1995).

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Ath Ouabane, Larbâa N'Ath Irathen, Azazga, Fréha et Tizi Ouzou) sont portées dans le tableau III. Elles ont été acquises auprès de l'Agence National des Ressources Hydraulique (A.N.R.H) de Tizi Ouzou.

**Tableau III:** Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées au niveau des stations d'Ait Ouabane, Larbâa n'Ath Irathen, Tizi Ouzou, Azazga et Fréha durant la période 2000-2012 (Source A.N.R.H de Tizi Ouzou).

Stations	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
<b>Ath Ouabane (960m)</b>	210.9	151.9	128.2	151.3	106.9	24.0	8.3	29.4	66.7	100.0	167.4	89.3	1234.3
<b>Larbâa n'Ath Irathen (950m)</b>	143.1	97.5	81.6	119.5	89.0	9.7	8.5	9.0	43.4	77.0	119.3	139.4	937
<b>Azazga (430m)</b>	177.7	104.5	101.4	136.2	65.3	9.2	3.1	7.0	48.7	81.8	140.6	181.3	1056.8
<b>Tizi Ouzou (220m)</b>	154.0	89.3	76.1	92.0	57.7	8.8	3.8	6.0	40.5	67.0	132.0	149.5	876.8
<b>Fréha (155m)</b>	136.7	82.6	84.0	94.9	50.4	3.2	1.4	4.3	34.8	47.6	110.4	142.4	792.7
<b>Moyennes</b>	164.5	105.2	94.2	118.8	73.9	10.9	5.0	11.1	46.9	74.7	133.9	140.4	979.2

La lecture du tableau III, montre que les précipitations les plus importantes s'observent de Novembre à Avril avec un maximum en Janvier (210.9mm) et en Avril (151.3mm). Elles diminuent ensuite progressivement à partir du mois de Mai pour atteindre des valeurs de l'ordre de 3.2mm en Juin et de 1.4mm en Juillet et reprennent en Septembre.

#### I.4. Le couvert végétal

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

En Kabylie, la couverture végétale est dense et varie en fonction de la lithologie, de l'altitude et de l'exposition des versants. Elle a une influence importante sur les écoulements superficiels.

L'étude de la répartition des associations végétales du réseau hydrographique étudié permet de distinguer :

- Aux altitudes supérieures à 900 m la végétation est constituée essentiellement de pelouses écorchées à xérophytes épineuses et rampantes : ronce (*Rubus sp*) et genêt (*Genista sp*).
- Au-dessous de 900m, c'est le domaine des forêts de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de frêne (*Fraxinus sp*), de quelques pieds de cèdres (*Cedrus atlantica*) et de chêne-liège (*Quercus suber*) qui se trouve dispersé.
- Dans les zones de piémont, les actions anthropiques ont eu raison de la couverture arborée naturelle. La végétation est représentée essentiellement par des cultures fruitières : olivier (*Olea europea*), figuier (*Ficus carica*), grenadier (*Punica granatum*) et cerisier (*Prunus cerasus*).
- Plus en aval, aux altitudes inférieures à 300 m, la végétation est relativement clairsemée. Elle est représentée par des maquis denses à dominance de cyste (*Cistus monpelienis*), de bruyère (*Erica arborea*), de lentisque (*Pistacia lentiscus*) et d'olivier sauvage (*Olea europea oleaster*).

Près des cours, la végétation constitue une importante ressource en matière organique nécessaire pour la faune aquatique. Les strates arborescentes et arbustives (lentisques, laurier rose, aulne, peupliers...) sont importantes pour diminuer le réchauffement des eaux en période estivale ; et jouent aussi un rôle important dans la répartition de la faune aquatique.

Quant à la végétation aquatique, elle est abondante dans les cours moyens et inférieurs. Elle est composée de mousses dans le rithron, et d'algues filamenteuses dans le potamon.

## I.5. Les perturbations anthropiques

La pollution est une dégradation du milieu naturel par des substances chimiques, des déchets industriels ou ménagers, entraînant une dégradation de la qualité de l'eau et perturbe ainsi le milieu aquatique.

Les rejets des eaux usées et l'occupation anarchique de l'espace par des activités tant industrielle qu'agricole ont engendré une dégradation de l'écosystème aquatique. Ce dernier étant devenu un exutoire pour toute sorte de rejets (déchets, eaux usées ...). La notion d'intégrité et de santé des écosystèmes nécessite de prendre en compte simultanément les paramètres physiques, chimiques et biologiques.

L'Oued Sébaou est sans doute parmi les cours d'eau les plus touchés en Kabylie du Djurdjura, il reçoit tout les effluents urbains, industriels et ceux provenant de l'agriculture intense. D'importants prélèvements de sables sont effectués sur son parcours induisant des perturbations. Le cours d'eau reçoit également les rejets urbains des villes (d'Azazga, Tamda, Fréha, Tizi-Ouzou et de Drâa Ben Khedda), et industriels tels que : ENEL à Fréha (Entreprise Nationale des Equipements Electriques) et ORLAC de Drâa Ben Khedda (Office Régional des laiteries de centre).

Dans sa partie amont, la pollution est essentiellement d'origine domestique et agricole. Les activités humaines ont conservé un caractère traditionnel où l'élevage et les cultures non irriguées sont pratiquement les seules activités agricoles. Leurs impacts potentiels sur les cours d'eau devraient être relativement faibles. Les seuls secteurs sensibles pourraient être près de villages où les eaux usées sont directement rejetées dans les cours d'eau.

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

L'impact des activités anthropiques est aussi considérable, il est plus marqué sur la qualité physico-chimique que sur les communautés benthiques, Les principales sources de pollution sont les rejets d'origine anthropique auxquelles s'ajoutent d'autres perturbations : lavage de véhicules, pompage excessif des eaux à des fins d'irrigation, extraction anarchique de sable, vétusté des canalisations des eaux usées, ordures ménagères, effluents des huileries et des stations-service, des stations de lavage graissages ainsi que les déchets hospitaliers, tous ces phénomènes induisent l'altération des écosystèmes aquatiques et la détérioration de la qualité des habitats lotiques.

## II.1. Description du réseau hydrographique et répartition des stations d'étude

Sur l'ensemble du réseau hydrographiques du bassin du Sébaou, notre intérêt s'est porté sur l'Oued Sébaou et sur son principal affluent, l'Oued Boubhir, ainsi que quelques cours d'eau de montagne qui drainent les écoulements du flanc nord-est du Djurdjura depuis le col de Tirourda jusqu'à Tizi-Ouzou.

Dans le cadre de ce travail, huit (8) stations ont suscitées notre intérêt. Celles-ci ont été désignées en fonction de l'altitude, la pente, le substrat, la distance à la source, la vitesse du courant et leur position par rapport aux actions anthropiques. Le choix des stations est aussi conditionné par l'accessibilité et la quiétude des secteurs prospectés.

Les stations se repartissent comme suit :

- 2 stations sur Assif Tirourda : TR<sub>1</sub> TR<sub>2</sub> ;
- 1 station sur Assif N'Ath Atsou : AA ;
- 1 station sur Assif Illiltthen : AI ;
- 1 station sur l'Oued Boubhir ; BH ;
- 3 stations sur l'Oued Sébaou : FR, TA et PB.

Deux campagnes de prélèvement benthiques ont été réalisées (Avril et Juin 2014). Les stations retenues à cet effet sont indiquées par des carrés sur la figure 2. Pour chaque station nous indiquons :

- La localité la plus proche ;
- L'altitude ;
- La pente ;
- La largeur du lit ;
- La profondeur de la lame d'eau ;
- La vitesse du courant ;
- La nature du substrat ;
- La température de l'eau ;
- La végétation aquatique ;
- L'action anthropique.

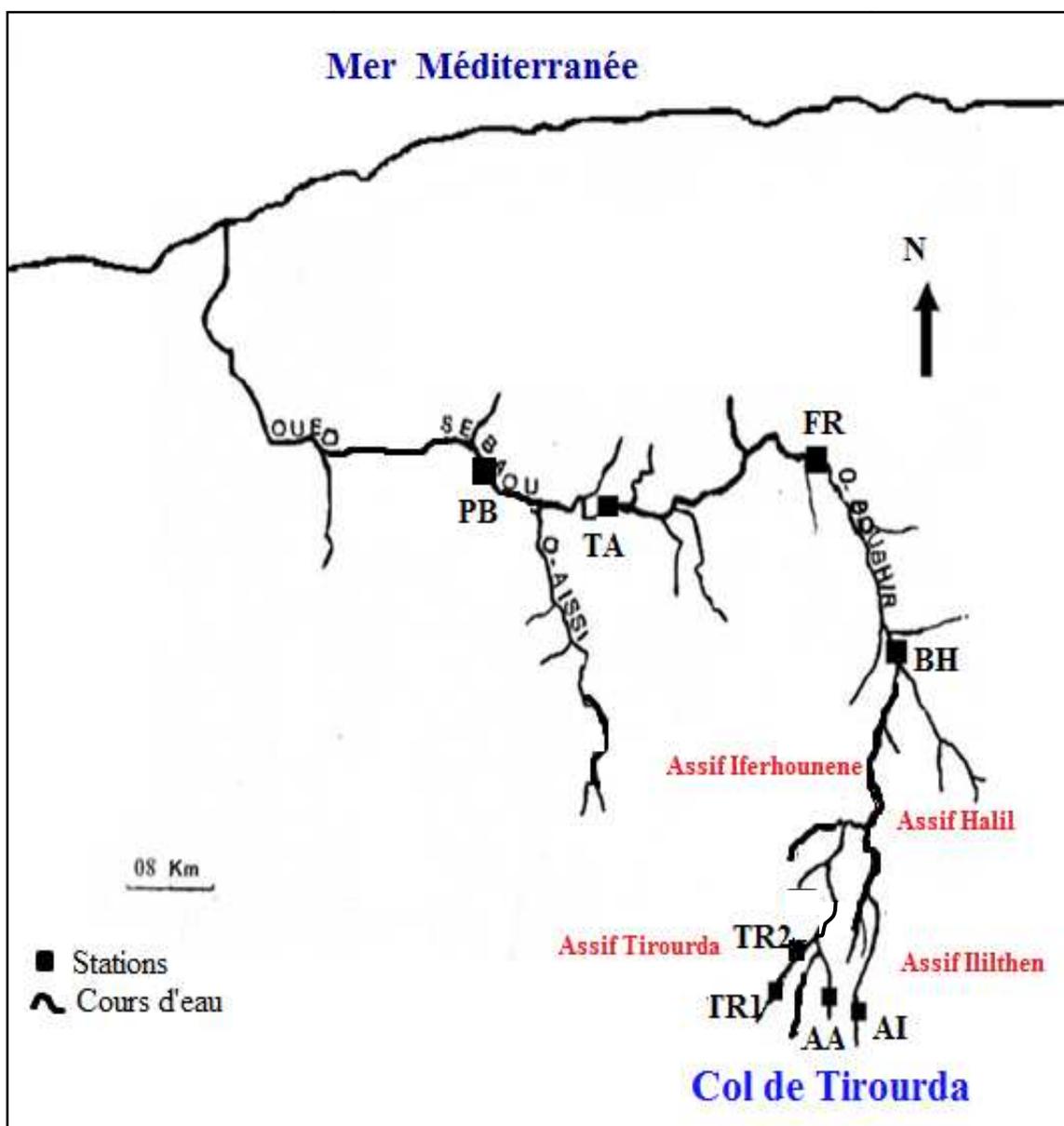


Figure 2 : Réseau hydrographique et emplacement des stations étudiées.

## **II.1.1. Description des cours d'eau**

### **II.1.1.1. Oued Sébaou**

Le bassin versant du Sébaou prend source à l'Est de l'extrémité orientale du Djurdjura, s'écoulant du sud vers le nord sur une vingtaine de kilomètres jusqu'à la mer méditerranéenne, par l'intermédiaire de quatre torrents qui naissent entre le col de Tirourda, le col de Chellata et l'Akfadou ; d'altitude entre 1900 et 1600m. Sa pente moyenne est de 0,3% et sa largeur peut atteindre 500m par endroit. D'importants prélèvements de sables sont effectués sur son parcours induisant des perturbations. Le cours d'eau reçoit également les rejets urbains des villes (d'Azazga, Tamda, Fréha, Tizi-Ouzou et de Drâa Ben Khedda), et industriels tels que : ENEL à Fréha (Entreprise Nationale des Equipements Electriques) et ORLAC de Drâa Ben Khedda (Office Régional des laiteries de centre). Trois stations ont été retenues sur ce cours d'eau : FR, TA et PB.

### **II.1.1.2 Sous bassin de l'Oued Boubhir**

#### **II.1.1.2.1. Oued Boubhir**

L'Oued Boubhir constitue le prolongement de l'Oued Sébaou, il coule du sud vers le nord sur une distance de 23 Km entre 400 et 150m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 1,5% (LOUNACI-DAOUDI, 1996). Il collecte l'ensemble des écoulements des cours d'eau de montagne qui drainent les pentes septentrionales de Djurdjura depuis le col de Tirourda, les pentes méridionales du massif d'Ain El Hammam et de Larbâa N'Ath Irathen jusqu'à Fréha (HAOUCHINE, 2011). Une station a été retenue sur ce cours d'eau : BH.

#### **II.1.1.2.2. Assif Illilthen**

C'est un cours d'eau de montagne de dimension réduite, prend naissance à 1500m d'altitude à partir des sources et des ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte des neiges du col de Tirourda. Doté d'une pente moyenne de 11%. Il coule en orientation sud-nord, sur une distance d'environ 7Km entre 1300 et 500m d'altitude, avant de se jeter dans l'Assif Hallil. Une station a été retenue sur ce cours d'eau : AI.

#### **II.1.1.2.3. Assif N'Ath Atsou**

Il est le type même de cours d'eau de haute montagne, il prend naissance au pied du col dit Azerou N'Thor à partir des sources et des petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluies et la fonte des neiges. De pente moyenne de 19%, il coule en orientation sud-nord entre 1400 et 900m d'altitude sur une distance de 6Km. Il borde le village d'Ath Atsou avant de rejoindre Assif Iferhounene. Une seule station a été retenue sur ce cours d'eau : AA.

#### **II.1.1.2.4. Assif Tirourda**

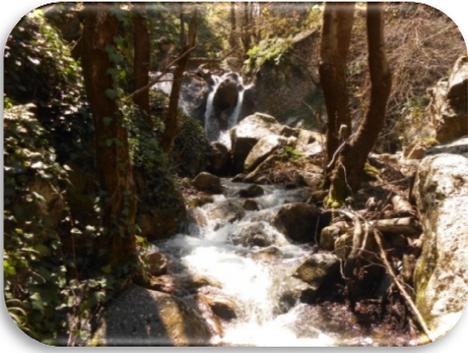
Cours d'eau de montagne, il prend naissance au pied du col de Tirourda où il collecte l'ensemble de nombreux petits ruisseaux alimentés par les eaux de fonte de neige et de nombreuses sources, il cascade sur un parcours d'environ 5 km avec une orientation sud-nord entre 1700 et 900m d'altitude avant de se jeter dans Assif Iferhounene. Doté d'une pente de 16% qui lui confère un régime hydrographique torrentiel. Deux stations ont été retenues sur ce cours d'eau : TR<sub>1</sub> et TR<sub>2</sub>.

### II.1.2. Caractéristiques environnementales des stations d'étude

Le tableau IV apporte une description complète des stations. Celle-ci comporte les caractéristiques environnementales et les influences anthropiques.

**Tableau IV** : Caractéristiques des stations d'étude.

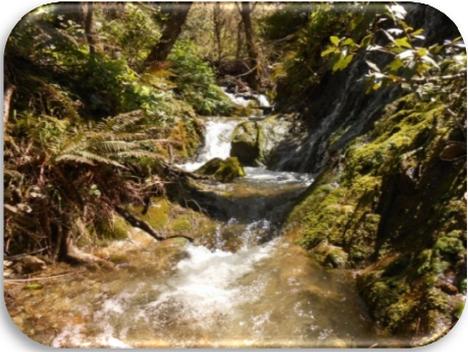
Stations	TR <sub>1</sub> (Photo 1)	TR <sub>2</sub> (Photo 2)	AA (Photo 3)	AI (Photo 4)	BH (Photo 5)	FR (Photo 6)	TA (Photo 7)	PB (Photo 8)
<b>Localisation</b>	1Km en aval du col de Tirourda	2Km en aval de TR <sub>1</sub>	500m en amont d'Ath Atsou	3Km du chef lieu d'Illilthen	200m du pont de Boubhir	Sous le pont de Fréha	1Km en aval de Tamda	300m en amont du Pont de Bougie
<b>Altitude(m)</b>	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
<b>Pente (%)</b>	14,8	13,6	19,8	16,8	1,6	1,2	0,5	0,2
<b>Profondeur (cm)</b>	15 à 20	10 à 15	5 à 10	15 à 20	30 à 100	15 à 40	10 à 50	40 à 50
<b>Vitesse du courant (cm/s)</b>	Rapide à très rapide	moyenne	Rapide à très rapide	Rapide à très rapide	Moyenne à rapide	Moyenne à rapide	Moyenne	Lente à moyenne
<b>Largeur du lit (m)</b>	1 à 1,5	0,4 à 0,5	1 à 1,5	1,5 à 2	4	10	10	10
<b>Substrat</b>	Galets, graviers, sables	Dalles, gros galet, limons, graviers	Dalles, galets, sables	Galets, rochers, graviers	Galets, graviers, sables, limons	Graviers, sables, limons, détritiques organiques	Graviers, sables, détritiques organiques	Graviers, sables, détritiques organiques
<b>Ripisylve</b>	Arborée arbustive	arborée	Arborée Arbustive dense et des épineux	Arborée Arbustive dense et des épineux	Arborée Arbustive dense	Arborée arbustive	Arborée arbustive	Roseau Quelque frêne
<b>Végétation aquatique</b>	Quelques mousses	Quelques mousses	Quelques mousses	algues	Algues filamenteuses, mousses, macrophytes	Algues macrophytes	Algues macrophytes	algues
<b>Influences anthropiques</b>	Absente	Absente	Absente	Rejets domestiques	Rejets domestiques, Pompage d'eau et extraction de sable	Rejets domestiques Et urbains Extraction artisanale et de sable	Extraction de sable, rejets urbains et Dépôts d'ordures	Extraction abusive de sable Rejet de toute la ville de Tizi-Ozou



**Photo 1** : Station TR<sub>1</sub>



**Photo 2** : Station TR<sub>2</sub>



**Photo 3** : Station AA



**Photo 4** : Station AI



**Photo 5** : Station BH



**Photo 6** : Station FR



**Photo 7** : Station TA



**Photo 8** : Station PB

## II.2. Caractéristiques physiques des stations

### II.2.1. Pente

La pente est un facteur écologique important qui dépend de l'altitude. Elle intervient dans la détermination de la vitesse du courant, de la taille des éléments du substrat ainsi dans la distribution 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 ci-dessous illustre les pentes du cours d'eau étudié.

**Tableau V** : Altitude et Pente des stations étudiées.

Stations	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Altitudes (m)	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
Pentes (%)	14,8	13,6	19,8	16,8	1,6	1,2	0,5	0,2

Les stations les plus pentues correspondent à celles cours d'eau de montagne, altitude : 1010-1045m où les pentes varient entre 13,6 à 19,8 % (secteur des stations : TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI).

Dans les zones de piémont et basses altitudes, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau avec respectivement 1,2% et 1,6 % (stations BH et FR).

En pleine (entre 70 et 100m d'altitude), le profil s'approche de l'horizontal, l'eau coule sur un lit large et relativement plat, les pentes varient de 0,2 et 0,5% (stations : TA et PB).

### II.2.2. Débit et vitesse du courant

L'écoulement de l'eau est caractérisé par un profil de vitesse qui dépend du débit, des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, des apports des affluents ainsi que de la taille des éléments du substrat et de la profondeur de la lame d'eau.

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

Dans ce travail, en raison des difficultés de mesure de la vitesse du courant, elle est quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station. Les valeurs de vitesse du courant qui ne présentent que des valeurs indicatrices sont portées sur le tableau VI. Elles sont classées en cinq catégories selon l'échelle de Berg :

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

**Tableau VI** : les vitesses du courant enregistrées aux stations d'études.

Stations	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Altitudes (m)	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
Largeur du lit (m)	1,5	1,5	1,5	2	4	10	10	10
Vitesse du courant (cm/s)	120	110	120	80	40	30	02	10
Appréciation	T.R	T.R	T.R	R	M	M	L	L

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

La vitesse du courant varie d'une station à l'autre. Elle est définie de rapide à très rapide dans les stations d'altitude, moyenne dans les stations de piémont et lente en stations de basses altitudes. En effet, elle est ralentie de l'amont vers l'aval du faite de la pente de la pente qui est plus élevée en amont et plus faible en aval d'où l'élargissement du lit des cours d'eau.

### II.2.3. Substrat

Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel ils sont étroitement liés pendant une partie de leur vie.

Les cours d'eau étudiés présentent une grande diversité structurelle se traduisant par une grande variété d'habitats. La granulométrie est assez hétérogène et est composé principalement de : rocher, dalles, galets, sables, limons, et quelques débris végétaux. Les mousses et les végétaux sont également considérés comme supports inertes favorables car ils servent de ressource trophique et d'abris. Ainsi la diversité des communautés reflètent la diversité des substrats donc des habitats.

Il faut savoir que l'importance relative de chaque station est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimée par observation directe à l'échelle de la station. Concernant la granulométrie, nous avons considéré le substrat dominant pour chaque station. Le tableau ci-dessous présente les différents substrats définis.

**Tableau VII**: Nature du substrat dans les stations étudiées.

Stations Paramètres	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Gal/Gra(%)	100	95	90	90	60	40	30	20
Sab/Lim (%)	0	0	10	0	30	40	50	60
M.O (%)	0	5	0	10	10	20	20	20
V.A (%)	0	10	10	10	20	30	40	40

**Gal** : galets, **Gra** : graviers, **Sab** : sables, **Lim** : limons, **M.O** : matières organiques, **V.A** : végétation aquatique.

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

## **II.3. Matériel et méthode d'étude de la faune benthique**

### **II.3.1. Echantillonnage des macroinvertébrés**

Les récoltes des macroinvertébrés ont été effectuées au cours de deux campagnes : Avril et Juin 2014 à raison d'un prélèvement par mois pour chaque station.

Le but de l'échantillonnage consiste à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative du milieu étudié pour obtenir un bilan le plus complet possible des taxons présents dans les cours d'eau.

L'unité de base d'échantillonnage est la station. Elle correspond à un tronçon du cours d'eau dont la longueur est égale à dix fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement.

Pour chaque station, huit échantillons sont récoltés à l'aide d'un filet de type « Surber » (vide de maille : 20 $\mu$ m) en essayant de prospecter les différents microhabitats. Ce dernier est placé sur le fond du lit, l'ouverture face au courant. Nous avons procédé au lavage à la main des éléments grossiers (cailloux, galets...) à l'intérieur du filet. Ainsi les larves, les nymphes et les adultes sont récupérés. Un raclage du fond du lit nous a permis de récupérer la faune interstitielle entraînée par le courant dans le filet.

Le contenu du filet est versé dans des sachets en plastique, formolé à 8%, étiqueté mentionnant la date et le nom de la station, puis stockés en attendant d'être traités.

### **II.3.2. Chasse d'adultes**

A l'aide d'un filet fauchoir, les insectes sont récupérés à vue d'œil en bordure des cours d'eau ; sur la végétation et les pierres puis saisis à l'aide d'une pince entomologique et enfin recueillis dans les piluliers remplis d'alcool à 70%.

La chasse d'adulte permet de compléter et faciliter la détermination des stades aquatiques.

### **II.3.3. Lavage, tri et détermination**

Au laboratoire, on procède au lavage qui consiste à débarrasser l'échantillon de la vase et des débris floristiques ainsi que d'autres déchets à l'aide d'une série de tamis (mailles : 5mm, 1mm, 0,2mm) et d'une pince. Le contenu des tamis est ensuite versé dans un bac, puis transversé et homogénéisé dans des béchers à 250 cc.

Les invertébrés sont systématiquement triés, manipulés à l'aide d'une pince fine, dans des boîtes de pétri à fond quadrillé.

La détermination du matériel biologique (selon le niveau de précision requis : famille ou genre) se fait sous une loupe binoculaire et à l'aide des clés de détermination : TACHET et *al.* (1980, 2000), RIVOSECCHI (1984), RICHOUX (1982) et des formateurs du laboratoire d'hydrobiologie de l'université de Tizi-Ouzou.

### III.1. La faune

#### III.1.1 Etude de la faune benthique

Le peuplement recensé dans ce travail comprend un total de 37134 individus répartis en 14 groupes zoologiques appartenant à 74 familles et 100 genres (tableau VIII). Tous les groupes d'invertébrés benthiques ont été identifiés jusqu'au genre, à l'exception des Diptères en raison de la difficulté liée à la détermination (tableau IX).

**Tableau VIII** : Nombre de familles et genres par groupes zoologiques.

Groupes zoologiques	Nombre de familles	Nombre de genres
Oligochètes	3	3
Hirudinae	1	1
Mollusques	<b>7</b>	<b>8</b>
Crustacés	4	4
Hydracariens	1	1
Ephéméroptères	<b>4</b>	<b>9</b>
Plécoptères	<b>7</b>	<b>12</b>
Odonates	1	1
Hétéroptères	<b>5</b>	<b>5</b>
Coléoptères	<b>10</b>	<b>23</b>
Trichoptères	<b>10</b>	<b>12</b>
Diptères	<b>19</b>	<b>19</b>
Planipennes	1	1
Entomobryomorphes	1	1
<b>Total 14</b>	<b>74</b>	<b>100</b>

Parmi Les 100 taxa d'invertébrés recensés, 82 taxa (soit 82%) sont des insectes et 18 taxa (soit 18%) appartiennent aux autres classes ou embranchements : Oligochètes, Hirudinae, Mollusques, Crustacés, Hydracariens et Entomobryomorphes appartenant à la classe des Collembolés.

Le groupe le mieux représenté est l'ordre des Diptères avec 19 familles. Viennent ensuite les Coléoptères et les Trichoptères avec 10 familles chacun. Ils sont suivis par les Plécoptères et les mollusques (7 familles chacun), les Hétéroptères (5 familles), les Crustacés et les Ephéméroptères avec 4 familles chacun, les Oligochètes (3 familles). Enfin, les Hirudinae, les Hydracariens, les Odonates, les Planipennes et les Entomobryomorphes ne sont représentés que par une seule famille chacun.

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

Taxons/Stations	Code	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
<b>OLIGOCHETES</b>													
Naididae	Nai	51	28	52	63	3102	91	1313	1360	6060	16,31	96,97	8
Tubificidae	Tub	22	10		6	41	11	10	4	104	0,28	1,66	7
Lumbricidae	Lum	15	3	10	8	40	9			85	0,22	1,36	6
<b>Total</b>		<b>88</b>	<b>41</b>	<b>62</b>	<b>77</b>	<b>3183</b>	<b>111</b>	<b>1323</b>	<b>1364</b>	<b>6249</b>	<b>16,82</b>		
<b>HIRUDINES</b>													
Erpobdelidae	Erp		44	12	29			10		95	0,25	75,39	
<b>MOLLUSQUE</b>													
<b>Ancylidae</b>													
Ancylus	Anc	15	3	3	8	3	21			53	0,14	42,06	6
<b>Bythinellidae</b>													
Bythinella	Byt						14			14	0,03	11,11	1
<b>Bithyniidae</b>													
Bithyniia	Bit	3						5		8	0,02	6,35	2
<b>Physidae</b>													
Physa	Phy							4	13	17	0,04	13,49	2
<b>Planorbidae</b>													
Anius	Ani		3							3	0,01	2,38	1
Planorbis	Pla	3		3	6			7		19	0,05	15,08	4
<b>Unioniidae</b>													
Pseudanodonta	Pse				9					9	0,02	7,14	1
<b>Valvatidae</b>													
Valvata	Anc				3					3	0,01	2,38	1
<b>Total</b>		<b>21</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>126</b>	<b>0,33</b>		
<b>CRUSTACES</b>													
<b>Gammaridae</b>													
Gammarus	Gam			473	6	20				499	1,34	92,41	3
<b>Potamonidae</b>													
Potamon	Pot	3	13	5	7					28	0,07	5,18	4
<b>Asellidae</b>													
Asellus	Ans	10								10	0,02	1,85	1
<b>Astacidae</b>													
Astacus		3								3	0,01	0,55	1
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>13</b>	<b>478</b>	<b>13</b>	<b>20</b>				<b>540</b>	<b>1,45</b>		
<b>HYDRACARIENS</b>													
Hydracaina	Hyd	26			6	19	72	46		169	0,45		
<b>EPHEMEROPTERES</b>													
<b>Baetidae</b>													
Baetis	Bae	308	815	2124	2696	479	1064	1235	987	9708	26,14	71,73	8
Acentrella	Ace	264	539	117	744	84	139		86	1973	5,31	14,57	7
Centroptilum	Cen				12	97	188	271	262	830	2,23	6,13	5
<b>Caenidae</b>													
Caenis	Cae	82	120	24	100	93	29	54	30	532	1,43	3,93	8
Brachycerus	Bra							25		25	0,06	0,18	1
<b>Heptageniidae</b>													
Rhithrogena	Rhi	4								4	0,01	0,03	1
Heptagenia	Hep	13			48					61	0,16	0,45	2
Ecdyonurus	Ecd		17		30					47	0,12	0,34	2
<b>Leptophlebiidae</b>													
Habrophlebia	Hab		281	24	48					353	0,95	2,61	3
<b>Total</b>		<b>671</b>	<b>1772</b>	<b>2289</b>	<b>3678</b>	<b>753</b>	<b>1420</b>	<b>1585</b>	<b>1365</b>	<b>13533</b>	<b>36,44</b>		
<b>PLECOPTERES</b>													
<b>Capniidae</b>													
Capnioneura	Cap	3	7	5						15	0,04	1,35	3
Capnia	Capn		5	3	8					16	0,04	1,44	3
<b>Leuctridae</b>													
Leuctra	Leu	109	7	4	3					123	0,33	11,03	4
<b>Nemouridae</b>													
Amphinemura	Amp	139	35	3	10	5				192	0,51	17,31	5
Protonemura	Pro	65	75	60	16	3				219	0,59	19,74	5

Taxons/Stations	Cod	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
<i>Nemoura</i>	Nem	3								3	0,01	0,27	1
<b>Perlidae</b>													
<i>Perla</i>	Per	26	49	35	100	4				214	0,57	19,29	5
<b>Perlodidae</b>													
<i>Perlodes</i>	Perl	87	6	50	44					187	0,51	16,86	4
<i>Isoperla</i>	Iso	45	19	38	14					116	0,31	10,46	4
<b>Taeniopterygidae</b>													
<i>Brachyptera</i>	Bra			3						3	0,01	0,27	1
<i>Taeniopteryx</i>	Tae		7							7	0,01	0,63	1
<b>Chloroperlidae</b>													
<i>Chloroperla</i>	Chl	11	3							14	0,03	1,26	2
<b>Total</b>		<b>488</b>	<b>213</b>	<b>201</b>	<b>195</b>	<b>12</b>				<b>1109</b>	<b>2,98</b>		
<b>ODONATES</b>													
<b>Gomphidae</b>													
<i>Gomphus</i>	Gom			3			7			10	0,02	20,83	
<b>HETEROPTERES</b>													
<b>Mesoveliidae</b>													
<i>Mesovelia</i>	Mes	6								6	0,01	12,5	1
<b>Gerridae</b>													
<i>Gerris</i>	Ger	5		3				7		15	0,04	13,25	3
<b>Veliidae</b>													
<i>Velia</i>	Vel	13			6					19	0,05	39,58	2
<b>Nepidae</b>													
<i>Nepa</i>	Nep				5					5	0,01	10,41	1
<b>Corixidae</b>													
<i>Micronecta</i>	Mic			3						3	0,01	6,25	1
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>6</b>	<b>11</b>			<b>7</b>		<b>48</b>	<b>0,12</b>		
<b>COLEOPTERES</b>													
<b>Gyrinidae</b>													
<i>Gyrinus</i>	Gyr	6					17			23	0,06	2,51	2
<i>Aulonogamus</i>	Aul							14		14	0,03	1,52	1
<b>Helodidae</b>													
<i>Hydrocyphon</i>	Hyd	91	18							109	0,31	11,86	2
<b>Staphilinidae</b>													
<i>Staphilinus</i>	Sta		28	6	8					42	0,11	4,57	3
<i>Coelorostoma</i>	Coe		4							4	0,01	0,43	1
<b>Elmidae</b>													
<i>Limnius</i>	Lim	37	3	32		10	12			94	0,25	10,22	5
<i>Limnebius</i>	Limn	3				3				6	0,01	0,65	2
<i>Elmis</i>	Elm	12		16	5			15		48	0,13	5,22	4
<i>Potamophilus</i>	Pot	5								5	0,01	0,54	1
<i>Riolus</i>	Rio				6					6	0,01	0,65	1
<b>Helophoridae</b>													
<i>Helophorus</i>	Hel	14		8	18					40	0,1	4,35	3
<b>Hydraenidae</b>													
<i>Hydraena</i>	Hyd	7	19	25	16	5		25		97	0,26	10,55	6
<i>Ochthebius</i>	Oct	10								10	0,02	1,08	1
<b>Dytiscidae</b>													
<i>Bidessus</i>	Bid				8					8	0,02	0,87	1
<i>Agabus</i>	Aga	5		5						10	0,02	1,08	2
<i>Dytiscus</i>	Dyt		3	13	14	10		32		72	0,19	7,83	5
<i>Copelatus</i>	Cap	8	91	41	75					215	0,57	23,39	4
<i>Rhantus</i>	Rha							7		7	0,01	0,76	1
<i>Platambus</i>	Pla			3						3	0,01	0,32	1
<i>Hydrovatus</i>	Hyd	5								5	0,01	0,54	1
<b>Hydrophilidae</b>													
<i>Hydrophilus</i>	Hydp						10	9	3	22	0,06	2,39	3
<i>Hydrobius</i>	Hydb		9					11		20	0,05	2,17	2
<b>Curculionidae</b>			55							55	0,14	5,98	1
<b>Chrysomelidae</b>													
<i>Macrolea</i>	Mac				4					4	0,01	0,43	1
<b>Total</b>		<b>203</b>	<b>230</b>	<b>149</b>	<b>154</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>113</b>	<b>3</b>	<b>919</b>	<b>2,47</b>		
<b>TRICHOPTERES</b>													
<b>Hydropsychidae</b>													
<i>Hydropsyche</i>	Hyd	96	15	175	172	39	500		28	1025	2,76	85,13	7
<i>Cheumatopsyche</i>	Che			3						3	0,01	0,24	1

Taxons/Stations	Cod	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
<b>Polycentropodidae</b>													
<i>Polycentropus</i>	Pol	19	5							24	0,06	2,00	2
<b>Rhyacophilidae</b>													
<i>Rhyacophila</i>	Rhy	16	7	24	27	8				82	0,22	6,81	5
<b>Hydroptilidae</b>													
<i>Hydroptila</i>	Hydt	7					8			15	0,04	1,24	2
<b>Philopotamidae</b>													
<i>Philopotamus</i>	Phi	6								6	0,01	0,50	1
<i>Wormaldia</i>	Wor		4	3						7	0,02	0,58	2
<b>Limnephilidae</b>													
<i>Allogamus</i>	All		10							10	0,02	0,83	1
<b>Leptoceridae</b>													
<i>Adicella</i>	Adi	5	10	4						19	0,05	1,57	3
<b>Glossosomatidae</b>													
<i>Agapetus</i>	Aga			7						7	0,02	0,58	1
<b>Psychomyiidae</b>													
<i>Tinodes</i>	Tin		3							3	0,01	0,25	1
<b>Goeridae</b>													
<i>Silonella</i>	Sil				3					3	0,01	0,25	1
<b>Total</b>		<b>149</b>	<b>54</b>	<b>216</b>	<b>202</b>	<b>47</b>	<b>508</b>		<b>28</b>	<b>1204</b>	<b>3,24</b>		
<b>DIPTERES</b>													
Chironomidae	Chi	104	169	79	209	88	2016	380	2169	5214	14,04	39,15	8
Simuliidae	Sim	98	284	102	144	62	2438	2506	1444	7078	19,06	53,15	8
Blephariceridae	Ble	71	146	60	50	3				330	0,88	2,47	5
Stratiomyidae	Str	15	7	37	31	3				93	0,25	0,69	5
Limoniidae	Lim	12	4	20	44			29		109	0,29	0,81	5
Tipulidae	Tip	10	10	16	13			12		61	0,16	0,45	5
Psychodidae	Psy	7	19	21	18	11				76	0,20	0,57	5
Ptychopteridae	Pth		5	7	7	18				37	0,09	0,27	4
Ceratopogonidae	Cer						47	26		73	0,19	0,54	2
Cylindrotomidae	Cyl	8								8	0,02	0,06	1
Athericidae	Ath	14	13	6	3	24				60	0,16	0,45	5
Tabanidae	Tab						36			36	0,09	0,27	1
Dixidae	Dix	15	3		4			22		44	0,11	0,33	4
Anthomyiidae	Ant	4								4	0,01	0,03	1
Empididae	Emp			3	3					6	0,01	0,04	2
Culicidae	Cul							42		42	0,11	0,31	1
Dolichopodidae	Dol					3				3	0,01	0,02	1
Sciomyzidae	Sci				5	3				8	0,02	0,06	2
Rhagionidae	Rha				3					3	0,01	0,02	1
<b>Total</b>		<b>358</b>	<b>660</b>	<b>351</b>	<b>534</b>	<b>215</b>	<b>4569</b>	<b>3017</b>	<b>3613</b>	<b>13317</b>	<b>34,96</b>		
<b>PLANIPENNES</b>													
<b>Neurorthisidae</b>													
<i>Neurorthis</i>	Neu	26		48						74	0,19		1
<b>COLLEMBOLLES</b>													
<b>Entomobryomorpha</b>													
<i>Heteromerus</i>	Het		3	6	6					15	0,04		1
<b>Effectif total</b>		<b>2044</b>	<b>2992</b>	<b>3812</b>	<b>4896</b>	<b>4261</b>	<b>6682</b>	<b>6061</b>	<b>6386</b>	<b>37134</b>			
<b>Occurrence</b>		<b>57</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>11</b>				<b>296</b>

Ab : Abondance des taxons.

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

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

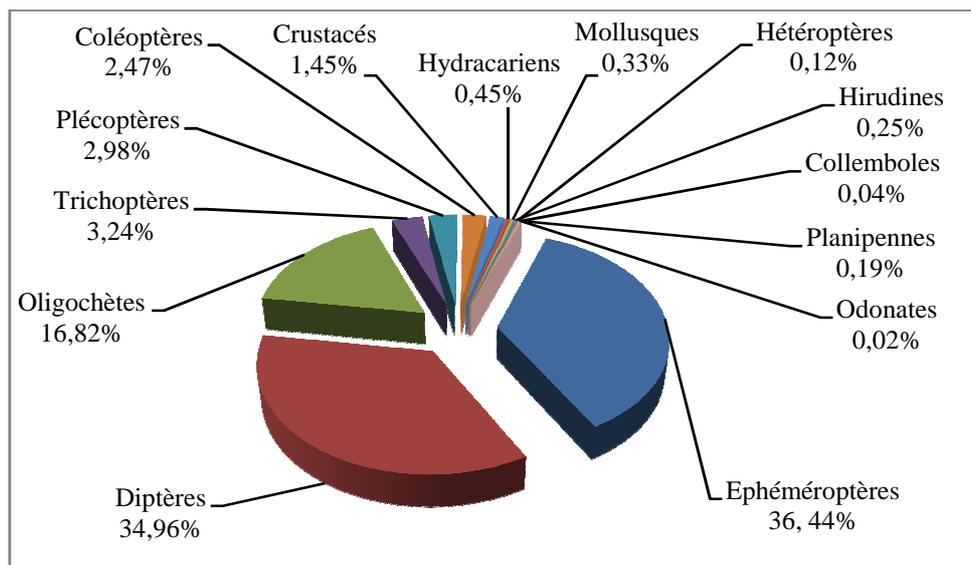
Oc : Occurrence.

Sur le plan numérique, le peuplement benthique montre que les Ephemeropteres et les Dipteres sont largement dominants (figure 3). Ils occupent la 1<sup>ere</sup> et la 2<sup>eme</sup> place par ordre d'abondance numerique avec representent respectivement 36,44 % (soit 13533 individus), 34,96 % (soit 13317 individus) de la faune totale. Ils representent 71,4 % de la faune recoltee.

Les Oligochetes, les Trichopteres et les Plecopteres occupent respectivement la 3<sup>eme</sup>, 4<sup>eme</sup> et 5<sup>eme</sup> place par ordre d'abondance numerique. Ils constituent respectivement 16,82% (6249 individus), 3,24 % (1204 individus), 2,98 % (1109 individus) du benthos.

En revanche, les Coleopteres, les Crustaces, les Hydracariens, les Mollusques, les Hirudines, les Planipennes et les Heteropteres sont faiblement representes. Ils ne presentent respectivement que 2,47 % (919 individus), 1,45 % (540 individus), 0,45% (169 individus), 0,33% (126 individus), 0,25% (95 individus), 0,19% (74 individus), 0,12% (48 individus) de la faune totale.

Enfin, Les Entomobryomorphes et les Odonates sont rares dans notre recolte. Ils ne constituent respectivement que 0,04%(15 individus) et 0,02% (10 individus) de la faune totale recoltee (figure 3).



**Figure 3 :** Répartition globale de la faune benthique dans les stations d'étude.

### III.2. Abondance

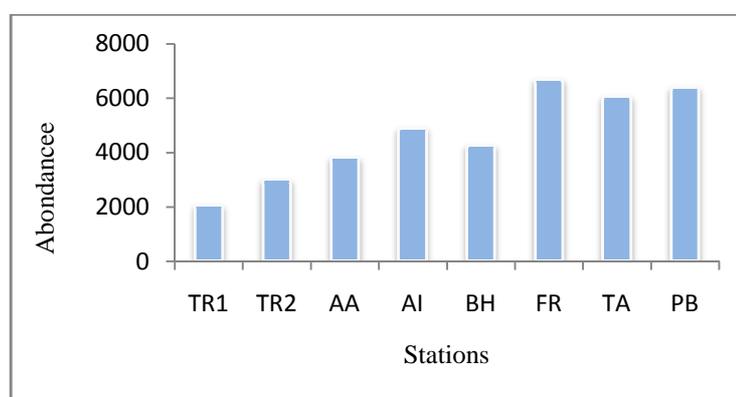
L'abondance des macroinvertébrés varie d'une station à une autre, il fluctue entre un minimum de 2044 individus (station TR<sub>1</sub>) et un maximum de 6682 (station FR) (figure 4).

Les stations amont (TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> et AA) ont une structure assez équilibrée avec des abondances fluctuant entre 2044 individus (TR<sub>1</sub>) et 3812 individus (AA).

La station AI, quoique ruisseau de montagne, représente une abondance assez élevée avec 4896 individus. Ce résultat est dû à l'effectif du genre *Baetis* enregistré dans cette station (2696 individus).

Les formes recensées dans ces stations sont pour la plupart polluosensibles. Elles semblent affectionner les torrents de montagnes et présentent une tendance sténotherme et rithrophile (Plécoptères : Perlidae, Ephéméroptères : Heptageniidae, Diptères : Bléphariceridae...).

En piémont et en basse altitude, le nombre d'individus récolté est assez abondant (BH, FR, TA et PB). Elles totalisent respectivement (4261, 6682, 6061 et 6386 individus. Ces stations sont affectées par différentes formes de pollution, d'où la pullulation des espèces les plus euryèces : des vers, des Ephéméroptères Baetidae et des Diptères Chironomidae et Simuliidae.



**Figure 4:** Abondance de la faune globale dans les stations d'études.

### III.3. Richesse taxonomique

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

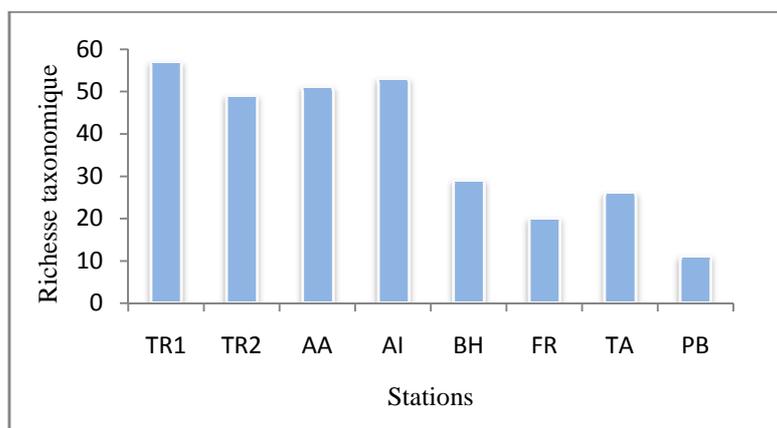
La lecture de la figure 5 montre que le nombre de taxons varie d'une station à une autre, il fluctue entre un minimum de 11 taxons (station PB) et un maximum de 57 taxons (station TR<sub>1</sub>).

Les ruisseaux de montagnes renferment 71% de la richesse taxonomique total. Les stations les plus diversifiées sont TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI. Elles renferment respectivement 57, 49, 51 et 53 taxons.

Ces stations correspondent à des milieux non dégradés et assez hétérogènes avec un substrat à dominance de galets et de graviers, un couvert végétal important, une vitesse du courant rapide, une amplitude thermique assez faible avec une température moyenne de 2°C à 4°C (milieux favorables à l'installation d'une faune riche, diversifiée et polluosensible).

En piémont et en basse altitude (stations BH, FR, TA et PB), le nombre de taxons récolté est relativement réduit (entre 11 et 29 taxons). Ceci est dû à la nature du substrat à dominance de sable et de matière organique, à la régression du couvert végétal, aux températures élevées et à

l'augmentation des perturbations anthropique ce qui pousse les invertébrés benthiques aux altitudes supérieures. Dans ce type de milieu ne peuvent subsister que les espèces les plus euryèces.



**Figure 5:** Richesse taxonomique dans les stations étudiées.

### III.4. Etude de la diversité

#### III.4.1. Indice de diversité SHANNON et WEAVER et indice d'équitabilité

L'indice de SHANNON et WEAVER est l'indice le plus utilisé car il exprime mieux la diversité des peuplements. Il est couramment utilisé pour caractériser l'habitat d'une station en se basant sur la diversité taxonomique. Cet indice a pour unité le « Bit », il est défini par la relation suivante :

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

$ni$  : 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 dominent ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quand  $H'$  tend vers zéro (0), et est maximale quand  $H'$  tend vers  $\infty$ .

L'indice SHANNON et WEAVER est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité. Ce dernier sert à montrer si la structure de la communauté des macroinvertébrés est ou non équilibrée. Elle se calcule à partir de l'équirépartition ou diversité maximale ( $H' \max$ ) :

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

$H'$  : Indice de SHANNON et WEAVER.

$S$  : Richesse spécifique.

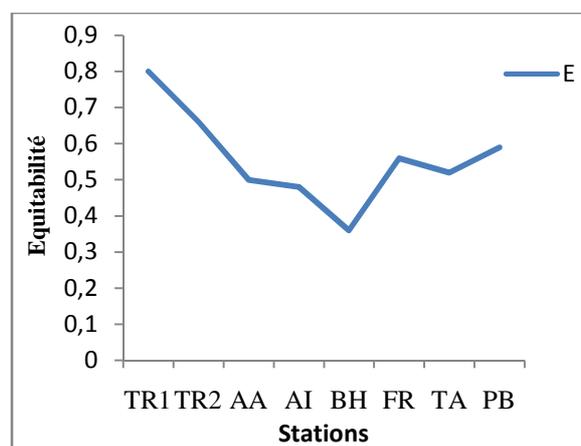
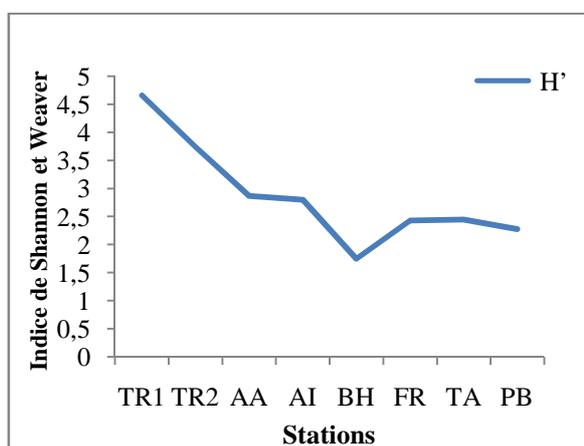
$\log_2$  : Logarithme à base 2.

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

- Lorsqu'il tend vers 0, il traduit un déséquilibre entre les effectifs des différentes composantes présentes.
  - Lorsqu'il tend vers 1, ceci indique que les taxons présents ont la même abondance.
- Les valeurs des indices  $H'$  et  $E$  sont consignés sur le tableau X et sur la figure 6.

**Tableau X** : Indices de diversité  $H'$  et  $E$ .

Indices	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
$H'$	4,66	3,74	2,87	2,80	1,75	2,43	2,45	2,28
$E$	0,80	0,66	0,50	0,48	0,36	0,56	0,52	0,59



**Figure 6** : Evolution des indices de SHANNON et WEAVER et d'équitabilité dans les stations étudiées.

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

Dans les différents peuplements, les profils de variations des deux indices  $H'$  et  $E$  présentent la même allure. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations des cours d'eau de montagne. La station TR<sub>1</sub> présente les valeurs les plus élevées de la diversité réelle et de l'équitabilité :  $H' = 4,66$  et  $E = 0,8$ , ensuite viennent les stations TR<sub>2</sub>, AA et AI, avec des indices  $H'$  compris entre 2,80 et 3,74 et de  $E$  compris entre 0,48 et 0,66.

Dans ces stations, la grande diversité des habitats permet le développement d'une communauté riche en espèces, avec des effectifs relativement comparables.

Les stations de piémont et de basse altitude BH, FR, TA et PB, présentent des indices relativement moins élevés. H' est compris entre 1,75 et 2,45. L'influence des rejets sur la faune des macroinvertébrés se manifeste par une élimination des taxons sensibles à la pollution comme c'est le cas des Plécoptères qui ont complètement disparus, la pullulation des espèces qui tolèrent les conditions des milieux extrêmes telles que la pollution et l'élévation des températures. C'est le cas des Chironomidae et des Beatidae qui présentent des effectifs importants dans l'ensemble des stations.

L'indice d'Equitabilité dans ces stations varie entre 0,36 et 0,59. Cela signifie que les populations de macroinvertébrés sont en déséquilibre entre elles. Ces perturbations ont causé le développement d'une faune adaptée, dominée numériquement par les Diptères, les Ephéméroptères et les vers avec respectivement:

- les Diptères, 34,96% de la faune totale, dont 39,15% sont des Chironomidae;
- les Ephéméroptères, 36,44% de la faune totale, dont 71,73% sont des Beatidae;
- les vers, 16,82% de la faune totale, dont 96,97% sont des Naididae.

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

#### III.5.1. Les Ephéméroptères

Selon THOMAS (1980), les éphéméroptères représentent le groupe d'invertébrés aquatiques le plus important quantitativement dans la plupart des cours d'eau et à toute les altitudes.

Les éphéméroptères se trouvent en nombre important dans les zones hétérogènes, de piémont et de basse montagne. Ils colonisent pour la plupart, les habitats les plus diversifiés à courant rapide à moyen et à température relativement élevée. Mais ils sont moins abondants dans les zones supérieures et ceci est dû aux conditions contraignantes du milieu (LOUNACI, 2005).

Ils sont représentés par 13533 individus, répartis en quatre familles : Baetidae, Caenidae, Heptagéniiidae et Leptophlébiidae. Ces individus représentent 36,44 % de la faune totale (figure 7).

Les Baetidae sont caractérisée par une large valence écologique. Ils colonisent tous les milieux étudiés de l'amont jusqu'à l'aval. Selon BENMOUSSA *et al.*, (2014), les éléments de cette famille tolèrent la pollution et les températures élevées.

La famille des Baetidae est la plus diversifiée parmi les éphéméroptères récoltés. Au total, 12511 individus répartis en trois genres : *Baetis*, *Acentrella* et *Centroptilum*. Ils représentent 92,44% des Ephéméroptères et 36,44 % de la faune totale. *Baetis* est le genre le plus abondant et le plus fréquent avec 9708 individus, soit 71,73 % des Ephéméroptères récoltés (figure 7). De plus, les éléments de ce groupe se comportent selon THOMAS (1981), comme des espèces pionnières aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles.

Selon LOUNACI (2005), la famille des Caenidae sont thermophiles et à spectre écologique assez large. Leur forme fousseuse et leur tolérance à la présence de matières organiques favorise

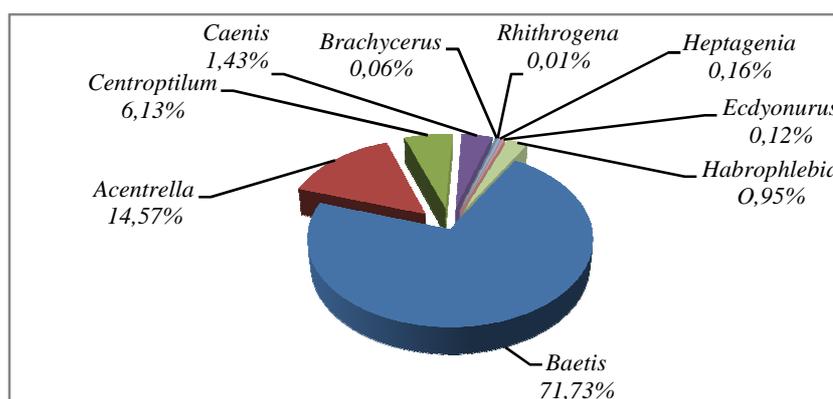
leur développement sur des sédiments déposés servant d'habitat. Avec 557 individus, ils représentent 4,11% des Ephéméroptères. Ils sont fréquents mais peu abondants.

Cette famille est représentée par deux genres : *Brachycerus* et *Caenis*. Ce dernier est le genre le plus représenté avec 532 individus, soit 3,93% du total des Ephéméroptères.

Les Heptageniidae ont une faible importance numérique. Ils sont rencontrés uniquement dans les stations amont. En effet LOUNACI (2005), les qualifie d'organismes rhéophiles et polluo-sensibles qui remontent vers les zones d'altitude (zones de sources), fuyant les températures élevées et les perturbations anthropiques des milieux aval.

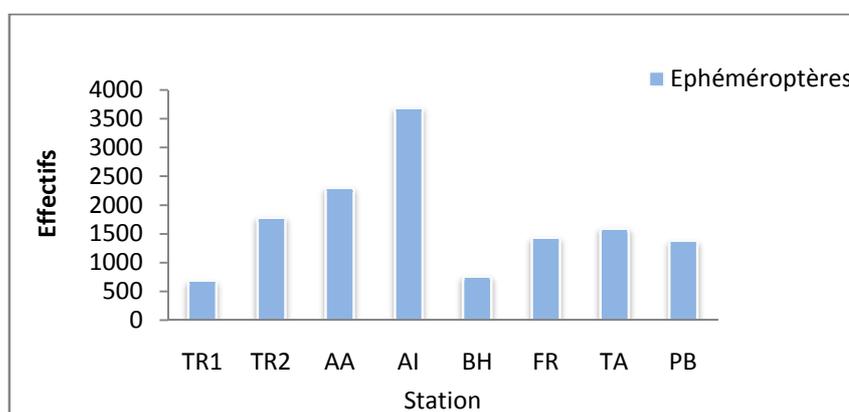
Cette famille ne compte que 112 individus, soit 0,82% des Ephéméroptères récoltés, répartie en trois genres : *Heptagenia*, *Ecdyonurus* et *Rhithrogena*.

La famille des Leptophlebiidae est représentée par un seul genre : *Habrophlebia*. Ce dernier est peu abondant et peu fréquent dans nos prélèvements, il compte 353 individus (soit 2,61% des Ephéméroptères). Il représente selon AIT MOULOUD (1988), LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005), l'exemple typique de remontée des espèces vers les zones d'altitudes fuyant les milieux perturbés.



**Figure 7** : Répartition des Ephéméroptères récoltés.

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (figure 8) met en évidence leur importance dans les stations amont (TR<sub>2</sub>, AA, AI). Avec un total de 3678 individus, la station AI est la plus abondante et la plus diversifiée avec 7 genres, suivie de AA avec 2289 individus avec 4 genres et TR<sub>2</sub> avec 1772 individus avec 5 genres. Les autres stations sont moins abondantes et moins diversifiées en Ephéméroptères.



**Figure 8** : Distribution des Ephemeroptères dans les stations d'études.

### III.5.2. Les Diptères

C'est le second ordre le plus abondant, numériquement, après celui des Ephemeroptères. La taille des larves et les critères de systématique rendent très ardues les identifications spécifiques.

Les éléments de ce groupe d'insectes se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biologique ; une large valence altitudinale et une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués. Au total, 13317 individus appartenant à 19 familles ont été dénombrés dans l'ensemble des stations étudiées. Ils représentent 34,96 % de la faune totale. Ils sont abondants dans la plupart des stations mais leur répartition est très hétérogène.

Les deux familles les mieux représentées sont les Simuliidae et les Chironomidae, elles constituent ensemble 92,3 % des Diptères (figure 9).

La famille des Simuliidae est largement dominante, elle constitue 53,15 % des Diptères et 19,06 % de la faune totale. Leur développement semble important dans les zones aval des cours d'eau. Leur importance est en rapport selon LOUNACI-DAOUDI (1996) avec les températures de l'eau relativement élevées, la vitesse du courant assez élevée et la présence de matières organiques, facteurs favorables au développement des stades immatures.

Les Diptères Chironomidae occupent la seconde place des Diptères sur le plan numérique. Ils constituent 39,15 % (5214 individus) de ce peuplement. Nous avons noté leur présence dans toutes les stations prospectées mais avec des abondances plus élevées dans les stations avales riches en matières organiques. En effet, d'après AIT MOULOUD (1987), la famille des Chironomidae se caractérise par sa grande diversité écologique. Ils ont la capacité de coloniser des milieux divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluées et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matière organique.

Les Blephariceridae (330 individus), les Limoniidae (109 individus) et les Stratiomyidae (93 individus) occupent respectivement la 3ème, 4ème et 5ème place des Diptères. Ils semblent avoir une large valence écologique.

Les autres familles sont peu abondantes. Il s'agit des, Psychodidae (76 individus), Ceratopogonidae (73 individus), Athericidae (61 individus), Tipulidae (60 individus), Dixidae (44 individus), Culicidae (42 individus), Pthycpteridae (37 individus), Tabanidae (36 individus), Cylindrotomidae et Sciomizidae avec 8 individus chacun, Empidida (6 individus), Anthomyidae (4 individus), Dolicopodidae et Rhagionidae avec seulement 3 individus chacun; toutes ces familles réunies ne constituent que 4,23% (500 individus) du total des Diptères.

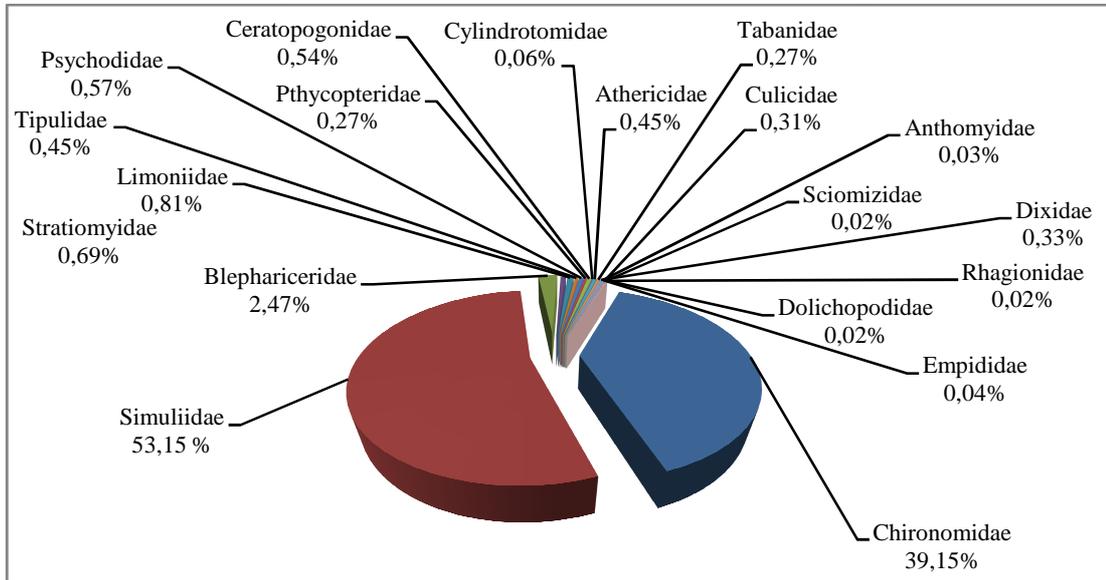


Figure 9 : Répartition des Diptères récoltés.

La répartition longitudinale des Diptères récoltés montre qu'ils sont présents dans toutes les stations mais avec des proportions inégales (figure 10). Les stations aval (FR, TA, PB) renferment plus de Diptères que les stations d'amont (TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA, AI) où ils sont moyennement représentés. Cela est dû au degré de pollution organique élevé en aval du cours d'eau qui pourrait être favorable à la prolifération des éléments polluo-résistants (Chironomidae, Simulidae).

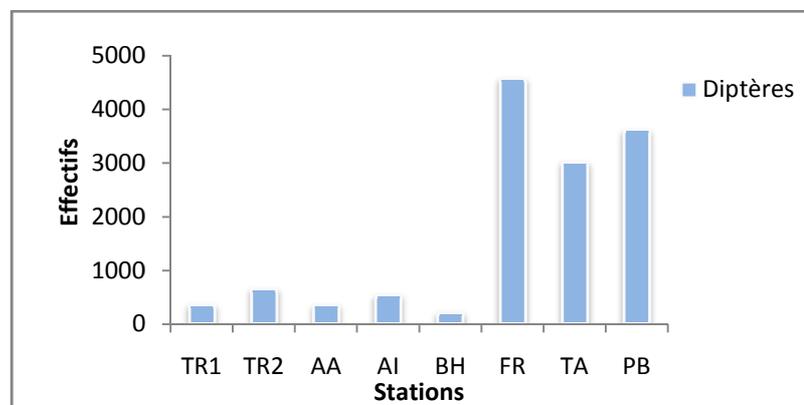


Figure 10 : Distribution des Diptères dans les stations d'études.

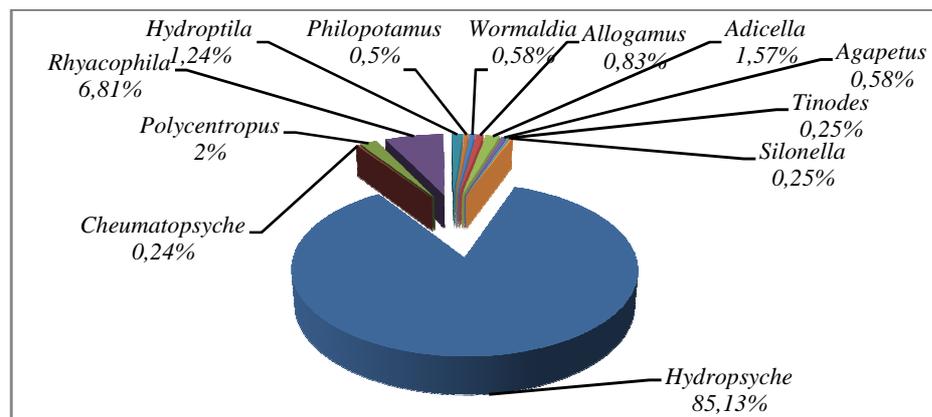
### III.5.3. Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques (TACHET et *al.*, 2010).

Selon MOISAN et *al.* (2006), De façon générale, les Trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance à la pollution.

Ce groupe représente 3,24% de la faune totale (1204 individus), il est représenté par 10 familles et 12 genres dont :

La famille des Hydropsychidae, qui est très abondante et assez fréquente (le genre *Hydropsyche*) : 1025 individus (85,13%), les espèces de cette famille sont des filtreurs. La famille des Rhyacophilidae à moindre abondance (*Rhyacophila*) : 82 individus (6,81 %). La famille des Polycentropodidae, peu abondante et eu fréquente (*Polycentropus*) (2%). Les autres familles sont rares et très faiblement représentées : Leptoceridae (*Adicella*) :19 individus (1,57%), Hydroptilidae (*Hydroptila*) :15 individus (1,24%), Philopotamidae (*Philopotamus* et *Wormaldia*) :13 individus (1,08%), Limnephilidae (*Allogamus*) :10 individus (0,83%), Glossosomatidae (*Agapetus*) :7 individus (0,58%), enfin Psychomiidae (*Tinodes*) et Goeridae (*Silonella*) :3 individus chacune (0,25%) (Figure 11).

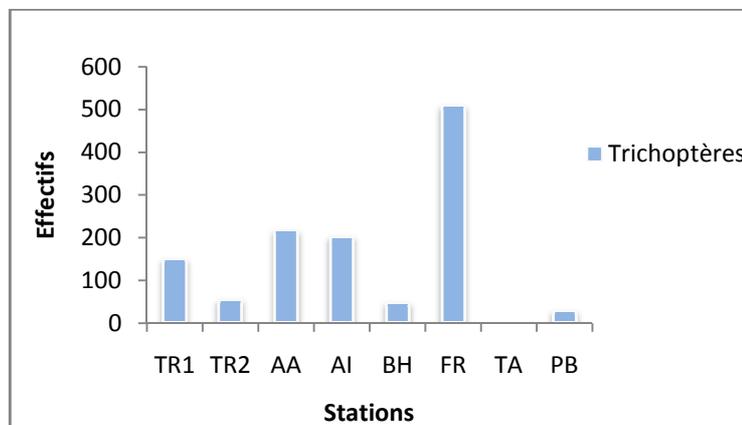


**Figure 11** : Répartition des Trichoptères récoltés.

La lecture de la figure 12 montre la distribution des Trichoptères sur l'ensemble des stations étudiées, avec des effectifs différents. L'importance des éléments de cet ordre d'insectes est enregistrée dans les stations TR<sub>1</sub>, AA et AI qui hébergent respectivement 149, 216 et 202 individus. Cela revient à la nature des cours d'eau : torrent de montagne à couvert végétal très dense, vitesse du courant rapide et température de l'eau relativement fraîche. En effet d'après RAMADE (2003), de nombreuses familles de Trichoptères présentent une forte rhéophilie. Ainsi les larves d'*Hydropsyche* tissent des fourreaux ou des nacelles en soie grâce auxquelles elles sont étroitement fixées aux parois des rochers immergés là où le courant est plus intense.

L'importance de leurs effectifs au niveau de la station FR qui abritent 508 individus est due probablement à la vitesse très lente du courant, aux températures relativement élevées et au faible couvert végétal qui favorise l'installation des algues filamenteuses représentant un habitat favorable.

Dans les autres stations, peu d'individus sont observés et la station TA en est dépourvue.



**Figure 12** : Distribution des Trichoptères dans les stations d'études.

### III.5.4. Les Plécoptères

Les Plécoptères sont connus pour leur pluo-sensibilité aux milieux affectés par quelconque perturbation (MEBARKI, 2001). Ils ont comme habitat les parcours ombragés et les ruisseaux froids d'altitudes. Selon TACHET et *al* (2010), les plécoptères constituent un groupe d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques.

Le Peuplement Plécoptérologique inventorié dans notre travail est représenté en faible proportion comparé aux Ephéméroptères et aux Diptères. En effet, la prospection des 8 stations nous a permis de récolter 1109 individus. Il constitue 2,98 % de la faune totale. Ils sont répartis en 6 familles et 12 genres : Capniidae (*Capnioneura*, *Capnia*), Leuctridae (*Leuctra*), Nemouridae (*Nemoura*, *Amphinemura*, *Protonemura*), Perlidae (*Perla*), Perlodidae (*Perlodes*, *Isoperla*), Taeniopterygidae (*Brachyptera*, *Taeniopteryx*) et Chlooroperlidae (*Chloroperla*) (figure 13).

La famille des Nemouridae est la mieux représentée avec 414 individus (soit 37,32% des Plécoptères récoltés). Les Perlodidae et Perlidae occupent la 2ème et 3ème place sur le plan abondance numérique avec respectivement 303 individus (soit 27,32 %) et 214 individus (soit 19,29 %).

Quant aux Leuctridae, Capniidae, Chloroperlidae et Taeniopterygidae, ils sont faiblement représentés : respectivement 123 individus (11,03 %), 31 individus (2,79 %), 14 individus (1,26 %) et 10 individus (0,9%). Ils sont très peu abondants et très peu fréquents.

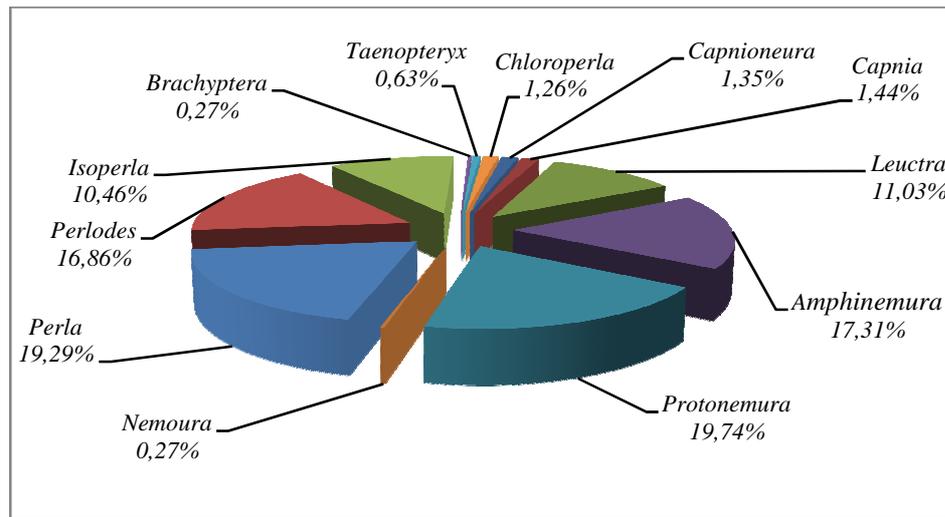


Figure 13 : Répartition des Plécoptères récoltés.

La distribution des Plécoptères récoltés montre qu'ils sont présents seulement dans les stations de haute altitude (TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI) et totalement absents dans les stations d'aval (FR, TA et PB) (figure 14). Cela confirme le fait que Les éléments de ce groupe colonisent de préférence les cours d'eaux froids de montagne avec une concentration élevée en oxygène (CONSIGLIO, 1963, in FERRITO, 1994).

La pollu-sensibilité des Plécoptères aux milieux affectés expliquerait en partie l'absence totale des éléments de ce groupe dans les habitats de basses altitudes exposées à la pollution et l'élévation des températures de l'eau.

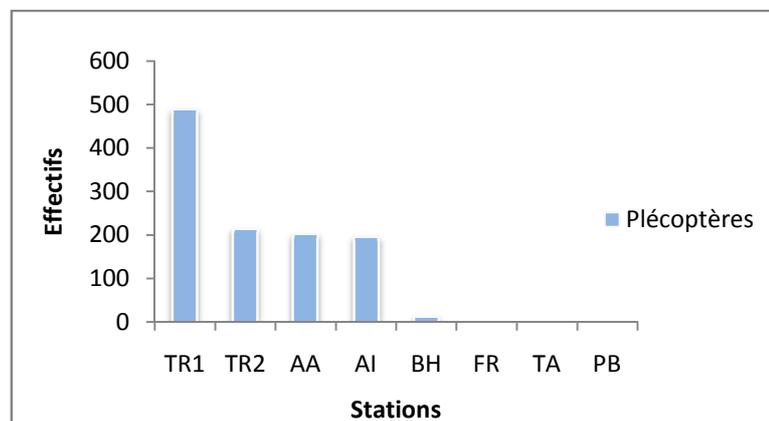


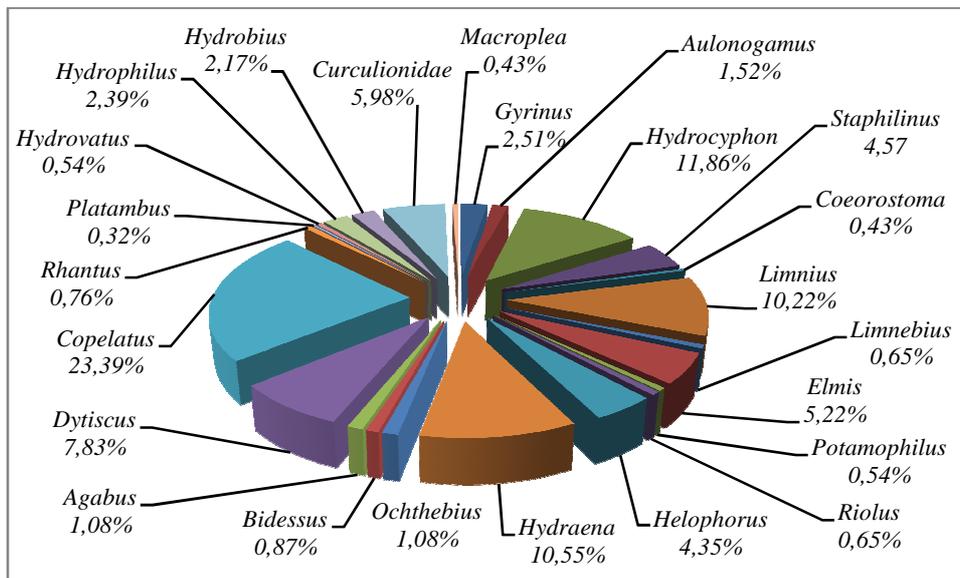
Figure 14 : Distribution des Plécoptères dans les stations d'études.

### III.5.5. Les Coléoptères

Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire et larvaire dans les milieux aquatiques (TACHET et al., 1980). Ils vivent et colonisent pratiquement tous les biotopes, aussi bien en faciès lotique qu'en faciès lentique.

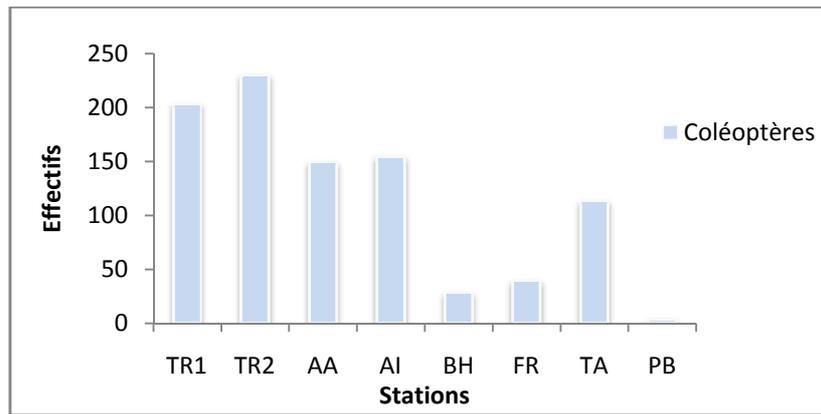
Dans notre travail l'ordre des Coléoptères est le plus diversifié par rapport aux Diptères, aux Epheméroptères, aux Trichoptères et aux Plécoptères, un total de 23 genres appartenant à 10 familles sont inventoriés (figure 15). Quant à l'importance numérique des éléments de ce groupe, elle est très faible comparée aux Diptères, aux Epheméroptères. Elle ne constitue que 2,47% de la faune totale (919 individus).

Les Coléoptères existent sous deux formes (larvaire et adulte). Si l'on considère la richesse taxonomique au niveau de chaque famille, les Dytiscidae sont les plus diversifiées, 7 genre ont été identifiés pour cette famille, et à un degré moindre les Elmidae représentés par 5 genres. Quant aux autres familles : les Helodidae, Hydraenidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Staphilinidae, Gyrinidae, Curculionidae et les Chrysomelidae ne sont représentés que par un ou deux genres.



**Figure 15** : Répartition des Coléoptères récoltés.

La répartition longitudinale des Coléoptères des cours d'eau étudiés (figure 16) traduit la présence d'un peuplement à caractère rhéophile. La richesse la plus élevée est observée dans les stations d'altitude (TR<sub>1</sub> : 12 taxons, TR<sub>2</sub>, AA et AI avec 9 taxons chacun, et dans une station de basse altitude (TA : 7 taxon). Cette diversité peut s'expliquer par le fait que les biotopes de ces stations offrent une plus grande variété de niches écologiques, hétérogénéité du substrat et de la végétation.



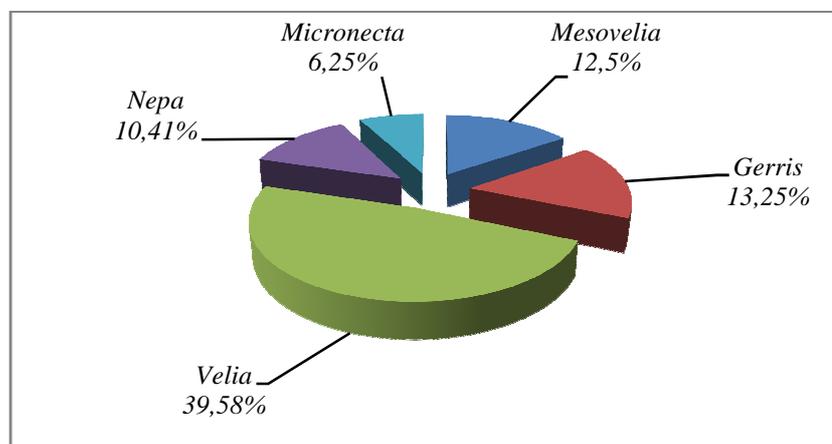
**Figure 16** : Distribution des Coléoptères dans les stations d'études.

### III.5.6. Les Héétéoptères

Les Héétéoptères aquatiques sont avant tout des insectes d'eaux stagnantes. En eaux courantes ils colonisent les zones lénitiques ou les biotopes abrités du courant (DETHIER, 1985-1986).

Dans le cadre de ce travail, les Héétéoptères sont faiblement représentés. Ils comptent seulement 48 individus soit 0,12% du peuplement benthique total, appartenant à 5 familles et 5 genres (figure 17).

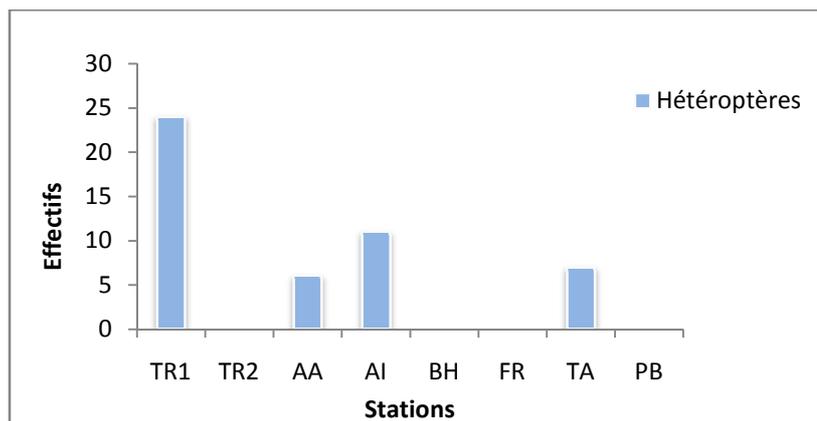
Les Veliidae (*Velia*) avec 19 individus est la famille la plus importante en biomasse, suivie par les Gerridae (*Gerris*) ; 15 individus, les Mesoveliidae (*Mesovelia*) ; 6 individus et enfin par les deux dernières familles notamment les Nepidae (*Nepa*) et les Corrixiidae (*Micronecta*) avec respectivement 5 et 3 individus. Il est à noter que plusieurs stations en sont dépourvues.



**Figure 17** : Répartition des Héétéoptères récoltés.

Selon POISSON (1957), les Héétéoptères fréquentent divers biotopes des milieux aquatiques: marécages, mares, ruisseaux et rivières, ils s'observent surtout sur les rives des cours d'eau.

La plupart des insectes récoltés sont observés dans les stations de montagne (TR<sub>1</sub>, AA et AI) et de piémont (TA) (figure 18). Se sont pour la plupart des formes rhibiontes inféodées aux habitats de courants. Quant aux formes potamophiles, elles vivent dans le facies à eau calme.



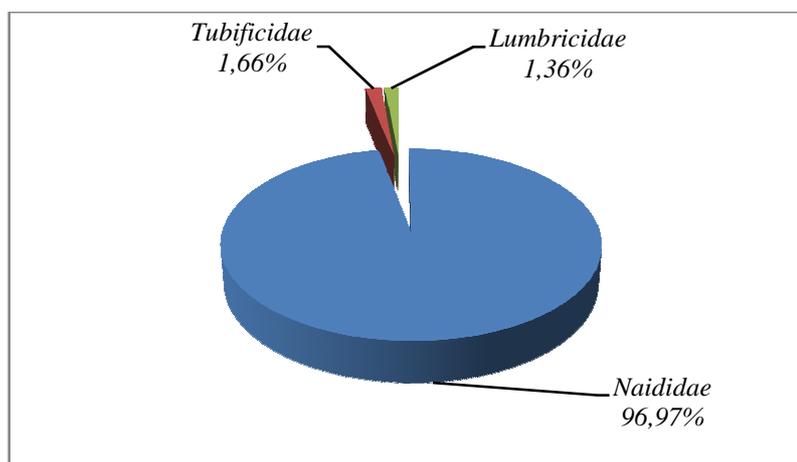
**Figure 18** : Distribution des Hétéroptères dans les stations d'études.

### III.5.7. Les Oligochètes

L'ordre des Oligochètes est le troisième groupe le plus représenté dans l'ensemble de nos prélèvements, avec un total de 6249 individus soit 16,82% de la faune récoltée.

Dans ce groupe d'invertébrés, les Naididae sont largement dominants. Avec 6060 individus, ils constituent 96,97 % des Oligochètes et 16,31 % de la faune totale.

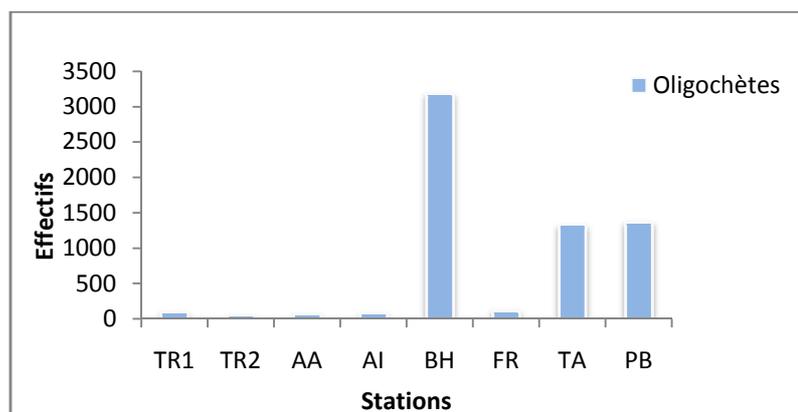
Les Tubificidae et Lumbricidae ne forment respectivement que 0,28 % (104 individus) et 0,22 % (84 individus) du peuplement (figure 19).



**Figure 19** : Répartition des Oligochètes récoltés.

Les vers fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux d'altitude jusqu'au cours d'eau de plaine. Ils sont dotés d'une large valence écologique et ils sont inféodés aux milieux caractérisés par un fond riche en matières organiques.

Dans ce travail, les Oligochètes présentent un développement très important de leur population au niveau des stations de piémont et de basses altitudes (figure 20).



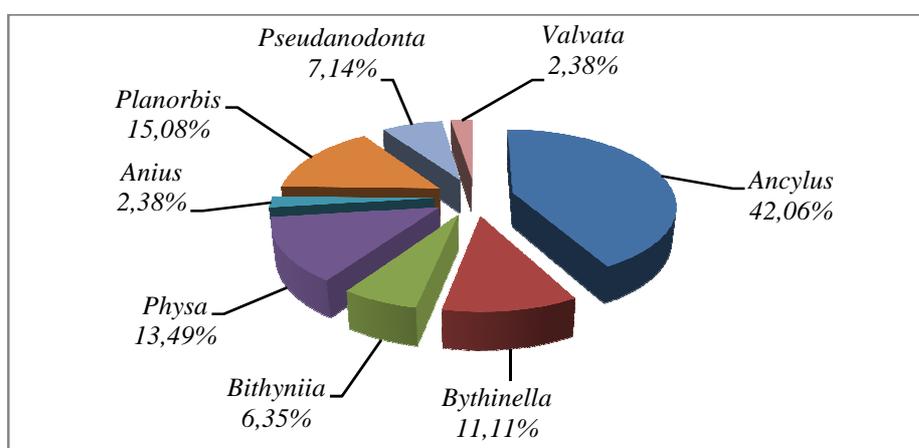
**Figure 20** : Distribution des Oligochètes dans les stations d'études.

### III.5.8. Les Mollusques

D'après la littérature, la teneur en calcium, la teneur en substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les exigences des Mollusques pour leur prolifération et répartition dans les eaux continentales.

Les Mollusques sont peu abondants dans nos prélèvements. Un total de 126 individus a été récolté, soit 0,33 % de la faune totale. Ils appartiennent à 7 familles et 8 genres : les Ancyliidae (*Ancylus*), Bythinelidae (*Bythinella*), Bithyniidae (*Bithyniia*) Planorbidae (*Anius*, *Planorbis*) et Physidae (*Physa*), Unioniidae (*Pseudanodonta*), Valvatidae (*Valvata*) (figure 21).

La famille la mieux représentée est l'Ancyliidae (*Ancylus*) : 53 individus (soit 42,06 % des Mollusques et 0,14 % de la faune totale). Les autres familles ont une faible importance numérique.



**Figure 21** : Répartition des Mollusques récoltés.

Dans le présent travail, la distribution des Mollusques est très hétérogène (figure 22). Ils occupent pratiquement toutes les stations de l'amont vers l'aval.

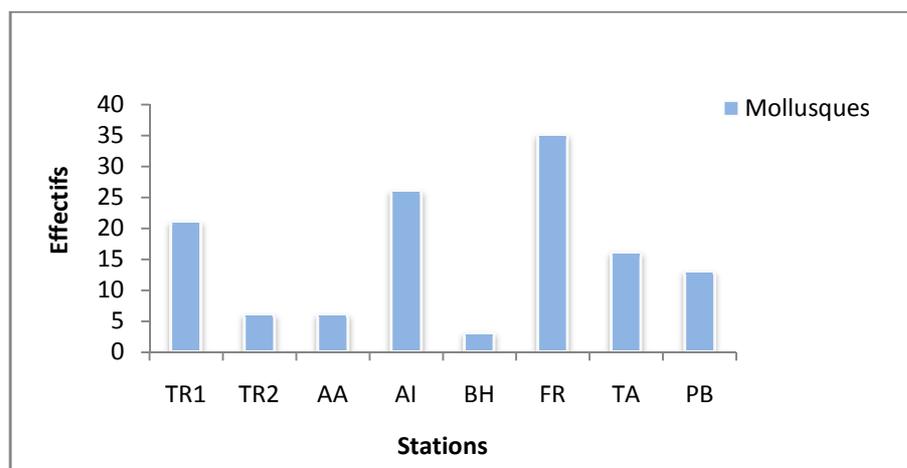


Figure 22 : Distribution des Mollusques dans les stations d'études.

### 3.4.9. Autres groupes faunistiques

#### ❖ Les Crustacés

Les Crustacés sont représentés par 540 individus, soit 1,45% de la faune totale. Ils appartiennent à 4 familles et 4 genres : Gammaridae (*Gammarus*), Potamonidae (*Potamon*), Asellidae (*Asellus*) et Astacidae (*Astacus*). La première famille est la plus importante numériquement : 499 individus ont été récoltés, la deuxième famille de moindre abondance : 28 individus, quant aux deux autres familles, elles ont une faible importance numérique : 10 et 3 individus respectivement, retrouvés seulement au niveau de la station TR<sub>1</sub>.

#### ❖ Les Odonates

Dans le cours d'eau étudié, les Odonates sont très rares, 10 individus seulement ont été récoltés, soit 0,02% de la faune totale. Ils appartiennent à une seule famille Gomphidae et un seul genre *Gomphus*. Ils sont présents seulement dans les stations AA et FR.

#### ❖ Les Planipennes

Les Planipennes sont très faibles, 74 individus seulement ont été récoltés, soit 0,19 % de la faune totale. Ils sont représentés par une seule famille Neurorthidae et le genre *Neurorthus*. On les a récoltés dans 2 stations d'altitude TR<sub>1</sub> et AA.

#### ❖ Les Collemboles

D'après AIT MOULOU (2006), les facteurs essentiels expliquant les phénomènes de répartitions des Collemboles sont la température et l'humidité qui règnent dans l'environnement

immédiat des individus. Ils sont représentés par une seule famille Entomobryomorpha et un seul genre *Heteromerus* avec 15 individus, soit 0,04 % du peuplement benthique. Ils occupent les stations alticoles du cours d'eau (TR<sub>2</sub>, AA et AI).

#### ❖ Les Hirudinae

Les Hirudinae ne représentent que 0,25 % de la faune totale, avec 95 individus. Ils sont présents dans 3 stations d'amont et une station de basse altitude.

#### ❖ Les Hydracariens

Les Hydracariens représentent 0,45 % de la faune totale avec 169 individus. Leur développement semble important dans les secteurs aval du cours d'eau.

### III.6. 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 spatiales dans les cours d'eau étudiés en fonction des caractéristiques environnementales.

Afin d'obtenir une description objective de données:

- Une analyse factorielle en composante principale (ACP) pour tenir compte de l'hétérogénéité des variables environnementales.
- Une analyse factorielle des correspondances (AFC) pour décrire la structure du peuplement.
- Une classification ascendante hiérarchique (CAH) calculée à partir des coordonnées des relevés sur les axes pour permettre de connaître à quel niveau sont reliés les espèces fréquemment associées.

Les logiciels 'Statistica 6,4' et 'Statbox 6' ont permis de réaliser et donner les représentations graphiques des différentes analyses multivariées (ACP, AFC, CAH) ainsi que les corrélations de Pearson.

#### III.6.1. Structure mésologique

Dans ce travail, 12 descripteurs mésologiques sont pris en compte pour caractériser chacune des 8 stations étudiées (tableau XI).

L'analyse des corrélations entre différents paramètres a montré que les variables sont inter-corrélées (test de Person.  $r > 0,7$ ) (tableau XII).

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

Lar: Largeur du cours d'eau (m), Pro : Profondeur moyenne (cm), Vit : Vitesse du courant (cm/s), Alt: Altitude (m), Pen : Pente (%), Dis : Distance à la source (km), Tem: Température ponctuelle (°C), Rip : Ripisylve (%), Vaq : Végétation aquatique (%), GG : galets graviers (%), SL : Sable limons (%), MO : Matières organiques (%).

Stations	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
Alt	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
Pen	14,8	13,6	19,8	16,8	1,6	1,2	0,5	0,2
Dis	0,5	1,5	0,5	1	25	40	45	75
Lar	1,5	1,5	1,5	2	4	10	10	10
Pro	20	10	15	20	25	30	40	40
Vit	120	110	120	80	40	30	20	10
Tem	2	2	3	4	10	15	18	23
Rip	100	100	100	100	50	50	25	25
Vaq	0	10	10	10	20	30	40	40
GG	100	95	90	90	60	40	30	20
SL	0	0	10	0	30	40	50	60
MO	0	5	0	10	10	20	20	20

**Tableau XII:** Matrice de corrélation entre variables environnementales (N=12, P<0,05)

	Alt	Pen	Dis	Lar	Pro	Vit	Tem	Rip	Vaq	GG	SL	MO
Alt	1											
Pen	<b>0,96</b>	1										
Dis	<b>-0,91</b>	<b>-0,85</b>	1									
Lar	<b>-0,91</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,92</b>	1								
Pro	<b>-0,88</b>	<b>-0,83</b>	<b>0,91</b>	<b>0,92</b>	1							
Vit	<b>0,94</b>	<b>0,92</b>	<b>-0,88</b>	<b>-0,90</b>	<b>-0,85</b>	1						
Tem	<b>-0,93</b>	<b>-0,88</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>-0,93</b>	1					
Rip	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>-0,92</b>	<b>-0,92</b>	<b>-0,93</b>	<b>0,95</b>	<b>-0,96</b>	1				
Vaq	<b>-0,90</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,90</b>	<b>0,94</b>	<b>0,89</b>	<b>-0,96</b>	<b>0,96</b>	<b>-0,95</b>	1			
GG	<b>0,96</b>	<b>0,89</b>	<b>-0,97</b>	<b>-0,97</b>	<b>-0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>-0,99</b>	<b>0,96</b>	<b>-0,95</b>	1		
SL	<b>-0,95</b>	<b>-0,86</b>	<b>0,97</b>	<b>0,93</b>	<b>0,92</b>	<b>-0,89</b>	<b>0,97</b>	<b>-0,94</b>	<b>0,91</b>	<b>-0,99</b>	1	
MO	<b>-0,87</b>	<b>-0,86</b>	<b>0,85</b>	<b>0,93</b>	<b>0,86</b>	<b>-0,95</b>	<b>0,91</b>	<b>-0,88</b>	<b>0,93</b>	<b>-0,90</b>	<b>0,83</b>	1

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP).

Cette analyse fait apparaître clairement dans l'espace les facteurs significatifs F1 (axe1) et F2 (axe2) : 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 95% de la variance totale.

La structure mésologique obtenue fait apparaître un gradient amont-aval des cours d'eau. Les variables altitude (Alt), pente (Pen), substrat grossier (GG), vitesse du courant (Vit) et végétation

bordante (Rip) sont fortement liées entre elles avec l'axe 1 en position positive, et bien représentées dans le plan F1-F2, décroissent progressivement de l'amont vers l'aval.

De même, très liées à l'axe I en position négative, les variables distance à la source (Dis), profondeur de l'eau (Pro), largeur du lit majeur (Lar), substrat composé de sable, de limon (SL) et végétation aquatique (Vaq), matière organique (MO) et température de l'eau (Tem) voient leurs valeurs augmenter de l'amont vers l'aval (figure 23)

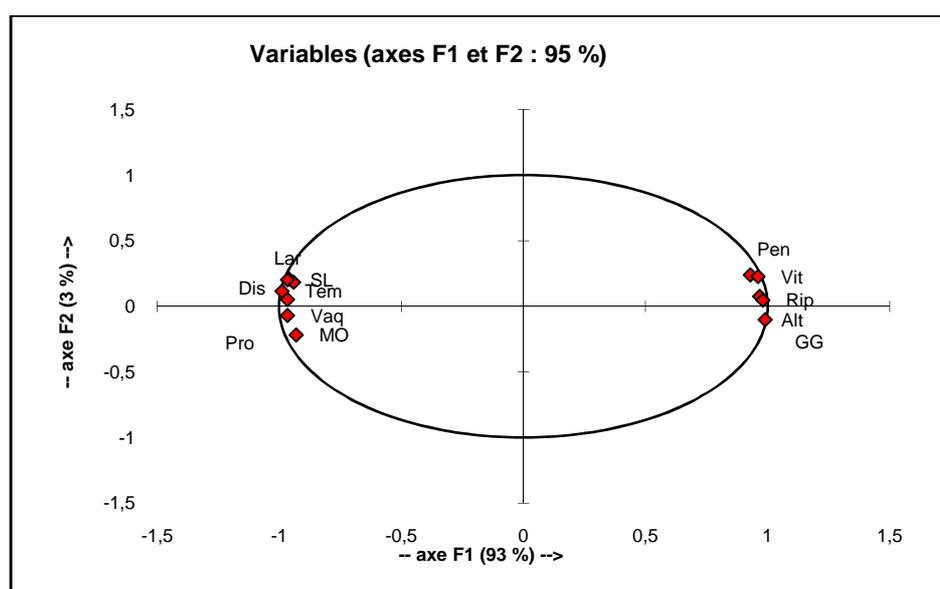
La classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée sur la base des résultats de l'ACP visualise bien les relations entre les variables environnementales pour l'ensemble des stations (figure 24).

Groupe 01 : stations de montagne (TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA, et AI) caractérisées par les paramètres altitude, pente, vitesse du courant et substrat grossier.

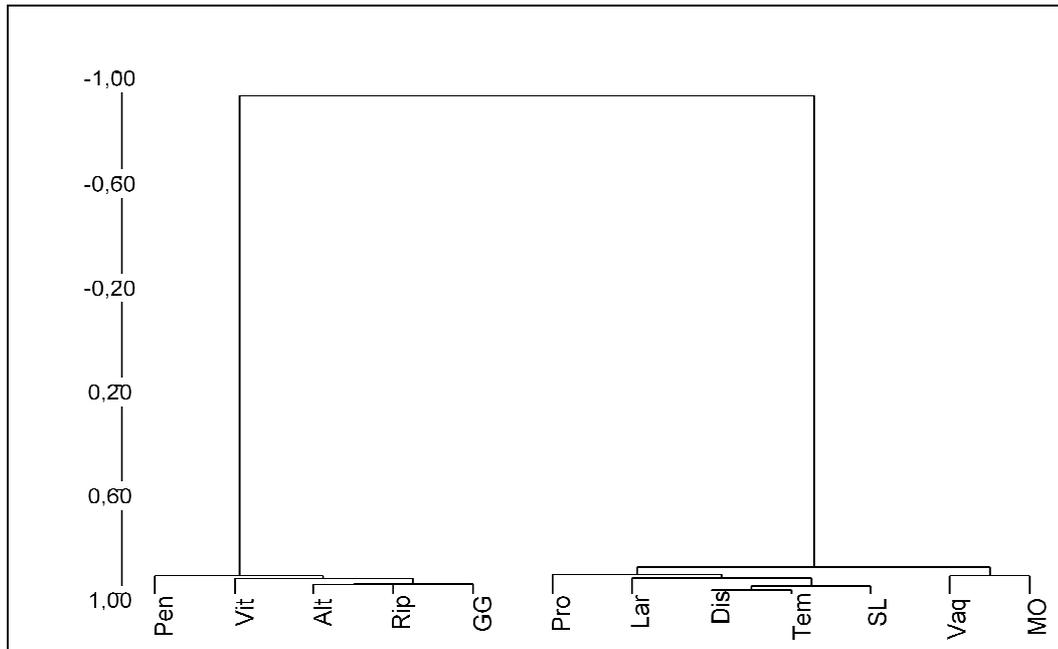
Groupe 02 : station de basse altitude (BH, FR, TA et PB) liée à la largeur du lit, la température, la végétation aquatique, la profondeur de la lame d'eau, la distance à la source, le substrat fin et la présence de matière organique.

La représentation dans l'espace des mêmes facteurs F1 et F2 avec une variabilité totale du nuage de points de 98% (figure 25) montre une opposition entre :

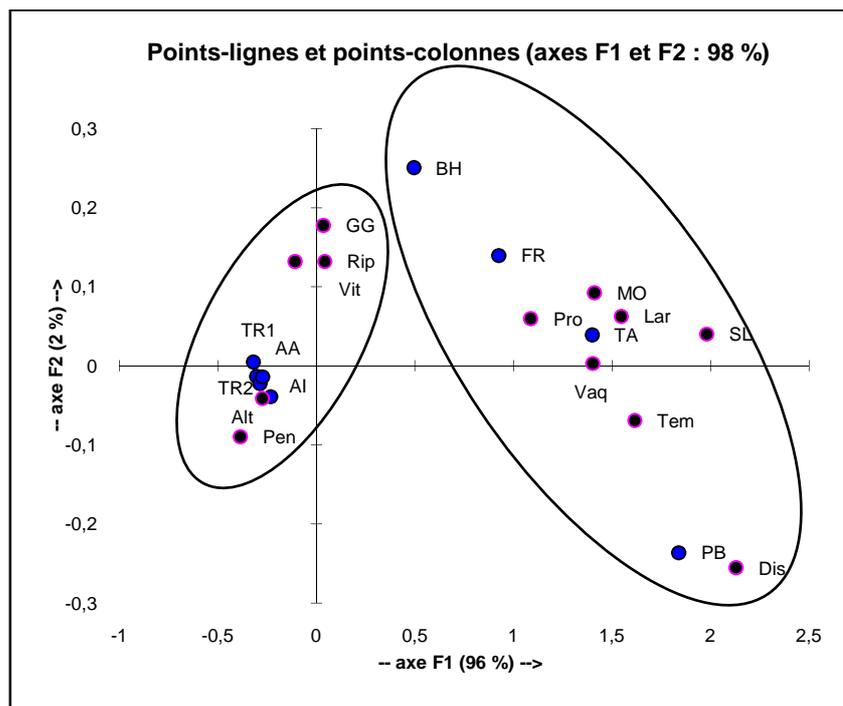
- Les stations d'altitude (TR1, TR2, AA et AI) en position négative sur l'axe 1, liées principalement aux paramètres altitude supérieur à 930m, pente élevée ( $> 9,4\%$ ), substrat grossier composé de galets graviers et vitesse du courant élevée, et les stations de basse altitude (BH, FR, TA, PB) en position positive sur le même axe, liées aux paramètres distance à la source (élevée), profondeur de la lame d'eau ( $> 25\text{cm}$ ), largeur du lit mineur ( $> 4\text{m}$ ), la nature du substrat (sable, limon avec présence de matière organique) et température élevée de l'eau.



**Figure 23** : ACP représentant la distribution des paramètres environnementaux.



**Figure 24 :** Dendrogramme visualisant les relations entre les variables environnementales.



**Figure 25 :** Analyse factorielle des correspondances réalisée sur les 8 stations et les 12 Paramètres environnementaux.

### III.6.2. Structure du peuplement

Pour décrire la structure du peuplement étudié, nous avons procédé à une analyse factorielle des correspondances qui a porté sur deux ensembles de données : 8 stations et 57 taxons appartenant aux principaux groupes représentatifs de la faune benthique : Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères (EPTC).

Les résultats des analyses montrent que les deux premiers axes de l'AFC expriment à eux seuls 67% de la variabilité totale (figure 26).

La projection du nuage de point sur l'axe 1 montre que les relevés faunistiques sont ordonnés en fonction de leur localisation sur les cours d'eau selon un gradient orienté progressivement amont-aval.

- Le peuplement macrobenthique des zones d'altitude, en position positive sur l'axe 1 (groupement 1) se caractérise par une certaine hétérogénéité de la structure faunistique et des caractéristiques biologiques : il s'oppose nettement au peuplement de basse altitude, en position négative (groupement 2), qui par ailleurs manifeste une certaine homogénéité.

- Les résultats de cette étude montrent que les organismes ne sont pas distribués au hasard dans différents types d'habitats. 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 niches pour les organismes. C'est le cas du groupement 1 qui présente un cortège d'espèces sténothermes peuplant principalement les petits cours d'eau d'altitude supérieur à 900m (stations AA, AI, TR1 et TR2). Ces espèces manifestent une plus forte affinité pour les substrats grossiers (blocs, cailloux, graviers) et une tendance nette à la rhéophilie, on trouve dans ce groupe :

-Les espèces à large répartition : *Acentrella*, *Hydraena*, *Hydropsyche*, *Hydrobius*, *Limnius*, *Copelatus*...

-Les espèces sténotope qui caractériseraient les stations AA, AI, TR1 et TR2 : *Rhyacophila*, *Perla*, *Perlodes*, *Isoperla*, *Leuctra*, *Capnia*...

Le groupement 2 est composé d'espèces eurythermes et à large valence écologique qui caractérisent les habitats de basse altitude (station TA, BH, FR, PB). Il est moins riche et moins diversifié que le précédent. Il est corrélé aux paramètres de basse altitude, pente faible, substrat marqué par une granulométrie fine et abondance de végétation aquatique. Les espèces qui le composent, généralement peu abondantes et peu fréquentes, sont bien connues pour leur caractère thermophile et leur développement dans les habitats riches en matières organiques : *Beatis*, *Bidessus*, *Brachycerus*, *Dytisus*, *Hydrophilus*, *Centroptilus*, *Rhantus*, *Riolus*...



## Introduction

L'appréciation de la qualité d'un milieu aquatique à l'aide des méthodes biologiques est fondée sur l'application d'un principe général selon lequel à un milieu donné correspond une biocénose particulière. De ce fait, les peuplements d'un habitat peuvent être considérés comme l'expression synthétique de l'ensemble des facteurs écologiques qui conditionnent le système. Les altérations du milieu, qui se traduisent par l'évolution de certains de ces facteurs, provoquent alors des modifications plus ou moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge. Aussi, l'analyse de la composition d'un répertoire faunistique considéré isolément permet de définir l'état du milieu.

Dans le domaine des eaux courantes, les diagnostics sont le plus souvent fondés sur l'analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques (inféodés au substrat). En effet, le benthos combine un grand nombre d'avantages dans l'appréciation globale de la qualité des milieux.

Les analyses biologiques que nous allons utiliser dans le cadre de ce travail reposent sur deux méthodes qui fournissent pour chaque station de rivière étudiée un niveau ou indice de qualité.

Les méthodes dites des « indices biotiques », comme l'IBGN (Indice Biologique Global de Normalité) et BMWP' (Biological Monitoring Working Party) sont fondées sur l'étude simplifiée de la faune invertébrée benthique. Elles sont basées sur un examen global de la macrofaune benthique récoltée suivant un protocole d'échantillonnage standard. Les indices sont donnés par des tableaux faisant intervenir la nature de la faune récoltée (groupes indicateurs de sensibilité différente aux perturbations) et sa variété.

### IV.1. Domaines d'application de l'IBGN et du BMWP' (système de scores)

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

Le principe de cette méthode repose sur le prélèvement de la macrofaune benthique au niveau d'une station, selon un mode d'échantillonnage standardisé, tenant compte des différents types d'habitats (GENIN *et al.*, 2003).

- Le BMWP' est une nouvelle approche originale (BMWP). Ces modifications ont inclus l'addition de nouvelles familles (ALBA-TERCEDOR, 2000 *in* BOUCHELOUCHE *et al.* 2013).

L'indice permet d'évaluer la qualité générale d'un cours d'eau à partir d'un système de score de la Famille de macroinvertébrés. Il ne prend pas en compte le nombre des individus récoltés ni la variabilité taxonomique.

D'autre part, quelques auteurs lient la technique d'échantillonnage aux résultats de la qualité des eaux obtenus avec les différents indices biologiques comme il a été signalé dans le travail de SOLIMINI *et al.* (2000) *in* HAFIANE *et al.* (2013). Les meilleurs résultats du BMWP' suggèrent la nécessité d'utiliser plus fréquemment cet indice dans les études d'évaluation biologique de la qualité des eaux courantes profondes.

## IV.2. Calcul de l'IBGN et BMWP'

L'évaluation de la qualité du milieu avec les deux méthodes est fondée sur l'analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques (inféodés au substrat). L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe.

- Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 138 taxons. Parmi ces derniers, 38 d'entre eux constituent 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numérotés de 1 à 9 dans le tableau de détermination (annexe IV), par ordre de polluo-sensibilité décroissante.

L'IBGN est établi à partir d'un tableau d'analyse comportant en ligne les classes de variété taxonomique et en colonne les groupes faunistiques indicateurs, classés par ordre décroissant de sensibilité aux pollutions (annexe V), on détermine donc :

- La variété taxonomique  $\Sigma t$  : elle correspond au nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvés sur place.

-Le groupe indicateur (GI) : on prospectera les colonnes du tableau de haut en bas (de GI=9 à GI=1), en arrêtant l'examen à la première présence significative d'un taxon répertoire en ordonnée du tableau.

Les valeurs d'IBGN sont comprises entre 1 et 20 selon la diversité taxonomique de la station et la présence ou l'absence de taxons indicateurs.

L'appréciation globale de la qualité hydrobiologique est estimée à partir de l'examen de la faune des macroinvertébrés benthiques. Dans la norme AFNOR (GENIN *et al.*, 2003), elle est définie selon 5 niveaux de couleur (tableau XIII).

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

Valeur de l'IBGN	$\geq 17$	16 - 13	12-9	8 – 5	$\leq 4$
Classe de qualité	1A	1B	2	3	HC
Couleur correspondante	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité hydrobiologique	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Pollution	Absente	Modérée	Nette	Importante	Excessive

La définition des classes de qualité est la suivante :

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

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

Après identification des macroinvertébrés benthiques jusqu'au niveau famille, on dresse la liste des groupes zoologiques existant dans la station. En cherchant la ponctuation attribuée aux différents familles nous allons pouvoir trouver la valeur de BMWP' et ceci en faisant la somme des points correspondant à chacune d'entre elles. Cette valeur va correspondre à une classe de qualité que l'on cherche dans le tableau XIV.

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

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

La définition des classes de qualité est la suivante :

- classe I (couleur bleu) : qualité excellente (absence de pollution);
- classe II (couleur verte) : qualité bonne (pollution modérée) ;
- classe III (couleur jaune) : qualité moyenne (pollution nette) ;
- classe IV (couleur orange) : qualité médiocre (pollution importante);
- classe V (couleur rouge) : qualité (pollution excessive).

### **IV.3. Résultats obtenus à partir de l'I.B.G.N et BMWP'**

Le tableau XV résume les résultats des analyses hydrobiologiques (diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur d'IBGN et BMWP', classe de qualité et qualité hydrobiologique).

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

- La diversité faunistique traduisant la capacité d'accueil du milieu et les potentialités de la faune à occuper les habitats présents ;

- La nature du groupe indicateur le plus élevés, reflétant plus la qualité de l'eau.

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

Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon du cours d'eau est affecté d'une couleur suivant la valeur de l'IBGN ou de BMWP' (Figures 27 et 28).

**Tableau XV:** Valeurs de l'IBGN et du BMWP' des stations étudiées par campagne.

compagnes	stations	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
	Altitude (m)	1115	1045	1080	1010	210	160	100	70
Première campagne (Avril)	Nombre de taxons	29	26	38	34	16	14	18	10
	Groupe indicateur	8	9	9	9	2	3	2	7
	IBGN (AFNOR)	17	16	19	18	6	7	7	10
	Classe de qualité	1A	1B	1A	1A	3	3	3	2
	Qualité de l'eau	Très bonne	Bonne	Très bonne	Très bonne	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Moyenne
	BMWP'	155	140	172	150	65	53	49	35
	Classe de qualité	I	I	I	I	II	III	III	IV
	Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Passable	Douteuse	Douteuse	Critique
Deuxième campagne (Juin)	Nombre de taxons	40	36	23	33	10	18	21	8
	Groupe indicateur	9	9	9	9	7	5	2	7
	IBGN (AFNOR)	19	18	15	18	10	10	8	9
	Classe de qualité	1A	1A	1B	1A	2	2	3	2
	Qualité de l'eau	Très bonne	Très bonne	Bonne	Très bonne	Moyenne	Moyenne	Médiocre	Moyenne
	BMWP'	182	163	112	140	53	63	64	34
	Classe de qualité	I	I	I	I	III	II	II	IV
	Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Douteuse	Passable	Passable	Critique

## IV.4. Analyse des stations

### Stations TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI

Station TR <sub>1</sub>	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	29	40
Groupe indicateur	9	9
Valeur IBGN	17	19
Classe de qualité	1A	1A
Qualité de l'eau	Très bonne	Très bonne
Valeur BMWP'	155	182
Classe de qualité	I	I
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne

Station TR <sub>2</sub>	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	26	36
Groupe indicateur	9	9
Valeur IBGN	16	18
Classe de qualité	1B	1A
Qualité de l'eau	Bonne	Très bonne
Valeur BMWP'	163	140
Classe de qualité	I	I
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne

Station AA	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	38	23
Groupe indicateur	9	9
Valeur IBGN	19	15
Classe de qualité	1A	1B
Qualité de l'eau	Très bonne	Bonne
Valeur BMWP'	172	112
Classe de qualité	I	I
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne

Station AI	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	34	33
Groupe indicateur	9	9
Valeur IBGN	18	18
Classe de qualité	1A	1A
Qualité de l'eau	Très bonne	Très bonne
Valeur BMWP'	150	140
Classe de qualité	I	I
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne

Les valeurs obtenues de l'IBGN pour le mois d'Avril ( campagne 1) et le mois de Juin (campagne 2), révèlent une qualité très bonne à bonne de l'eau dans la partie amont (stations TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI), IBGN oscille entre 15 à 19, une classe de qualité 1A ou 1B, un nombre de taxons assez important (entre 23 et 40 taxons) et des groupes faunistiques indicateurs de 9 indiquant que la qualité de l'eau et du milieu est bonne.

Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés (GI=9) représentées par les Perlidae considérées comme sensibles à la qualité du milieu, confirmant donc une bonne qualité hydrobiologique pour ces stations et absence de pollution.

Les résultats basés sur la méthode du BMWP' montrent une qualité bonne dans toutes Les stations durant les deux campagnes ( BMWP' oscille entre 112 à 182), classe de qualité I indiquant que la qualité hydrobiologique est bonne.

La bonne qualité de ces stations est attribuée au fait qu'elles sont situées dans les cours d'eau supérieurs du réseaux hydrographique de la région d'étude dont les eaux sont exemptes pollution, ce qui permet l'installation d'une faune diversifiée, avec la prédominance des espèces polluosensibles (Plécoptères), caractéristiques des milieux à eau pure bien oxygénée (BERTHELEMY, 1966).

### Station BH, FR et TA

Station BH	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	16	10
Groupe indicateur	2	7
Valeur IBGN	6	10
Classe de qualité	3	2
Qualité de l'eau	Médiocre	Moyenne
Valeur BMWP'	65	53
Classe de qualité	II	III
Qualité de l'eau	Passable	Douteuse

Station FR	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	14	18
Groupe indicateur	3	5
Valeur IBGN	7	10
Classe de qualité	3	2
Qualité de l'eau	Médiocre	Moyenne
Valeur BMWP'	53	63
Classe de qualité	III	II
Qualité de l'eau	Douteuse	Passable

Station TA	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	18	21
Groupe indicateur	2	2
Valeur IBGN	7	8
Classe de qualité	3	3
Qualité de l'eau	Médiocre	Médiocre
Valeur BMWP'	49	64
Classe de qualité	III	II
Qualité de l'eau	Douteuse	Passable

Les secteurs des stations BH, FR et TA, situés en aval des cours d'eau prospectés collectant les rejets urbains des diverses agglomérations traversés par les cours d'eau, présentent une qualité hydrobiologique médiocre durant la campagne 1 (IBGN=6 ou 7, classe de qualité 3 et un groupe indicateur 2 à 3) et moyenne durant la campagne 2 (IBGN=8 ou 10, classe de qualité 2 ou 3 et un groupe indicateur 2 à 7), avec un nombre de taxons réduit (10 et 21) indiquant une dégradation de la qualité de l'eau et du milieu du secteur de ces stations par rapport aux zones amont des cours d'eau.

La méthode BMWP' révèle que la qualité hydrobiologique de ces stations est douteuse à passable, les scores varient entre 49 et 65, classe de qualité II ou III.

La chute des valeurs des deux indices (IBGN et BMWP') est tout a fait normale à ce niveau suite à l'éloignement des sources et aux différentes formes de pollution principalement d'origine

organique et industrielle avec par endroits des extractions de sable entraînant une déstabilisation du lit et une remise en suspension des éléments fins créant ainsi une pollution mécanique.

### Station PB

Stations	Campagne 1	Campagne 2
Diversité	10	8
Groupe indicateur	7	7
Valeur IBGN	10	9
Classe de qualité	2	2
Qualité de l'eau	Moyenne	Moyenne
Valeur BMWP'	35	34
Classe de qualité	IV	IV
Qualité de l'eau	Critique	Critique

Les valeurs obtenues pour l'IBGN pour le secteur de cette station révèlent une qualité moyenne de l'eau durant les deux campagnes (IBGN oscille entre 9 à 10, classe de qualité 2, diversité taxonomique entre 8 et 10, groupes indicateurs 7) montrant une altération de la qualité de l'eau et de l'habitat. Cependant la présence d'une station d'épuration au niveau du pont de Bougie a contribué à l'épuration de l'eau et à son nettoyage ce qui a conduit à une baisse du taux de pollution dans cette partie du cours d'eau d'où la qualité moyenne de cette station.

Les résultats basés sur la méthode du BMWP' montrent une qualité critique liées à des valeurs basses de cet indice (BMWP' <40, classe de qualité IV). Cette qualité est liée à la présence d'un peuplement déséquilibré composé principalement de taxons indiquant un milieu altéré.

Les trois groupes faunistiques les plus représentés dans cette station sont des Vers, des Ephéméroptères et des Diptère avec des effectifs importants.

### IV.5. Discussion

Sur les figures 27, 28 et 29 a et b sont représentés les résultats des analyses hydrobiologiques : altitude, diversité taxonomique, groupe indicateur repère et valeur de l'IBGN et BMWP'.

L'étude de la qualité hydrobiologique de l'Oued Sébaou par les approches biologiques (IBGN, BMWP') montre une hétérogénéité de la qualité de l'eau : bonne à médiocre.

Les analyses montrent une nette dégradation entre les stations de l'amont et celle de l'aval et une légère variation périodique (campagne 1 et 2) remarquable de la qualité de l'eau.

Les résultats des deux indices ont permis d'isoler deux types de stations ou deux tronçons de cours d'eau :

- D'une manière générale, dans le secteur des stations de haut altitude TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI, on observe une qualité hydrobiologique bonne à très bonne (classe de qualité 1B, 1A pour l'IBGN et I pour BMWP'). Les groupes indicateurs repérés sont élevés (GI= 9), en effet ces stations présentent une faune benthique exigeante et indicatrice d'une qualité biologique bonne et exempte de toute pollution. Ces stations sont favorables au maintien d'une faune riche et diversifiée telle que les Plécoptères, taxons polluosensibles, présentant une grande diversité intrinsèque puisque sept familles appartenant à cet ordre ont été dénombrées.

- Les secteurs des stations BH, FR, TA et PB situés en aval des agglomérations présentent une qualité hydrobiologique selon la méthode de l'IBGN moyenne à médiocre (classe de qualités 2 ou 3) et passable à critique selon la méthode du BMWP' (classe de qualité II ou III) alliant des groupes indicateurs bas montrant une dégradation de la qualité de l'eau et du milieu.

Ces stations sont dégradées par des rejets urbains et/ou industriels, ajouté à cela la déstabilisation des lits par les prélèvements de sables. La dégradation de la qualité de l'eau et de l'habitat est entretenue jusqu'en aval de la station PB limitant ainsi les possibilités d'autoépuration.

Trois groupes faunistiques se partagent le peuplement de ces stations : Vers (Naididae), Ephéméroptère (Baetidae et Caenidae) et Diptères (Chironomidae et Simuliidae) on est donc en présence d'un peuplement déséquilibré. La plupart des familles présentes sont ubiquistes dans leur distribution et peu exigeantes vis-à-vis de la qualité d'eau et du milieu.

## Conclusion

Les deux indices biologiques appliqués (IBGN et BMWP') ont mis en évidence une certaine divergence entre les résultats des deux indices utilisés. Ceux-ci n'étant identiques que dans la deuxième campagne.

En effet, pour les stations BH, FR et TA, nous avons constaté que L'IBGN a donné une qualité médiocre, tandis que le BMWP' a mentionné une qualité passable ce qui équivaut à l'IBGN une bonne qualité de l'eau.

La différence entre les résultats peut être liée aux méthodes de chaque indice : A titre indicatif et démonstratif, le BMWP' se base uniquement sur la liste des familles des macroinvertébrés et le score donné à chacune, alors que l'IBGN inclut la liste des familles et la richesse taxonomique pour chaque station.

Si nous devons préciser l'indice le plus probant pour cette étude, nous dirions que c'est l'IBGN qui a donné des résultats plus ou moins significatifs. Inversement, le BMWP' a occulté tout résultat.

Aussi, la qualité biologique des eaux de l'Oued Sébaou et ses principaux affluents, sur la base de la méthode IBGN convient plus ou moins à la résistance et/ou sensibilité de la communauté recensée à la pollution organique durant la période d'étude.

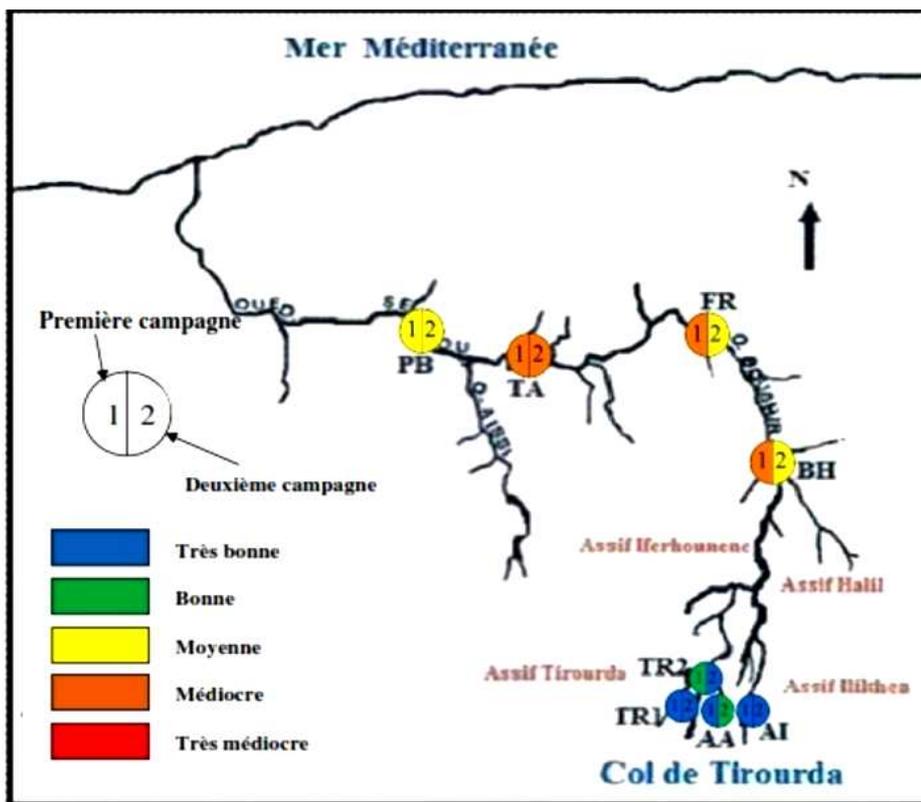


Figure 27 : Cartographie de la qualité des eaux de l'Oued Sébaou (campagne 1, campagne 2, 2014) en fonction de l'IBGN.

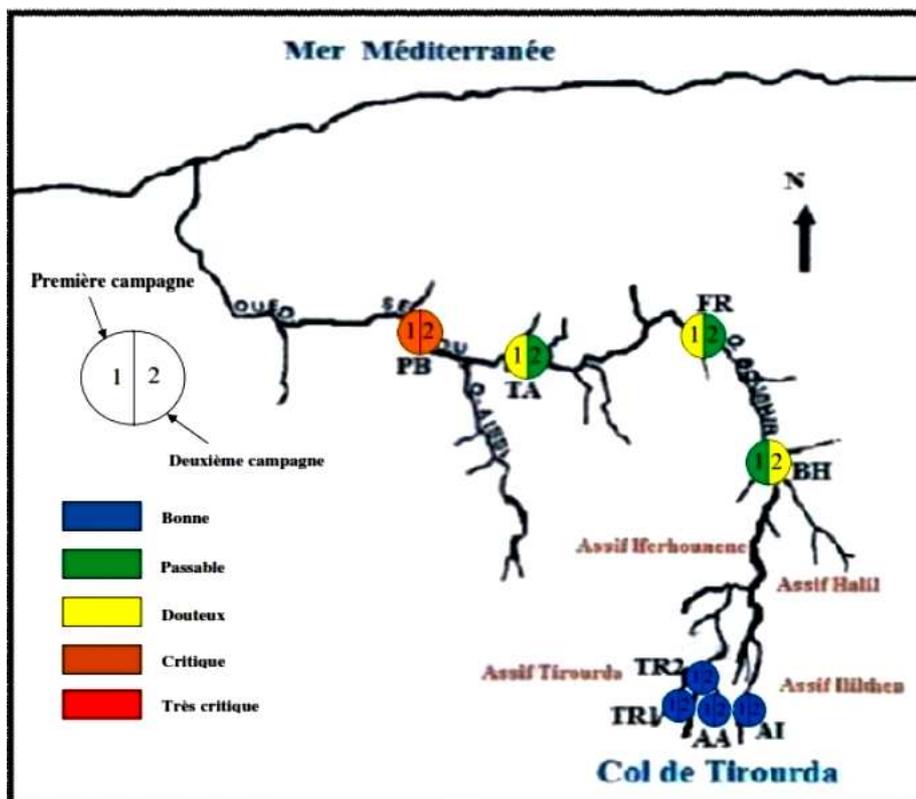


Figure 28 : Cartographie de la qualité des eaux de l'Oued Sébaou (campagne 1, campagne 2, 2014) en fonction de BMWP'.

**Figure 29** : Analyse hydrobiologique sur les 8 stations des cours d'eau étudiés.

Figure 29 a : Campagne 1

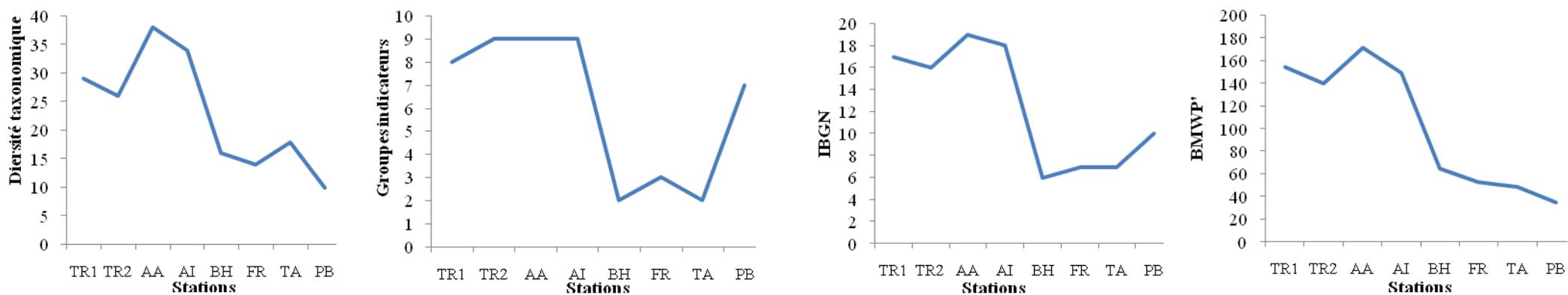
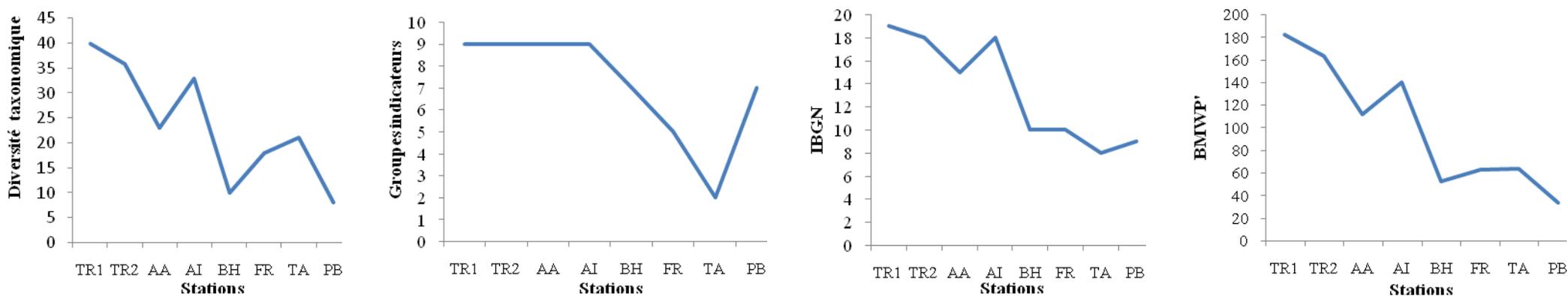


Figure 29 b : Campagne 2



## Conclusion

La faune benthique récoltée dans ce travail se compose de 37 134 individus répartis entre 14 groupes zoologiques (74 familles et 100 genres). Ils sont récoltés dans 8 stations échelonnées entre 70 m et 1115 m d'altitude.

Les Ephéméroptères, avec 13 533 individus (soit 36,44 % de la faune totale) sont largement dominants sur le plan numérique. Ils sont représentés essentiellement par les Baetidae (12 511 individus).

Les Diptères occupent la seconde place avec 13 317 individus (soit 34,96 % du benthos). Ils sont dominés par les Simuliidae et les Chironomidae avec respectivement 53,15 % et 39,15 % des Diptères.

Les Oligochètes, les Coléoptères, les Crustacés, les Hydracariens, les Mollusques, les Hirudines, sont faiblement représentés. Ils occupent respectivement la 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> place par ordre d'abondance numérique. Ils présentent respectivement 16,82 % (6249 individus), 2,47 % (919 individus), 1,45 % (540 individus), 0,45% (169 individus), 0,33% (126 individus), 0,25% (95 individus de la faune totale).

Les Planipennes et les Hétéroptères, les Collemboles et les Odonates sont rares dans nos récoltes. Ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'analyse de la structure du peuplement des cours d'eau étudiés a permis de montrer que les zones de haute altitude sont les plus diversifiées. La grande diversité des habitats ainsi que leurs conditions écologiques favorables ont permis le développement d'une communauté riche en espèces et assez équilibrée. Ceci montre que le peuplement benthique a pu garder une certaine originalité et n'a pas encore été notablement perturbé. En revanche, dans les zones de basse altitude, la faible diversité est à mettre en relation avec les impacts négatifs des différentes activités humaines : accumulation de rejets domestiques, prélèvement artisanal de sable et de graviers, agriculture intensive et pompage de l'eau. Elle est également liée à l'absence de réseau d'égouts dans bon nombre de villages, défavorisant le développement d'un grand nombre d'espèces.

L'indice de SHANNON et WEAVER montre une fluctuation de la diversité dans les stations étudiées, les valeurs varient de 1,75 à 4,66.

L'indice d'équitabilité révèle que les taxons sont en déséquilibre entre eux car certaines stations présentent des perturbations diverses et ont mené à la prolifération d'espèces polluo-résistantes (Chironomidae, Simuliidae, Baetidae) et à la diminution, voir disparition, des taxons polluo-sensibles (Plécoptères, Trichoptères à fourreau).

Une analyse en composante principales (ACP) de l'état physique du milieu allant de l'amont vers l'aval, visant à simuler les capacités d'accueil potentielles pour la faune a ainsi permis de mettre en évidence l'opposition entre les stations les plus en altitude et les stations de moyenne et basse

altitude. Elle a fait apparaître aussi les corrélations existantes entre les variables environnementales et les stations d'étude.

L'analyse statistique (ACP) a mis en évidence l'existence de deux groupes de stations :

✓ Le groupe 1 correspond aux stations TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, AA et AI, caractérisant les milieux les plus purs, assez bien oxygénés, localisés dans les secteurs supérieurs de l'Oued Sébaou (> 1000m) où la qualité d'eau est la meilleure (IBGN et BMWP').

✓ Le groupe 2 correspond aux stations BH, FR, TA et PB situées plus en aval où l'eau peut être considérée comme passable à mauvaise qualité.

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée afin de structurer la faune entre les 8 stations. La classification ascendante hiérarchique a permis d'individualiser 2 noyaux d'affinité entre les stations d'une part et les espèces (EPTC) d'autre part.

✓ Le groupement 1 qui présente un cortège d'espèces sténothermes peuplant principalement les petits cours d'eau d'altitude supérieur à 900m (stations AA, AI, TR1 et TR2). Ces espèces manifestent une plus forte affinité pour les substrats grossiers et une tendance nette à la rhéophilie.

✓ Le groupement 2 est composé d'espèces eurythermes et à large valence écologique qui caractérisent les habitats de basse altitude (station TA, BH, FR, PB). Il comprend principalement les espèces de piémont et de basse altitude connues pour leur caractère thermophile. Elles caractérisaient les habitats riches en matières organiques.

L'utilisation des deux méthodes indicielles (IBGN, BMWP') pour évaluer la qualité de l'eau fait ressortir un léger avantage de l'indice biologique global de normalité dont les résultats obtenus confirment ceux obtenus par les analyses numériques et statistiques de la biocénose. En outre, ces différentes méthodes sont complémentaires dans le but d'affiner le diagnostic.

Ce travail met en relief l'importance des méthodes biocénotiques, de plus en plus utilisées dans l'évaluation de la qualité d'eau.

De part leur simplicité, leur efficacité, la réduction de leur coût, l'IBGN et le BMWP' nous semblent être des outils plus appropriés que les analyses physico-chimiques plus onéreuses, voire bactériologiques, et qui peuvent faire l'objet d'un usage généralisé à des régions vastes dans la perspective d'une évaluation des risques sanitaires liés à la qualité de l'eau notamment, dans les zones rurales.

La détection, lors de cette étude, d'une pollution plus au moins marquée le long du moyen et du bas de l'Oued Sébaou, est certainement alarmante car il ne peut tolérer indéfiniment les effets de plus en plus importants des divers rejets provenant des nombreux villages (phénomène par ailleurs très répandu en Kabylie) et des extractions excessifs de sables.

A cet effet, il nous paraît urgent de mettre en place des stations d'épuration et une réglementation stricte en ce qu'il s'agit de l'exploitation des cours d'eaux.

- 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 Comté : 233 p.
- ABDESSELAM M., MANIA J., MUDRY J., GELARD J-P., CHAUVE P., LAMI H & AIGOUN C., 2000.** Arguments hydrogéochimiques en faveur de Trias évaporitique (dorsal kabyle, élément des Maghrébides). *Rev. Sci. Eau.* 13(2) : 158 -159.
- AFNOR, 1992-** Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)- Essai des eaux, NFT 90-350, déc. 1992.
- AIT MOULOUD S., 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Magister, Université d'Alger, 118p.
- AIT MOULOUD S., 2006.** Etude de la Biodiversité des Collemboles sur l'Ecotone eau-sol forestier dans les zones humides de la Kabylie et d'une tourbière des Pyrénées : Systématique, Ecologie, Biogéographie (Tizi Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou.
- ALBA-TERCEDOR. J., 2000.** The BMWP' ; Ecological status of surface waters: monitoring and management strategies in rivers. Vol 29,n°1. p285-290.
- ANGELIER E., 2000.** Ecologie des eaux courantes. Paris, Techniques et Documentation,199 p.
- ARMITAGE P.D., MOSS D., WRIGHT J.F., FURSE M.T., 1983.** The performance of a new biological water quality score system based on macro-invertebrates over a wide range of unpolluted runningwater sites. *Water Research*, 17: 333-347.
- 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) 183-198.
- BERTHELEMY C., 1966.** Recherches écologiques et biogéographique sur les Plécoptères et les Coléoptères d'eau courante (Hydraena et Elminthidae) des Pyrénées. *Annls. Limnol.* 2 (2): 227-458.
- BOUCHELOUCHE D., DERRADJI N., ARAB A., 2013.** L'utilisation des méthodes biologiques pour l'estimation de la qualité de l'eau du réseau hydrographique d'oued El Harrach (wilayates de Blida et d'Alger).USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems".

- CHAUMONT M & PAQUIN C., 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500 000 avec notice explicative. Bull. soc. Hist. Nat. Afr. Nord : 24p.
- CONSIGLIO C., 1963.** Plecoptteri delle isole del mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, 70- 71 :147- 158.
- DETHIER M., 1985-1986.** Insectes 6 : Hétéroptères aquatiques et ripicoles (genre et principales espèces). Extrait du bulletin de la Société Linnéenne de Lyon 54<sup>e</sup> année, n°1 et n°6.
- DJEMAI M., 1985-** Hydrologie du bassin versant du haut Sébaou, hydrologie des formations alluviales (Algérie). Thèse Doctorat (France) :261p.
- DURAND-DELGA M., 1969.** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131.
- FERRITO V. 1994.** Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques uns de ses affluents. *Annls. Limnol.*, 30 (1) : 33-56.
- HAFIANE M., HAMZAOUI D., BOUCHELOUCHE D., MEBARKI M. et ARAB A., 2013.** Application de l'I.B.G.N et du B.M.W.P' sur un oued temporaire d'Algérie. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems".
- 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.
- LABROUE L., CAPBLANC J. & DAUTA A., 1995.** Cycle des nutriments : l'azote et le phosphore, in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*, Paris, Masson, 956 p. : 727-764.
- LAVANDIER P., 1979.** Ecologie d'un torrent pyreen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de Doctorat d'état. Univer Paul Sabatier Toulouse : 523p.
- LOUNACI A., 1987.** Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (grand kabylie). Thèse Magister, Université Houari Boumadiene: 133p.
- LOUNACI A., BROSSE S., THOMAS A.G.B. et LEK S. 2000a.** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sebaou wadi. *Annls Limnol.*, 36 (2): 123-133.

**-LOUNACI A., BROSSE S., AIT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D 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. 136p.

**-LOUNACI A., 2005.** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de la Kabylie (TZI-OUZOU) (ALGERIE). Thèse doctorat d'état en biologie. U.M.M.T.O : 209 p.

**-LOUNACI A., 2011.** Les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de Kabylie : faunistique, écologie et répartition géographique. Congrès annuel de la SZF, Parc Phoenix, Nice, p 13-16.

**-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, 152p.

**-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. U.M.M.T.O.

**-MOISAN J., GAGNON E., PELLETIER L. et 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, 82p.

**-PARINET B., ALHOTE B., LEGUEB M., GBOUNGUE., 2000.** Etude analytique et statistique d'un système lacustre soumis à divers processus d'eutrophisation – revu des sciences de l'eau Vol 13/3. 237-267 P.

**-POISSON R., 1957.** Héteroptères aquatiques. In P. Le chevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S.(Paris), 61 :264p.

**-QUEZEL P., 1957.** Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. *Encycl. Biogeogr. Ecol.*, Ed le chevalier, Paris : 463p.

**-RAMADE F., 2003.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale 3<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 690p.

**-RICHOUX PH., 1982-** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Coléoptères aquatiques. Genres : adultes et larves. Association française de limnologie ; extrait du bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon 51<sup>e</sup> année, n° 4,8 et 9. 56p.

- RIVOSECCHI L., 1984** .Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. DITTERI (Diptera). Consiglionazionale delle ricerche. 176p.
- SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Météorol. Phys. Globe, Alger, 1 vol. 219p. + carte h.t. Stuttgart : 285-309 pp. serv. Carte géol. Algérie, 2<sup>e</sup>.S. n°19, 340 p.
- SOLIMINI A.G., GULIA P., MONFRINOTTI M. et CARCHINI G., 2000-** Effet de différentes méthodes d'échantillonnage sur les valeurs d'indices biotiques de la qualité de l'eau du cours inférieur d'un fleuve méditerranéen : le Tibre. *Annls Limnol.*36 (2). P141.
- TACHET H. BOURNAUD M. ET RECHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces, université de Lyon I, Associations Française le Limnologie, Paris, 150p.
- TACHET H., RICHOUX PH., BOURNAUD M., USSEGLIO-POLATERA PH., 2000.** Invertébrés d'eau douce (Systématique, biologie, écologie). Editions CNRS. France.588 p.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. et USSEGLIO-POLATERA P. 2010.** Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS EDITIONS, Paris, 606p.
- THOMAS A.G.B., 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie des insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Thericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse: 330p.
- TRUESDALE G.A., DOWNING A.L. & LOWDEN G.F., 1955.** The solubility of oxygen in pure water and sea-water, *Journal of Applied Chemistry*, 5: 53-62.
- VINÇON G., 1987-** Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure d'Ossau, en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse Docteur ingénieur, Uni Paul Sabatier Toulouse:381p.
- YAKOUB B., 1985-** Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doct. 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.
- YAKOUB B., 1996-** le problème de l'eau en grande kabylie .Le bassin versant du Sébaou et la wilaya de Tizi-ouzou. Edition Université Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou.210 P.

**Annexe I : Taxon d'EPTC récoltés dans les stations d'étude.**

<b>Taxons/Stations</b>	<b>Code</b>	<b>TR<sub>1</sub></b>	<b>TR<sub>2</sub></b>	<b>AA</b>	<b>AI</b>	<b>BH</b>	<b>FR</b>	<b>TA</b>	<b>PB</b>
<i>Baetis</i>	Bae	308	815	2124	2696	479	1064	1235	987
<i>Acentrella</i>	Ace	264	539	117	744	84	139		86
<i>Centroptilum</i>	Cen				12	97	188	271	262
<i>Caenis</i>	Cae	82	120	24	100	93	29	54	30
<i>Brachycercus</i>	Bra							25	
<i>Rhithrogena</i>	Rhi	4							
<i>Heptagenia</i>	Hep	13			48				
<i>Ecdyonurus</i>	Ecd		17		30				
<i>Habrophlebia</i>	Hab		281	24	48				
<i>Capnioneura</i>	Cap	3	7	5					
<i>Capnia</i>	Capn		5	3	8				
<i>Leuctra</i>	Leu	109	7	4	3				
<i>Amphinemura</i>	Amp	139	35	3	10	5			
<i>Protonemura</i>	Pro	65	75	60	16	3			
<i>Nemoura</i>	Nem	3							
<i>Perla</i>	Per	26	49	35	100	4			
<i>Perlodes</i>	Perl	87	6	50	44				
<i>Isoperla</i>	Iso	45	19	38	14				
<i>Brachyptera</i>	Bra			3					
<i>Taeniopteryx</i>	Tae		7						
<i>Chloroperla</i>	Chl	11	3						
<i>Gyrinus</i>	Gyr	6					17		
<i>Aulonogamus</i>	Aul							14	
<i>Hydrocyphon</i>	Hyd	91	18						
<i>Staphilinus</i>	Sta		28	6	8				
<i>Coerostoma</i>	Coe		4						
<i>Limnius</i>	Lim	37	3	32		10	12		
<i>Limnebius</i>	Limn	3				3			
<i>Elmis</i>	Elm	12		16	5			15	
<i>Potamophilus</i>	Pot	5							
<i>Riolus</i>	Rio				6				
<i>Helophorus</i>	Hel	14		8	18				
<i>Hydraena</i>	Hyd	7	19	25	16	5		25	
<i>Ochthebius</i>	Oct	10							
<i>Bidessus</i>	Bid				8				
<i>Agabus</i>	Aga	5		5					
<i>Dytiscus</i>	Dyt		3	13	14	10		32	
<i>Copelatus</i>	Cap	8	91	41	75				
<i>Rhantus</i>	Rha							7	
<i>Platambus</i>	Pla			3					
<i>Hydrovatus</i>	Hyd	5							
<i>Hydrophilus</i>	Hydp						10	9	3
<i>Hydrobius</i>	Hydb		9					11	
<i>Curculionidae</i>	Cur		55						
<i>Macroplea</i>	Mac				4				
<i>Hydropsyche</i>	Hyd	96	15	175	172	39	500		28
<i>Cheumatopsyche</i>	Che			3					
<i>Polycentropus</i>	Pol	19	5						
<i>Rhyacophila</i>	Rhy	16	7	24	27	8			
<i>Hydroptila</i>	Hydt	7					8		

<b>Taxons/Stations</b>	<b>Code</b>	<b>TR<sub>1</sub></b>	<b>TR<sub>2</sub></b>	<b>AA</b>	<b>AI</b>	<b>BH</b>	<b>FR</b>	<b>TA</b>	<b>PB</b>
<i>Philopotamus</i>	Phi	6							
<i>Wormaldia</i>	Wor		4	3					
<i>Allogamus</i>	All		10						
<i>Adicella</i>	Adi	5	10	4					
<i>Agapetus</i>	Aga			7					
<i>Tinodes</i>	Tin		3						
<i>Silonella</i>	<b>Sil</b>				3				

**Annexe II : Faune benthique de la première campagne (Avril 2014).**

Taxons/Stations	Code	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
<b>OLIGOCHETES</b>									
Naididae	Nai	8	22	38	63	3032	43	621	630
Tubificidae	Tub	4	5		3		6	5	4
Lumbricidae	Lum			7	5	40	5		
<b>HIRUDINES</b>									
Erpobdellidae	Erp		15	9	24			4	
<b>MOLLUSQUE</b>									
Ancylidae	Anc			3	4		10		
Bythinellidae	Byt						7		
Bithyniidae	Bit	3							
Physidae	Phy							4	
Planorbidae	Pla	3		3	6				
Unioniidae	Uni				6				
<b>CRUSTACES</b>									
Gammaridae	Gam			113	6	20			
Potamonidae	Pot			5	3				
Asellidae	Ase	10							
Astacidae	Ast	3							
<b>HYDRACARIENS</b>									
						19	47	19	
<b>EPHEMEROPTERES</b>									
Baetidae	Bae	308	273	2241	98	95	844	608	557
Caenidae	Cae	82		24	16	5	12	21	12
Heptageniidae	Hep	12	17						
Leptophlebiidae	Lep		86						12
<b>PLECOPTERES</b>									
Capniidae	Cap	3	7	9	8				
Leuctridae	Lec	3		4	3				
Nemouridae	Nem	70	42	58	16				
Perlidae	Per	5	3	30	66				
Perlodidae	Per	18	6	79	38				
Taeniopterygidae	Tae			3					
Chloroperlidae	Chl	11	3						
<b>ODONATES</b>									
<b>Gomphidae</b>	Gom			3					
<b>HETEROPTERES</b>									
<i>Gerridae</i>	Ger			3					
Veliidae	Vel	5							
Corixidae	Cor			3					
<b>COLEOPTERES</b>									
Gyrinidae	Gyr						10	6	
Helodidae	Hel		18						
Staphilinidae	Sta		16						
Elmidae	Elm	24		24		10			
Helophoridae	Help			8					
Hydraenidae	Hyda		7	6	3	4		15	
Dytiscidae	Dyt	13		24	37	7		14	
Hydrophilidae	Hydp		9				10	9	3
Curculionidae	Cur			5					
<b>TRICHOPTERES</b>									
Hydropsychidae	Hyd	40	3	110	172		203		15
Rhyacophilidae	Rhya	8	3	8	27				
Philopotamidae	Phi	3		3					
Limnephilidae	Lim		4						
Leptoceridae	Lep			4					
Glossosomatidae	Glo			3					

<b>Taxons/Stations</b>	<b>Code</b>	<b>TR<sub>1</sub></b>	<b>TR<sub>2</sub></b>	<b>AA</b>	<b>AI</b>	<b>BH</b>	<b>FR</b>	<b>TA</b>	<b>PB</b>
Psychomiidae	Psy		3						
Goeridae	Goe				3				
<b>DIPTERES</b>									
Chironomidae	Chi	46	84	64	156	54	986	117	986
Simuliidae	Sim	86	54	58	96	33	1130	1012	674
Blephareceridae	Ble	65	14	26	31	3			
Stratiomyidae	Str	9	3		12	10			
Limoniidae	Lim			20	44		14	14	12
Tipulidae	Tip	7	3	6	10			7	
Psychodidae	Psy		10	9	10	11			
Pthycpteridae	Pth				7	18			
Ceratopogonidae	Cer			10	8		19	14	
Cylindrotomidae	Cyl	8							
Tabanidae	Tab						16		
Dixidae	Dix							9	
Anthomyidae	Ant	4							
Empididae	Emp			3	3				
Culicidae	Cul							18	
Athericidae	Ate	9	10		3				
Dolichopodidae	Dol					3			
<b>PLANIPENNES</b>									
Neurorthidae	Neu			38					
<b>COLLEMBOLLES</b>									
Entomobryomorpe	Ent			6	6				
<b>Nbr de taxons</b>		<b>29</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>10</b>

**Annexe III : Faune benthique de la deuxième campagne (Juin 2014).**

Taxons/Stations	Code	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	AA	AI	BH	FR	TA	PB
<b>OLIGOCHETES</b>									
Naididae	Nai	23	6	14		70	48	692	730
Tubificidae	Tub	18	5		3	41	5	5	
Lumbricidae	Lum	15	3	3	3		4		
<b>HIRUDINES</b>									
Erpobdelidae	Erp		29	3	5			6	
<b>MOLLUSQUE</b>									
Ancylidae	Anc	15	3		4	3	11		
Bythinellidae	Byt						7		
Bithyniidae	Bit							5	
Physidae	Phy								13
Planorbidae	Pla		3					7	
Unioniidae	Uni				3				
Valvatidae	Acr				3				
<b>CRUSTACES</b>									
Gammaridae	Gam			360					
Potamonidae	Pot	3	13		4				
<b>HYDRACARIENS</b>									
		26			6		25	27	
<b>EPHEMEROPTERES</b>									
Baetidae	Bae	276	1182		3354	565	547	898	778
Caenidae	Cae	40	120		84		17	58	18
Heptageniidae	Hep	5			78				
Leptophlebiidae	Lep	3	195	24	48				10
<b>PLECOPTERES</b>									
Capniidae	Cap			5					
Leuctridae	Lec	106	7						
Nemouridae	Nem	137	68	5	7	8			
Perlidae	Per	21	46	5	34	4			
Perlodidae	Per	112	19	9	20				
Taeniopterygidae	Tae		7						
<b>ODONATES</b>									
<b>Gomphidae</b>	Gom						7		
<b>HETEROPTERES</b>									
Nepidae	Nep				5				
Mesoveliidae	Mes	6							
Gerridae	Ger	5						7	
Veliidae	Vel	8			6				
<b>COLEOPTERES</b>									
Gyrinidae	Gyr	6							
Helodidae	Hel	91							
Staphilinidae	Sta		16	6	8		7	8	
Elmidae	Elm	33	3	24	11	3	12	15	
Helophoridae	Hel	14			18				
Hydraenidae	Hyd	17		19	13	5		10	
Dytiscidae	Dyt	5	94	38	60	3		25	
Hydrophilidae	Hyd		12					11	
Curculionidae	Cur		5						
Chrisomelidae	Chr				4				
<b>TRICHOPTERES</b>									
Hydropsychidae	Hd	56	12	68	136		297		13
Polycentropodidae	Pol	19	5						
Rhyacophilidae	Rhy	8	4	16	12				
Hydroptilidae	Hydp	7					3		

<b>Taxons/Stations</b>	<b>Code</b>	<b>TR<sub>1</sub></b>	<b>TR<sub>2</sub></b>	<b>AA</b>	<b>AI</b>	<b>BH</b>	<b>FR</b>	<b>TA</b>	<b>PB</b>
Philopotamidae	Phi	6	4						
Limnephilidae	Lim		6						
Leptoceridae	Lep	5							
Glossosomatidae	Glo			4					
<b>DIPTERES</b>									
Chironomidae	Chi	18	85	15	53	34	1030	263	1183
Simuliidae	Sim	12	230	44	48	29	1308	1494	770
Blephareceridae	Ble	6	132	34	19				
Psychodidae	Cer	7	9	12	8				
Stratiomyidae	Str	6	4	11					
Limoniidae	Lim	12	4				18	17	
Tipulidae	Tip	3	7	10	3			5	
Pthycopteridae	Psy		5			6			
Ceratopogonidae	Pth	35					28	12	
Tabanidae	Cer						20		
Dixidae	Cyl	15	3		4			13	
Culicidae	Tab							24	
Athericidae	Ant	5	3						
Rhagionidae	Emp				3				
Sciomyzidae	Cul				5	3			
<b>PLANIPENNES</b>									
Neurorthidae	Neu	26		10					
<b>COLLEMBOLES</b>									
Entomobryomorpe	Ent		3						
<b>Nbr de taxons</b>		<b>40</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>33</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>8</b>

**Annexe IV:** Liste faunistique des 138 taxons utilisés en 1992

Nota : actuellement : 152 taxons

(les taxons indicateurs sont soulignés)

<p><b>INSECTES</b>  <b>PLÉCOPTÈRES</b>  <u>Capniidae</u>  <u>Chloroperlidae</u>  <u>Leuctridae</u>  <u>Nemouridae</u>  <u>Perlidae</u>  <u>Perlodidae</u>  <u>Taeniopterygidae</u>  <b>TRICHOPTÈRES</b>  <u>Beraeidae</u>  <u>Brachycentridae</u>  Ecnomidae  <u>Glossosomatidae</u>  <u>Goeridae</u>  Helicopsychidae  <u>Hydropsychidae</u>  <u>Hydroptilidae</u>  <u>Lepidostomatidae</u>  <u>Leptoceridae</u>  <u>Limnophilidae</u>  Molannidae  <u>Odontoceridae</u>  <u>Philopotamidae</u>  <u>Phryganeidae</u>  <u>Polycentropodidae</u>  <u>Psychomyiidae</u>  <u>Rhyacophilidae</u>  <u>Sericostomatidae</u>  <u>Thremmatidae</u>  <b>ÉPHÉMÉROPTÈRES</b>  <u>Baetidae</u>  <u>Caenidae</u>  <u>Ephemerellidae</u>  <u>Ephemeridae</u>  <u>Heptageniidae</u>  <u>Leptophlebiidae</u>  Oligoneuriidae  <u>Polymitarcidae</u>  <u>Potamanthidae</u>  Prosopistomatidae  Siphonuridae</p>	<p><b>HÉTÉROPTÈRES</b>  <u>Aphelocheiridae</u>  Corixidae  Gerridae  Hebridae  Hydrometridae  Naucoridae  Nepidae  Notonectidae  Mesoveliidae  Pleidae  Veliidae  <b>COLÉOPTÈRES</b>  Curculionidae  Donaciidae  Dryopidae  Dytiscidae  Eubriidae  <u>Elmidae</u>  Gyrinidae  Haliplidae  Helodidae  Helophoridae  Hydraenidae  Hydrochidae  Hydrophilidae  Hydroscaphidae  Hygrobiidae  Limnebiidae  Spercheidae  <b>DIPTÈRES</b>  Anthomyidae  Athericidae  Blephariceridae  Ceratopogonidae  Chaoboridae  <u>Chironomidae</u>  Culicidae  Dixidae  Dolichopodidae  Empididae  Ephydriidae  Limoniidae  Psychodidae</p>	<p>Ptychopteridae  Rhagionidae  Scatophagidae  Sciomyzidae  Simuliidae  Stratiomyidae  Syrphidae  Tabanidae  Thaumaleidae  Tipulidae  <b>ODONATES</b>  Aeschnidae  Calopterygidae  Coenagrionidae  Cordulegasteridae  Corduliidae  Gomphidae  Lestidae  Libelludiae  Platycnemididae  <b>MÉGALOPTÈRES</b>  Sialidae  <b>PLANIPENNES</b>  Osmylidae  Sysyridae  <b>HYMÉNOPTÈRES</b>  <b>LÉPIDOPTÈRES</b>  Pyralidae</p> <p><b>CRUSTACÉS</b>  <b>BRANCHIOPODES</b>  <b>AMPHIPODES</b>  <u>Gammaridae</u>  <b>ISOPODES</b>  <u>Asellidae</u>  <b>DÉCAPODES</b>  Astacidae  Atyidae  Grapsidae  Cambaridae</p>	<p><b>MOLLUSQUES</b>  <b>BIVALVES</b>  Corbiculidae  Dreissenidae  Sphaeriidae  Unionidae  <b>GASTÉROPODES</b>  Ancyliidae  Bithynidae  Bythinellidae  Hydrobiidae  Limnaeidae  Neritidae  Physidae  Planorbidae  Valvatidae  Viviparidae</p> <p><b>VERS</b>  <b>PLATHELMINTHES</b>  <b>TRICLADES</b>  Dendrocoelidae  Dugesiidae  Planariidae  <b>NÉMATHELMINTHES</b>  <b>ANNÉLIDES</b>  <b>ACHÈTES</b>  Erpobdellidae  Glossiphoniidae  Hirudidae  Piscicolidae  <b>OLIGOCHÈTES</b></p> <p><b>HYDRACARIENS</b></p> <p><b>HYDROZOAIRES</b></p> <p><b>SPONGIAIRES</b></p> <p><b>BRYOZOAIRES</b></p> <p><b>NÉMERTIENS</b></p>
--	---	--	--

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

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	$\frac{\sum t}{GI}$	> 50	49-45	44-41	40-37	36-33	32-29	28-25	24-21	20-17	16-13	12-10	9-7	6-4	3-1
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Leptophlebiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae <sup>1</sup> Hydropsychidae Ephemerellidae <sup>1</sup> Aphelocheiridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae <sup>1</sup> Caenidae <sup>1</sup> Elmidae Gammaridae <sup>1</sup> Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae <sup>1</sup> Asellidae <sup>1</sup> Achètes Oligochètes <sup>1</sup>	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

1. Taxons représentés par au moins 10 individus, les autres par au moins 3 individus.

GI = Groupe faunistique indicateur

$\sum t$  = Nombre de taxons identifiés.

**Annexe VI : Scores des familles des macroinvertébrés. « Indice BMWP' »**

<b>Familles</b>	<b>score</b>
<b>E</b> : Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae <b>P</b> : Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlidae, Chloroperlidae <b>T</b> : Phryganeidae, Molannidae, Baraeidae, Odontoceridae, Goeridae <b>T</b> : Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericotomatidae <b>D</b> : Athericidae, Blephariceridae <b>H</b> : Aphelocheiridae	10
<b>O</b> : Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae <b>O</b> : Corduliidae, Libellulidae <b>T</b> : Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae <b>C</b> : Astacidae	8
<b>E</b> : Ephemerellidae, Prosopistomatidae <b>P</b> : Nemouridae <b>T</b> : Rhyacophilidae, Coenargiidae	7
<b>M</b> : Noteridae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridaem, Unionidae <b>T</b> : Hydroptilidae <b>C</b> : Gammaridae, Atyidae, Corophiidae <b>O</b> : Platycnemididae, Coenagriidae	6
<b>E</b> : Oligoneuriidae, Polymitarcyidae <b>C</b> : Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrichidae, Hydraenidae, Clambidae <b>T</b> : Hydropsychidae <b>D</b> : Tipulidae, Simuliidae <b>TR</b> : Plaanaridae, Dugesiidae, Dendrocoelidae	5
<b>E</b> : Baetidae, Caenidae <b>C</b> : Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae <b>D</b> : Tabanidae, Stratiomyidae, Empedidae, Dolichopodidae, Dixidae <b>D</b> : Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limpnidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae <b>N</b> : Sialidae <b>HR</b> : Pscicolidae <b>A</b> : Hydracaina	4
<b>H</b> : Moeveliidae, Veliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Neucoridae, Pleidae <b>H</b> : Notonectidae, Corixidae <b>C</b> : Helodidae, Hydriphilidae, Hygobiidae, Dyticidae, Gyrinidae <b>M</b> : Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae <b>M</b> : Bithyniidae, Bythinellidae, Sphariidae <b>HR</b> : Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdelidae <b>C</b> : Assellidae Ostracoda	3
<b>D</b> : Chironomidae, Culcidae, Thaumaleidae, Ephydriidae	2
<b>O</b> : Oligochaeta (toutes les familles) <b>D</b> : Syrphidae	1