

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou

Faculté des Sciences Biologiques
et Sciences Agronomiques



Mémoire

*En vue de l'obtention du diplôme de Magister
En Sciences Biologiques*

Option : Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes Continentaux

Sujet

**Recherches sur la faunistique et
l'écologie des macroinvertébrés des
cours d'eau de Kabylie**

Présenté par :

HAOUCHINE Sabrina

Devant le jury d'examen composé de :

M ^{me} SADOUDI-ALI AHMED Djamila	Maitre de Conférences A	UMMTO	Présidente
M LOUNACI Abdelkader	Professeur	UMMTO	Promoteur
M ARAB Abdeslam	Maitre de Conférences A	USTHB	Examinateur
MAIT MOULOUD Salah	Maitre de Conférences A	UMMTO	Examinateur
M ^{me} MEDJDOUB Feroudja	Maitre de Conférences A	UMMTO	Examinatrice

Soutenu le 21 juillet 2011

Summary

16 stations comprising a wide variety of running water in Kabylia, from streams to rivers were sampled. These stations are located at altitudes ranging from 60 m to 1115 m. 112 taxa of benthic invertebrates in 14 zoological groups were counted.

The abundance, richness, diversity and fairness were studied. The taxonomic diversity of the different stations shows an altitudinal gradient with maximum diversity in the areas of altitude.

The sites affected by a slight organic pollution have plenty important owing to the proliferation of Oligochaeta, Ephemeroptera and Diptera of chironomids and Simuliides. Upstream sites (stations TR, AA, AI, W1, A1, D1) have a fairly balanced structure with abundances ranging from 4638 individuals (station IA) and 9509 individuals (station A1). As for the low-lying sites (stations BH, FR, TA, BK) most affected by organic pollution and or industrial, have a distorted structure with a lower abundance.

The study area, because of its terrain and topography, provides a wide variety of aquatic habitats. The number of taxa varies from one station to another; it fluctuates between a minimum of 30 taxa collected at station BK and a maximum of 64 taxa collected at station D1. Stations upstream of rivers contain over 80% of the total taxonomic richness. Piedmont stations and a record low level taxonomic richness between 38 and 48 taxa (areas intermediate disturbance). In potamal stations (stations TA, BK), the number of taxa collected is relatively small: between 30 and 34 taxa.

The benthic community structure (EPTC) was visualized by multivariate statistical methods (APC, AFC) to show the affinities of species to environmental variables selected. The ascending hierarchical classification (AHC) was used to individualize 4 cores affinity between stations on the one hand and species TCPS other, determined by a longitudinal gradient. Specific associations and the stations that host allowed to fragment the river system studied in four areas. For each area so defined, a list of key species and accessories is available.

As for the results of laboratory tests (IBGN), they show a clear deterioration of the stations downstream sectors: from one class of excellent quality (1A) to a class of poor quality (2). This is partly due to the standardization of the medium with a smaller number of microhabitats downstream resulting in a decrease in the number of taxa and on the other hand, the alteration of water quality inducing the disappearance of most taxa polluo-sensitive: a shift from $GI = 9$ a $GI = 3$.

Keywords: River, benthic invertebrate, diversity, community structure, bioindication, Kabylia.

SOMMAIRE

Introduction	01
Chapitre I : caractéristiques générales de la région d'étude	
1.1.-Caractéristiques physiques du milieu.....	04
1.1.1.-Situation et cadre géographique.....	04
1.1.2.-Contexte géologique.....	04
1.1.2.1.-Structure géologique.....	04
1.1.2.2.-Aperçu stratigraphique.....	07
1.1.3.-Climatologie.....	07
1.1.3.1.-Précipitations.....	08
1.1.3.2.-Températures.....	09
1.1.3.2.1.-Températures de l'air.....	09
1.1.3.2.2.-Températures de l'eau.....	11
1.1.3.3 -Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN.....	12
1.1.4.-Couvert végétal.....	13
1.1.5.-Perturbations anthropiques.....	14
Chapitre II : sites et méthodes d'études	
2.1.-Démarche générale.....	16
2.2.-Description des cours d'eau et des stations étudiées.....	16
2.2.1.-Oued Sébaou.....	18
2.2.2.-Oued Boubhir.....	19
2.2.2.1 - Assif Illilthen.....	19
2.2.2.2-Assif n' Ath Atsou.....	19
2.2.2.3 - Assif Tirourda	20
2.2.3.-Oued Aissi.....	21
2.2.3.1.-Assif Larbâa.....	21
2.2.3.2.-Assif Ouadhias.....	23
2.2.3.3.-Assif El Djemâa.....	24
2.3.-Caractéristiques physiques des stations.....	26
2.3.1.- La pente.....	26
2.3.2.- le débit	27
2.3.3.-Ecoulement et vitesse du courant.....	27
2.3.4.-Le substrat.....	28
2.4.-Méthodes d'étude.....	30
2.4.1.-Techniques d'échantillonnage.....	30
2.4.1.1.- Echantillonnage benthique.....	30
2.4.1.2.-Chasse d'adultes.....	31
2.4.1.3.-Conservation des échantillons.....	31
2.4.1.4.-Tri et détermination.....	31

2.4.2.-Méthodes d'analyses de la structure du peuplement.....	32
2.4.2.1.-Indices de diversité.....	32
2.4.2.2.-Indices de structure.....	34
2.4.2.3.-Indices de biologiques.....	34
2.4.3.-Traitement statistiques des données.....	35
2.4.4.-Logiciels de calculs.....	36
Chapitre III : Résultats et discussion	
3.1.- Analyse globale de la faune benthique.....	37
3.2.-Abondance de la faune benthique.....	45
3.3.-Richesse taxonomique.....	45
3.4.-Abondance et occurrence des taxons	46
3.5.-Diversité : indice de Shannon et Weaver – Equitabilité.....	47
3.6.- Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique.....	50
3.6.1.-Les Ephéméroptères	50
3.6.2.-Les Diptères.....	54
3.6.3.-Les Plécoptères.....	57
3.6.4.-Les Coléoptères.....	61
3.6.5.-Les Trichoptères.....	65
3.6.6.-Les Hétéroptères.....	67
3.6.7.-Les Odonates.....	70
3.6.8.-Les Planipennes	71
3.6.9.-Les Planaires.....	72
3.6.10.-Les Oligochètes.....	73
3.6.11.-Les Mollusques.....	74
3.6.12.-Les Crustacés.....	75
3.6.13.-Les Hydracariens, les Hirudinées.....	76
3.7.- Structure de la faune.....	78
3.7.1.-Structure mésologique.....	78
3.7.2.-Structure du peuplement.....	83
3.8.- Evaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau.....	87
3.8.1.-Les principaux types de méthodes biologiques.....	87
3.8.2.-Méthode IBGN.....	88
3.8.2.1.- Répertoire des organismes retenus.....	89
3.8.2.2.-Calcul de l'IBGN.....	89
3.9.-Analyse des stations	91
Conclusion.....	103
Références bibliographiques.....	106
Annexes	

REMERCIEMENTS

Mes profonds remerciements vont à Monsieur LOUNACI A., professeur à l'université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou pour m'avoir encadré et dirigé ce travail, pour ses encouragements et son soutien tout au long de cette thèse, et surtout pour sa disponibilité qu'il est fait preuve à mon égard malgré ses nombreuses obligations. Merci infiniment !

Je remercie vivement Mme SADOUDI ALI AHMED D., Maître de Conférences 'A' à l'université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury.

Mes remerciements et ma reconnaissance vont à Monsieur ARAB A., Maître de Conférences 'A' à la Faculté des Sciences Biologiques de l' USTHB, à Monsieur AIT MOULOUD S., Maître de Conférences 'A' à l'Université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou et à Madame MEDJDOUB F., Maître de Conférences 'A' à l'Université MOULOUD Mammeri de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de juger ce travail.

Un grand merci à tous ceux qui se sont succédés pour m'accompagner sur le terrain particulièrement : Rabah, Merzouk, Smail, Malik, Massy, Saadi, Djamel, Said....

Je tiens à remercier Melle SEKHI, pour ses encouragements, son aide et l'intérêt qu'elle a porté à cette étude.

Toute ma gratitude va également aux personnes du laboratoire d'hydrobiologie, ainsi qu'à tous mes amis pour leurs soutiens et pour tous les bons moments passés ensemble.

A ces remerciements, j'ai le grand plaisir d'associer toute ma famille, particulièrement mes parents et ma sœur Lamia, pour leur compréhension, leur dévouement et leurs encouragements.

Introduction

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème. Le maintien de sa qualité est une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants, et ce, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes et dans le cycle de matière organique. Les réseaux hydrographiques du monde entier ont été plus ou moins modifiés par les activités humaines (EVERARD & POWELL, 2002). La plupart des cours d'eau ont souffert des effets anthropiques : régression d'espèces, diminution des stocks de poissons, épuisement des eaux souterraines, dégradation de la qualité de l'eau, crues de plus en plus fréquentes et intenses ...

L'impact humain sur les cours d'eau peut varier selon l'échelle spatiale. Ainsi, il peut affecter des secteurs localisés jusqu'aux grandes rivières, voir le changement climatique global. L'échelle temporelle des perturbations peut également changer considérablement, s'étendant des jours (par exemple toxines) jusqu'aux siècles (par exemple barrage).

Les influences humaines sur les biocénoses aquatiques sont très diverses. En effet, les modifications de la morphologie des cours d'eau, leurs usages et leurs propriétés physico-chimiques auront des conséquences sur la quantité et la qualité de l'eau. La dégradation des habitats et leur fragmentation peuvent causer des graves problèmes sur les populations aquatiques.

La gestion des écosystèmes aquatiques répond à deux préoccupations essentielles que sont la protection de l'écosystème et de ses potentialités biologiques en tant qu'élément majeur de notre environnement et la préservation des ressources hydriques.

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

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

L'étude de la faune de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Algérie a été entreprise ces dernières décennies afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie ainsi que la biogéographie.

Un certain nombre de travaux sur ce pays ont déjà été exposés par différents auteurs auxquels viennent s'ajouter des essais faunistiques réalisés récemment. Les premières études sur la limnologie date du XIX^{ème} siècle et elles sont limitées le plus souvent à des notes zoologiques, l'écologie n'étant que sommairement abordée : BEDEL (1895), EDWARDS (1923), LESTAGE (1925), GAUTHIER (1928), NAVAS (1929), SEURAT (1934), VAILLANT (1955) etc...

Après les années 80, des programmes d'études hydrobiologiques furent lancés par les laboratoires des universités d'Alger, de Tizi-Ouzou, de Tlemcen et de Guelma. Les principaux travaux connus sont ceux de GAGNEUR et *al.* (1986) sur les Oligochètes d'Algérie, LOUNACI (1987) et AIT-MOULOUD (1988) sur la faune des cours d'eau de l'oued Aissi, MALICKY & LOUNACI (1987) sur les Trichoptères de Tunisie, d'Algérie et du Maroc, GAGNEUR & CLERGUE-GAZEAU (1988) sur les Diptères Simuliidae d'Algérie, GAGNEUR & THOMAS (1988) sur les Ephéméroptères d'Algérie, ARAB (1989) sur les macroinvertébrés de l'oued Chiffa et Mouzaia, GAGNEUR & ALIANE (1991) sur les Plécoptères de la Tafna, MOUBAYED et *al.* (1992) sur les Diptères Chironomidae d'Algérie, THOMAS & GAGNEUR (1994) sur les Ephéméroptères d'Afrique du Nord, LOUNACI-DAOUDI (1996) sur les macroinvertébrés du réseau hydrographique du Sébaou, THOMAS (1998) sur les Ephéméroptères d'Algérie, du Maroc et de Tunisie, SAMRAOUI & MENAI (1999) sur les Odonates d'Algérie, LOUNACI et *al.* (2000a) sur la faune benthique du bassin de l'oued Sébaou, LOUNACI et *al.* (2000b) sur l'abondance, la richesse spécifique et la structure des communautés de macroinvertébrés de l'oued Sébaou, MEBARKI (2001) sur la faune benthique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie, ARAB (2004) sur la faune benthique des réseaux hydrographiques du Chellif et du Mazafran, ARAB et *al.* (2004) sur la répartition spatiale et temporelle des invertébrés benthiques de l'oued Chelif, LOUNACI et VINÇON (2005) sur les Plécoptères de Kabylie, LOUNACI (2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura, MOUBAYED et *al.* (2007) sur les Diptères Chironomides d'Algérie, ZERGUINE et *al.* (2009), sur les Diptères Chironomides du Nord Est d'Algérie, YASRI (2009), sur l'hydrobiologie du réseau hydrographique du Mazafran, HAMZAOUI (2009), sur la macrofaune benthique de l'Oued Saoura (wilaya de Bechar) et SEKHI (2010) sur les macroinvertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (wilaya de Naâma).

Ce travail s'inscrit dans le projet de recherche initié par le laboratoire d'hydrobiologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Notre objectif principal, axé sur l'étude des données faunistiques, est d'étudier la répartition de la faune recensée en relation avec l'habitat pour une meilleure connaissance de l'écologie des espèces et de leur distribution, d'autre part, de déterminer l'organisation spatiale et la structure des macroinvertébrés benthiques en fonction des caractéristiques environnementales, d'autre part encore, d'évaluer la qualité hydrobiologique de l'eau et du milieu par les voies biologiques.

L'ensemble de ce travail se compose de trois chapitres:

- le premier résume les caractéristiques générales de la région d'étude: géographie, géologie, climatologie, végétation et perturbations anthropiques ...;
- le second chapitre traite de la description des sites d'études, des méthodes et techniques d'échantillonnage ;
- le troisième qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'étude de la faune :
 - ✓ analyse globale de la faune ;
 - ✓ indices de structure de la faune ;
 - ✓ analyse qualitative et quantitative de la faune ;
 - ✓ structure de la faune ;
 - ✓ évaluation de la qualité de l'eau par les voies biologiques.

1.1.-Caractéristiques générales de la région d'étude

1.1.1.-Situation et cadre géographique

La Kabylie du 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 et à moins de 50 km au sud du littoral méditerranéen (figure 1). Elle s'étend depuis les sommets du massif, principalement Thala Guilef, Tikjda, Tizi N'Kouilal et col de Tirourda jusque dans les piémonts et plaines de Tizi-Ouzou (Valée du Sébaou). Elle est comprise entre 3° 35' et 5° 05' de longitude Est, et entre 36° 22' et 36° 55' de latitude Nord.

Le Djurdjura : il fait partie des chaînes telliennes en bordure du littoral méditerranéen. Il constitue le plus grand massif de l'Atlas tellien avec des sommets dépassant fréquemment 2000m d'altitude.

Cette chaîne de largeur réduite (1 à 10 km) s'étend selon une direction Est-Ouest sur environ 50 km. Cette disposition lui donne l'allure d'une muraille constituant ainsi une ligne de partage des eaux entre les bassins versants de la Soummam et du Sébaou.

La vallée du Sébaou : c'est une dépression allongée et évasée, à cause de sa structure géologique et de la nature différente des terrains. Elle est située dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est drainée par l'Oued Sébaou, principal cours d'eau de grande Kabylie.

Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau s'étendant sur une surface de l'ordre de 8500 km², il nous a paru intéressant de retenir les principaux cours d'eau (Tirourda, Boubhir, Oued Aissi, Sébaou) situés sur le versant Nord du Djurdjura (dorsale orientale et médiane).

1.1.2.- Contexte géologique

1.1.2.1.-Structure géologique

Sur le plan géologique, la grande Kabylie a fait l'objet de différentes études : stratigraphie, tectonique, orogénèse... (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; YAKOUB, 1996). Dans le présent travail, nous nous limiterons à en donner une vue globale, résumée de la géologie de la région d'étude.

Les cartes géologiques du Nord-Est de la grande Kabylie (figure 2) décrivent une lithologie variée et une structure complexe. Les grandes unités morpho-structurales qui la constituent sont les suivantes :

- **La dorsale calcaire de Djurdjura** : Le Djurdjura forme l'élément principal d'une grande unité structurale dite « chaîne calcaire Kabyle ». Ce massif est composé de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés dont l'âge et la nature sont très complexes. Une partie de ces terrains s'est formée au cours de l'ère primaire, mais la plus grande partie appartient aux périodes secondaires et tertiaires. A l'époque liasique une longue sédimentation calcaire fournit les éléments de la majeure partie de crêtes (FLANDRIN, 1952).

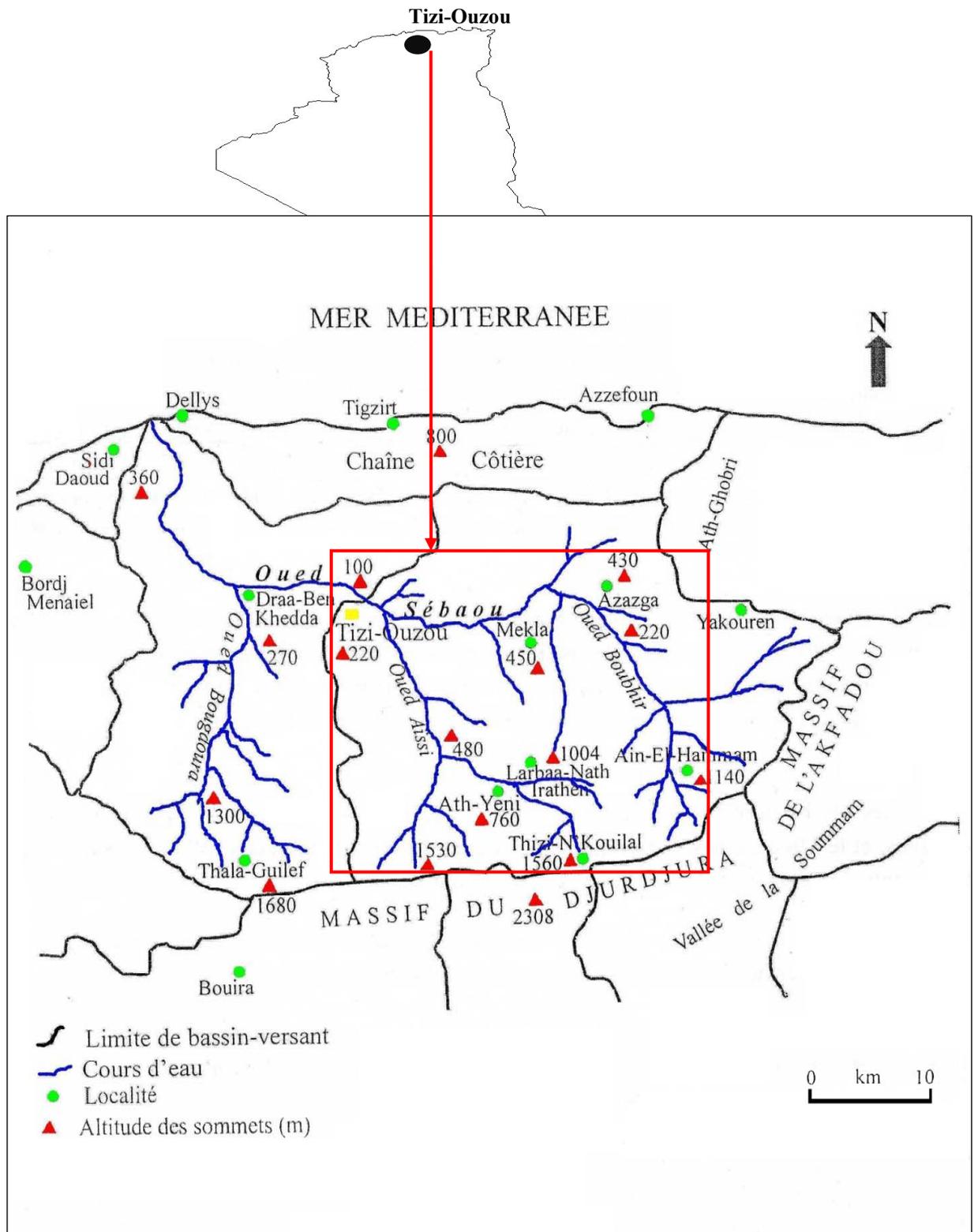


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude.

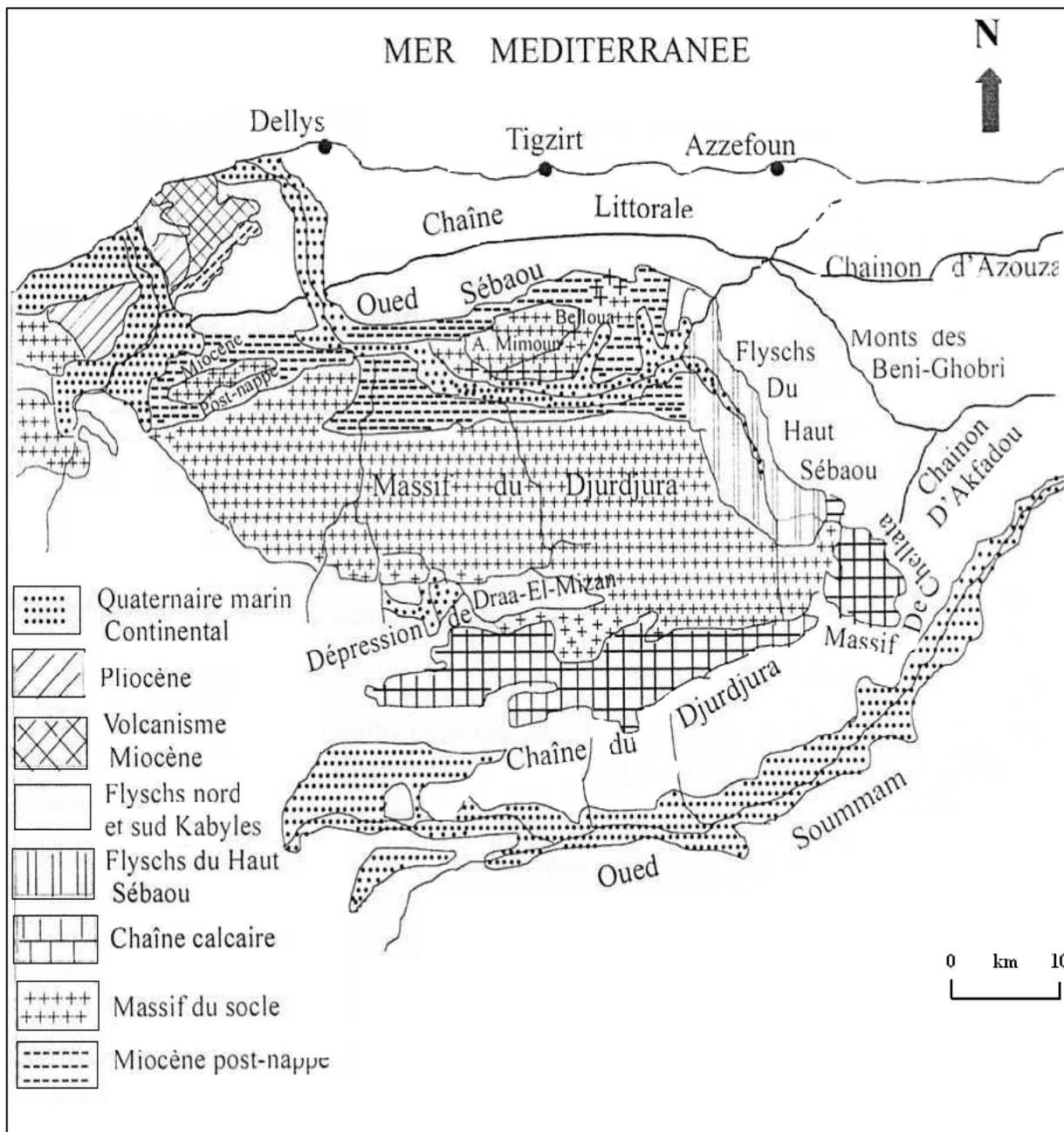


Figure 2: Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952).

Le Djurdjura présente un faciès principal composé essentiellement de terrains calcaires, de roches cristallines et cristallophylliennes de nature magmatique (granites et pegmatite) et métamorphiques (micaschistes et quartzites), qui lui confèrent une grande résistance à l'érosion linéaire mais fortement karstifié.

La lithologie de cette chaîne est d'un intérêt hydrogéologique important car elle est à l'origine de nombreux écoulements superficiels et saisonniers et favorise l'existence du phénomène de karstification donnant lieu souvent à des sources en altitude et le développement d'importants gouffres.

- **Le socle Kabyle :** il est représenté par diverses formations cristallophylliennes: les schistes, les Micaschistes, les gneiss, les granites et les pegmatites. De par sa topographie, le socle Kabyle favorise la convergence des eaux de pluies vers les principaux affluents de l'Oued Sébaou (YAKOUB, 1996).

- **Les dépressions sédimentaires :** elles correspondent à d'étroites vallées intra montagneuses. Elles se composent essentiellement par celles des Ouacifs et de Meschtras creusées au pied du Djurdjura à de très basses altitudes (300 à 400 m) ainsi que la dépression principale du col de Tirourda, qui se maintient à 1956 m.

1.1.2.2.- Aperçu stratigraphique

Le miocène: il est formé de marnes et d'argiles et occupe le fond des vallées. Par sa nature imperméable, il permet des écoulements de surface qui alimentent les oueds.

Le quaternaire : il est bien représenté dans la dépression de Meschtras et tout au long des oueds. Il est constitué d'un matériel hétérogène (galets, graviers, sable, limons) et représente lorsqu'il existe, d'importantes accumulations: les nappes alluviales.

1.1.3.- Climatologie

En Algérie, le climat se distingue par une influence marine au Nord et par une tendance continentale subdésertique provenant du Sud. Les vents prédominants sont de direction Nord et Nord-Est.

La Kabylie de Djurdjura se situant au Nord de l'Afrique et en méditerranée occidentale, se trouve sous l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par la sécheresse de la saison estivale (sécheresse totale bien marquée se prolongeant de juillet à septembre) et des hivers relativement humides avec des précipitations torrentielles à grande irrégularité interannuelle (ABDESSELAM, 1995).

1.1.3.1.- Les précipitations

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

SELTZER (1946), QUEZEL (1957) et CHAUMONT & PAQUIN (1971), admettent que la pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographiques: l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. Elle est conditionnée par la direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides. Elle augmente également d'Ouest en Est et à l'inverse elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le sud.

Le massif montagneux du Djurdjura est naturellement destiné par sa hauteur (2308m), sa proximité relative à la mer (45 à 50 km) et par son orientation Est-Ouest, à recevoir en hiver, la masse principale des pluies dont une partie tombera sous forme de neige (à partir de 700-800m d'altitude) ce qui constitue un atout hydrologique important pour l'alimentation de l'Oued Sébaou et ses affluents. De ce fait la grande Kabylie peut être considérée comme l'une des régions les plus arrosées d'Algérie.

Selon ABDESSELAM (1995) et DERIDJ (1990), la pluviométrie est plus importante le Djurdjura (altitude > 1000 m). Les quantités de pluies reçues accompagnées de neige varient de 1500 à 2000 mm/an en versant nord, tandis que la zone littorale et les piémonts, présentent des précipitations moindres qui oscillent entre 800 et 900 mm/an.

Le manque de données dû à l'absence d'un réseau météorologiques dans la région d'étude nous a contraint à utiliser les données enregistrées par les stations météorologiques les plus proches des sites étudiés.

Les données pluviométriques enregistrées dans les localités environnantes de la région d'étude (Ath Ouabane, Larbâa N'Ath Irathen, Ath Djemâa, Ath yenni, Tizi-Ouzou et Fréha) sont portées dans le tableau I. Elles nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) de Tizi-Ouzou. Elles sont choisies ici pour leur localisation dans la zone d'étude ou sa proche périphérie.

Tableau I : Précipitations moyennes mensuelles et totaux pluviométriques (en mm) à certaines localités de la région d'étude (période 1989 – 2008).

Stations	Alt.	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Ath Ouabane	960	63,6	90,5	139,9	205,1	187,1	111,8	111,1	139,6	91,0	18,3	10,1	25,4	1193,6
Larbâa N'Ath-Irathen	950	38,9	67,7	125,1	149,9	139,1	74,9	73,7	104,4	80,1	6,8	5,3	7,4	873,4
Ath Djemâa	840	47,9	68,6	100,0	123,5	118,8	79,6	75,4	114,2	85,3	13,6	5,6	15,2	847,5
Ath Yenni	760	41,9	72,7	99,5	136,8	127,1	78,3	71,2	94,5	66,9	11,5	4,8	9,9	815,1
Tizi-Ouzou	220	32,4	66,1	98,3	131	125,2	89,9	59,7	79,4	57,5	7,4	3,6	7,1	757,6
Fréha	155	24,4	64,5	120,6	162,1	121,0	70,5	72,0	87,0	41,5	4,7	1,3	2,8	772,4
Moyenne		41,5	71,7	113,9	151,4	136,4	84,2	77,2	103,2	70,4	10,4	5,1	11,3	876,6

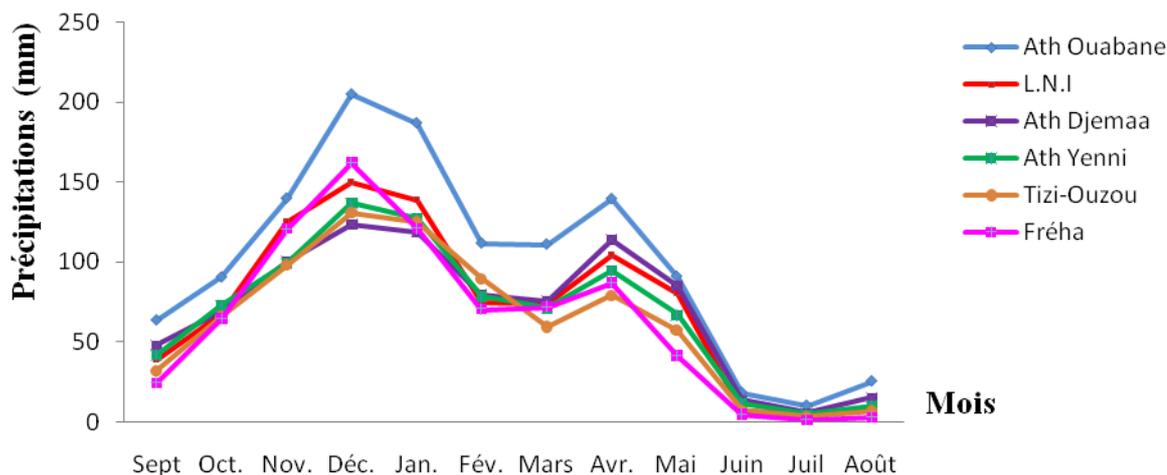


Figure 3 : Précipitations moyennes mensuelles (en mm) à certaines localités de la Kabylie (Période 1989-2009).

Dans la région d'Ath Ouabane (altitude 960 m), les précipitations sont élevées. La moyenne annuelle est de 1193,6 mm. A Larbâa N'Ath Irathen, Ath Djemâa et Ath Yenni, elles sont respectivement de 873,4, 847,5 mm et 815,1 mm.

Dans la vallée du Sébaou (Tizi-Ouzou alt. 220 m et Fréha alt. 155 m), les précipitations moyennes annuelles sont respectivement de 757,6 mm et 772,4 mm.

La lecture de la figure 3 montre que les précipitations moyennes mensuelles présentent dans l'ensemble un même profil pluviométrique. Les précipitations moyennes mensuelles présentent dans l'ensemble un même profil pluviométrique. Les précipitations les plus importantes s'observent d'octobre à avril (plus de 80% du total annuel) avec un maximum en novembre, décembre, janvier et avril : précipitations moyennes mensuelles supérieure à 100 mm.

1.1.3.2.-Les températures

1.1.3.2.1.-Températures de l'air

Selon DAJOZ (1979), la température de l'air est un facteur important dans l'établissement du bilan hydrique. De plus elle conditionne l'écologie et la biogéographie de tous les êtres vivants dans la biosphère.

Dans le tableau II, nous avons reporté les valeurs moyennes mensuelles, minimales et maximales des températures de l'air enregistrées à Tizi-Ouzou durant la période allant de 1989 à 2009 (Source : Office Nationale de la Météorologie de Tizi-Ouzou).

Tableau II : Températures moyennes mensuelles de l'air en °C (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou (Période 1989 – 2009, Source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T°moyennes maximales	15,4	16,8	19,9	21,7	26,2	31,8	35,7	36,2	31,8	26,9	18,8	16,2
T°moyennes minimales	5,9	6,5	8,7	10,1	10,0	18,0	20,8	21,8	15,6	10,4	10,8	6,9
T°moyennes mensuelles	10,1	10,8	13,4	15,5	19,4	24,6	27,4	28	24,5	20,3	14,4	11,1
ΔT (°C)	9,5	10,3	11,2	11,6	16,2	13,8	14,9	14,4	16,2	16,5	8	9,3

Les moyennes annuelles des températures de l'air sont variables d'une année à l'autre. La température moyenne interannuelle à Tizi-Ouzou est de 18,29°C.

Une des caractéristiques thermiques de la région d'étude est l'écart élevé entre les moyennes des minima (m) du mois le plus froid (janvier) et des maxima (M) du mois le plus chaud (aout). Les minima et les maxima enregistrés à Tizi-Ouzou sont :

- m= 5,9°C
- M = 36,2°C.

La lecture de la figure 4 montre que:

- Les mois de juillet et août peuvent être considérés comme les plus chauds. Leurs températures moyennes enregistrées sont respectivement de 27,4°C et 28°C avec des maxima de 35,7 °C et 36,2°C, des minima de 20,8°C et 21,8°C et une amplitude thermique de l'ordre de 14°C.
- Les mois de décembre, janvier et février sont les plus froids avec des températures moyennes respectives de 11,1°C, 10,1°C et 10,8°C, des maxima de 16,2°C, 15,4°C et 16,8°C, des minima de 6,9°C, 5,9°C et 6,5°C et une amplitude thermique de l'ordre de 9°C.

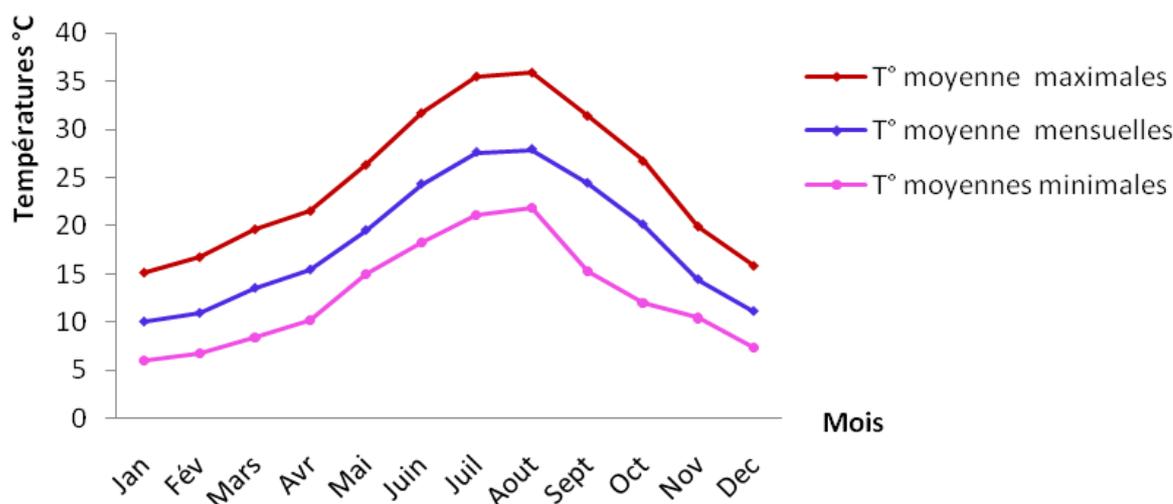


Figure 4 : Températures mensuelles de l'air (maximales, minimales et moyennes) en °C à Tizi -Ouzou, période 1990-2008 (Source ONM de Tizi-Ouzou).

1.1.3.2.2.-Température de l'eau

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

LAVANDIER (1979), THOMAS (1981), ANGELIER *et al.* (1985) et VINÇON (1987) renvoient la répartition de la faune benthique dans les cours d'eau à l'action de la température. Celle-ci varie régulièrement selon le profil longitudinal d'un cours d'eau. Chaque station d'un réseau hydrographique donné a son propre régime thermique. Il est déterminé par la combinaison de certains nombres de paramètres tels que: la température atmosphérique, l'altitude, la distance à la source, le régime hydrologique, la saison, la largeur du lit et l'ensoleillement qui lui dépend de la densité du couvert végétal.

La mesure de la température de l'eau est très utile pour les études limnologiques car elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, notamment l'oxygène, la détermination du pH et la dissociation des sels (RODIER, 1996). De plus, elle joue un rôle primordial dans le déterminisme de la distribution longitudinale des zoocénose (LOUNACI, 2005).

Dans ce travail, devant l'impossibilité de réaliser des mesures journalières de la température, nous nous sommes contentés de réaliser des relevés ponctuels dans les stations étudiées. Les valeurs des relevés de températures sont données ici à titre indicatif (tableau III).

Tableau III: Températures ponctuelles de l'eau relevées dans les différentes stations *:

Stations*	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
T° Max. (°C)	10	11	11	13	16	13	24	14	20	23	26	26	30	30	32	32
T° Min. (°C)	3	5	5	7	8	4	12	8	10	11	11	12	9	11	11	12
T° Moy. (°C)	6,5	7,5	8	10,5	12,5	9	17,5	10	15	16,5	18	19	19,5	20,5	21,5	22,5
ΔT (°C)	7	6	6	6	8	9	12	6	10	12	15	14	21	19	21	20

L'analyse des relevés de températures ponctuelles nous a permis de dresser l'évolution du régime thermique.

Les températures maximales sont atteintes en juin-juillet, ce qui correspond au maximum thermique aérien et au débit mensuel minimum. Les plus faibles sont enregistrées au mois de janvier.

L'analyse de la figure 5 fait ressortir grossièrement 3 groupes de stations ayant chacun un type de régime lié à un certain nombre de paramètres du milieu.

- **Le groupe 1** à amplitude thermique faible (comprise entre 6 et 9 °C), renferme les stations d'altitude (TR, AA, AI, W1, D1 et A1) dont les maxima d'été se situent entre 10°C et 14 °C et les minima hivernales entre 3°C et 8°C. ce sont les stations des cours d'eau alimentées par les sources et la fonte des neiges et/ ou les stations des ruisseaux et des torrents ombragés.

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

• **Le groupe 2** à amplitude thermique comprise entre 8°C et 14°C, composé essentiellement des stations de piémont (D2, A2, A3, A4, A5) dont les températures maximales varient de 23 à 26°C et les minimales entre 10°C et 12°C.

• **Le groupe 3** à amplitude thermique élevée (comprise entre 19 °C et 21°C), renferme les stations de basse altitude (BH, FR, TA et BK) dont les températures maximales varient entre 30°C et 32°C et les minimales entre 9°C et 12°C. en effet, la forte insolation au niveau des vallées, l'absence d'ombrage le long des cours d'eau et les faibles débits d'été sont à l'origine de ces fortes températures.

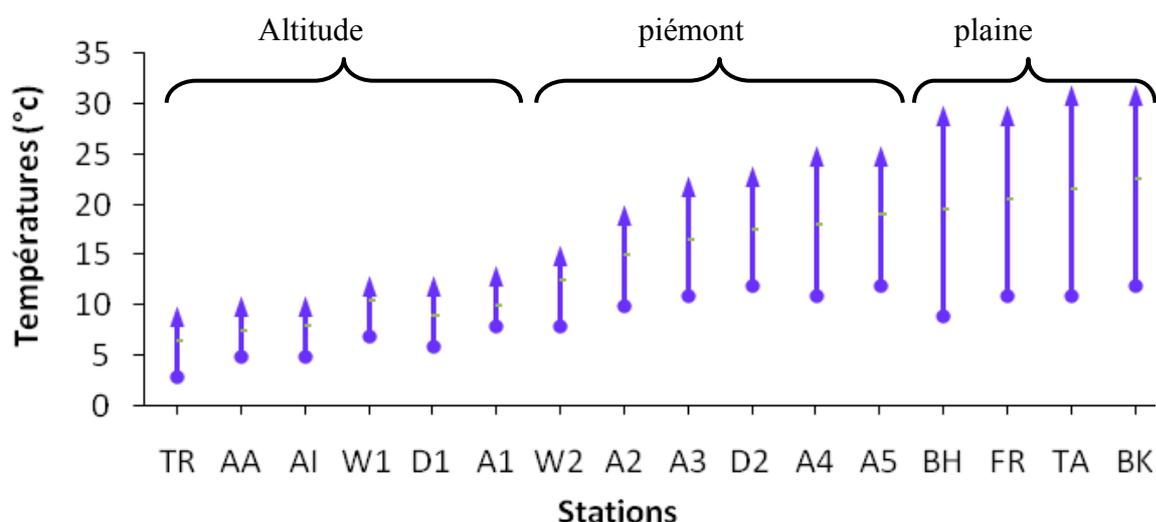


Figure 5 : Amplitudes thermiques enregistrées dans les stations d'étude

1.3.3.3 -Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

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

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

Le diagramme ombrothermique (Figure 6) montre clairement la présence :

- d'une période sèche d'environ 4 mois : de la fin mai à la fin septembre.
- d'une période humide de 8 mois : d'octobre à mai.

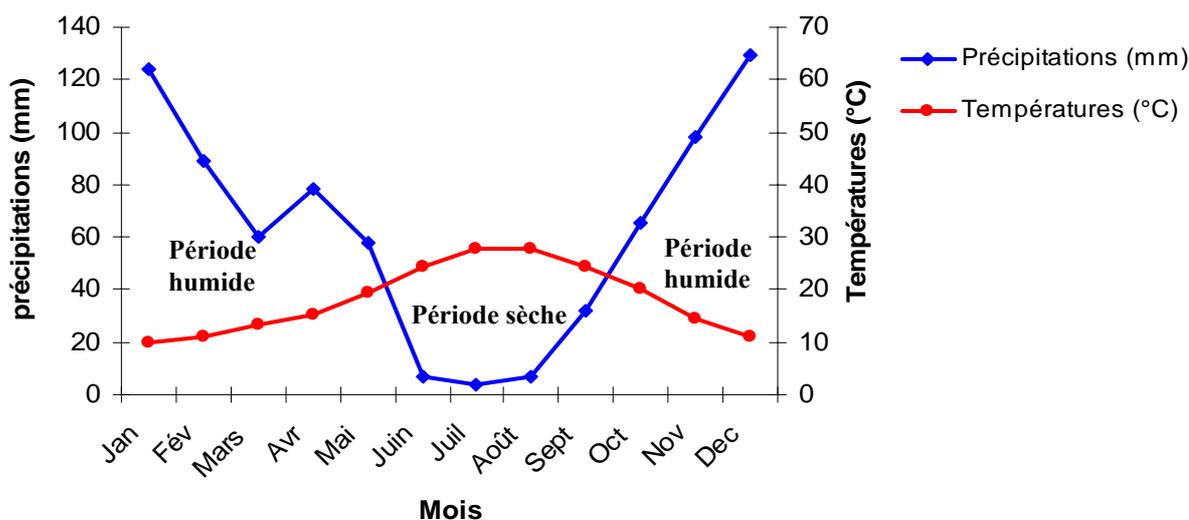


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou (période 1989 -2009)

1.1.4. - Couvert végétal

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

En Kabylie, l'hétérogénéité topographique et l'action anthropique ont imprimé au paysage végétal à caractère très morcelé, lequel se présente sous forme de mosaïques assez complexes.

Globalement la couverture végétale de la zone d'étude est assez dense. Elle varie en fonction de l'altitude et présente un étagement visible de type méditerranéen.

➤ En altitude supérieur à 1100 m, les sommets sont dénudés ou couverts à quelques endroits par des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants : ronces (*Rubus* sp.) et genets (*Genista* sp.). On note aussi la présence de quelques pieds de cèdre épars (*Cedrus atlantica*).

➤ En aval, aux altitudes inférieures à 1100 m, la végétation est constituée essentiellement de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de frêne (*fraxinus* sp.) et de quelques pieds d'érables (*Acer* sp.). Ce sont des feuillus qui empêchent le réchauffement excessif des eaux en été.

➤ Entre 600 et 800 m d'altitude, on rencontre l'olivier (*Olea europea*) sur les terrasses alluviales anciennes et des cultures maraichères sur les basses terrasses d'alluvions récentes.

➤ Entre 300 et 500 m d'altitude, la strate arborée y domine, elle est composée essentiellement de l'olivier (*Olea europea*).

➤ En plaine, les formations végétales sont représentées principalement par des vergers (orangers, pommiers, poiriers, figuiers...), qui participent à la dégradation des formations végétales naturelles dans la vallée de Sébaou.

Le long des cours d'eau, sur les berges on rencontre:

- aux altitudes supérieures à 500m, une végétation bordante est représentée essentiellement par l'aulne (*Alnus glutinosa*), le merisier (*Cerasus avium*), le figuier (*Ficus carica*) le pistachier (*Pistacia lentiscus*), le mucocolier (*Celtis australis*), le dyss (*Ampelodesma mauritanica*) et de nombreuses lianes ;
- aux altitudes inférieures à 500m, la végétation est constituée par le peuplier blanc (*Populus alba*), le peuplier noir (*Populus nigra*), le laurier rose (*Nerium oleander*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le tamaris (*Tamarix sp*), le roseau (*Arundo donax*), l'eucalyptus et par endroit des épineux (genêts, ronces...).

Quant à la végétation aquatique, elle est représentée principalement par les mousses dans les parties supérieures des cours d'eaux, tandis que les algues (*Oedogonae*, *Spirogyra*, *Zygnema* et *Ulothrix*) et les macrophytes se rencontrent dans les cours d'eaux de basse altitude.

1.1.5.-Perturbations anthropiques

Les réseaux hydrographiques de la Kabylie se trouvent face à un danger avéré dû à diverses agressions d'origine anthropique. Les unités industrielles d'une part, et l'extension des zones urbaines d'autre part, sont les principaux polluants des milieux aquatiques continentaux qui déversent inévitablement leurs eaux usées épurées ou non dans les cours d'eau.

Dans la région d'étude, la pollution a plusieurs origines :

- **Origine urbaine** : les cours d'eau reçoivent les rejets des activités domestiques de plusieurs agglomérations (Ain El Hammam, Ath Yenni, Larbâa N'Ath Ouacifs, Ouadhias ... etc.). L'épuration des rejets est insignifiante et en période estivale, certains cours d'eau font fonction d'égouts à ciel ouvert. Les quantités d'affluents trop importantes par rapport aux faibles débits récepteurs et aux températures élevées ne permettent pas au cours d'eau de s'autoépurer.

- **Origine industrielle** : l'industrialisation de la wilaya de Tizi-Ouzou, centrée principalement le long des cours d'eau, s'est accompagnée d'une atteinte grave à l'environnement et entre autres à la qualité des eaux de surface. Fréquemment, les systèmes d'épuration de ces unités sont non fonctionnels engendrant ainsi un phénomène de pollution de l'environnement et entre autre la qualité des eaux de surface. Les eaux résiduaires contiennent un grand nombre d'éléments dissous et en suspension, organiques ou minéraux (matières organiques, acides, métaux lourds, détergeant, huiles ...) parfois toxiques ou difficilement biodégradables provenant des stations de lavages et de vidange d'automobiles.

- **Origine agricole :** en altitude, l'élevage et l'aviculture demeurent les principales activités agricoles, en raison de la nature accidentée des terrains. leurs impacts potentiels sur les cours d'eau devraient être relativement faibles.

Dans les plaines et vallées, une agriculture moderne de type intensif à extensif s'est développée. L'utilisation irrationnelle d'engrais chimiques, d'herbicides, d'insecticides et de pesticides divers fait que via le lessivage des sols, l'eau retourne aux cours d'eau chargée en éléments eutrophisants (nitrates et phosphates), induisant un déséquilibre sur la faune et la flore aquatique.

De plus, avec le développement des surfaces irriguées, les besoins en eau ont entraîné la multiplication des points de pompage (Oued Boubhir). En période estivale, la baisse du débit cumulée à l'infiltration et au pompage des eaux de surface entraînent la mise à sec de portions importantes des cours d'eau induisant ainsi une intense réduction spatio-temporelles des biotopes lotiques empêche ainsi certains insectes benthiques d'accomplir leurs cycles biologique.

La pollution par les margines, malgré le caractère saisonnier des huileries, constitue une source permanente de pollution des eaux de surface. Elle entraîne des changements profonds dans la faune et de la flore aquatique. La matière organique grasse des margines forme un film empêchant la pénétration de la lumière et les échanges gazeux dont l'oxygène qui est l'élément indispensable pour l'activité métabolique.

- **Origine mécanique :** l'extraction de sable et de graviers dans le lit des cours d'eau déstabilise le fond du lit des oueds avec une modification de sa morphologie ainsi qu'une remise en suspension des éléments fins. Ce phénomène réduit les productions primaires et par conséquent contribue à l'altération des écosystèmes aquatiques.

Ce chapitre constitue une description des cours d'eau étudiés, des sites d'échantillonnage avec une présentation générale du contexte environnemental et méthodes d'étude employées.

2.1. -Démarche générale

Les cours d'eau peuvent être considérés comme des mosaïques de microhabitats caractérisés par des conditions environnementales différentes (TOWNSEND & HILDREW, 1994). Le principal thème abordé par cette étude est l'établissement de listes faunistiques d'invertébrés benthiques et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et sa faune fondée sur l'échantillonnage des habitats représentatifs.

Notre démarche a été d'échantillonner les habitats des cours d'eau sur la base d'un protocole établi après une étude bibliographique.

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés aux cours d'eau de Kabylie.

2.2.- Description des cours d'eau et des stations étudiées

Cette étude hydrobiologique porte sur un ensemble de cours d'eau de Kabylie. La couverture au 1/50000^{ème} permet de décrire un cheveu hydrographique très dense et hiérarchisé avec un drainage important.

Notre intérêt s'est porté principalement sur l'oued Sébaou et ses deux principaux affluents : l'oued Boubhir et l'oued Aissi.

Parmi les stations prospectées, 16 ont été retenues dans le cadre de ce travail. Le choix de ces stations a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que l'altitude, la pente, la diversité des biotopes, l'amont et l'aval des agglomérations afin d'estimer l'importance de l'impact humain, et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations.

Les stations se répartissent comme suit :

- 2 stations sont situées sur l'Oued Sébaou : TA et BK ;
- 5 stations sont situées dans le sous-bassin de l'oued Boubhir ;
 - 2 stations sur l'oued Boubhir : BH et FR;
 - 1 station sur Assif Illilthen : AI ;
 - 1 station sur Assif N'Ath Atsou : AA ;
 - 1 station sur Assif Tirourda : TR ;
- 9 stations sont situées dans le sous-bassin de l'oued Aissi
 - 1 stations sur Assif n'Ath Agad : A1;
 - 3 stations sur Assif Larbâa : A2, A3, A4 ;
 - 1 station sur l'oued Aissi : A5 ;
 - 2 stations sur Assif Ouadhias : W1, W2 ;
 - 2 stations sur Assif El Djemâa: D1, D2.

Les stations retenues dans le cadre de ce travail sont indiquées par des carrés sur la figure 7. Pour chaque station étudiée, nous indiquons :

- la localité la plus proche ;
- l'altitude ;
- la pente à la station ;
- la largeur moyenne du cours d'eau (section mouillée) ;
- la profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- la vitesse du courant selon la classification de Berg ;
- la nature du substrat ;
- la végétation ;
- les influences anthropiques lorsqu'il y en a.

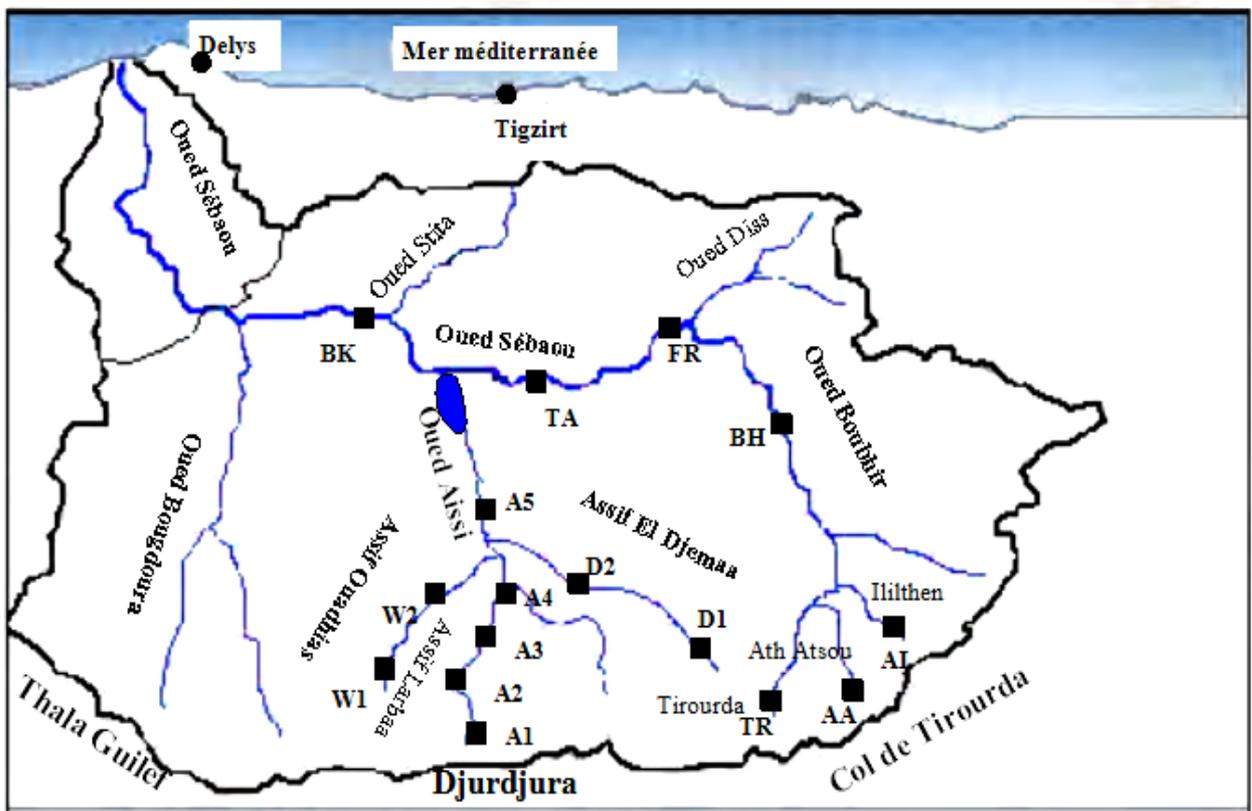


Figure 7 : Cours d'eau étudiés et emplacement des stations

2.2.1.-Oued Sébaou

L'Oued Sébaou, principal cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, reçoit l'ensemble des écoulements provenant des bassins versants : flanc méridional de la chaîne côtière (Oueds Diss et Stita) et versant septentrional du Djurdjura (Oueds Boubhir, Rebta, Aissi et Bougdoura). Il coule d'est en ouest, sur une distance de 50 Km puis prend la direction sud-nord sur une 20^{aine} de Km avant de jeter dans la mer méditerranée. Sa pente moyenne est de l'ordre de 0,3% et sa largeur peut atteindre par endroit 500 m. Sur son parcours se trouvent d'importantes sablières induisant par les extractions de granulats, des perturbations des milieux. Le cours d'eau reçoit également des rejets urbains notamment des villes d'Azazga, de Tamda, de Tizi ouzou et de Draa Ben-khedda, et industriels tels ENEL, SNLB, COTITEX, ORLAC ...

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : TA et BK

• Station TA

Station de plaine, localisée à 1 Km en aval du village Tamda.

- ❖ Altitude : 100 m ;
- ❖ Pente à la station : 0,5% ;
- ❖ Profondeur : 10 à 50 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : moyenne;
- ❖ Largeur du lit mineur: 20 m ;
- ❖ Substrat : galets, graviers, sable, et détritiques organiques ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente et arbustive éparse, herbacée et épineux;
- ❖ Végétation aquatique : algues et macrophytes ;
- ❖ Action anthropique : prélèvement de sable tout au long du secteur de cette station, rejets urbains et dépôts d'ordures sur les rives.



• Station : BK

Elle est située à 2 km en aval de la localité de Boukhalfa.

- ❖ Altitude : 60 m ;
- ❖ Pente à la station : 0,6 % ;
- ❖ Profondeur : 20 à 50 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : moyenne ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 20 m ;
- ❖ Substrat : galets, graviers, sable, limons, et détritiques organiques;
- ❖ Végétation bordante: herbacée et épineuse ;
- ❖ Végétation aquatique : algues ;
- ❖ Action anthropique : prélèvement de sable et rejets urbains à 4 Km en amont.



2.2.2.-Oued Boubhir

Principal affluent de l'oued Sébaou, il collecte l'ensemble des écoulements en provenance des cours d'eaux de montagne qui drainent les pentes septentrionales du Djurdjura depuis le col de Tirourda, les pentes méridionales du massif d'Ain-El-Hammam et de Larbaa n'Ath-Irathen jusqu'à Fréha.

Quatre secteurs hydrographiques ont retenu notre attention : assif Illilthen, assif n'Ath Atsou, assif Tirourda et oued Boubhir (s.s)

- **Assif Illilthen** : cours d'eau de montagne de dimension réduite, prend naissance à 1500 m d'altitude à partir de sources et des ruisselets alimentés par les eaux de pluies et de fonte de neige du col de Tirourda. Doté d'une pente moyenne de l'ordre de 11%, il coule en orientation sud-nord sur une distance d'environ de 7 Km entre 1300 et 500 m d'altitude avant de se jeter dans l'Assif Halil (affluent de l'oued Boubhir).

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

- **Station AI**

Elle est située à 3 Km en amont du chef lieu de la commune d'Illilthen.

- ❖ Altitude : 1010 m
- ❖ Pente à la station : 16,8 % ;
- ❖ Profondeur : 15 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 1,5 à 2 m ;
- ❖ Substrat : rochers, galets, graviers;
- ❖ Végétation bordante : strate arborescente, strate arbustive fournie et épineux;
- ❖ Végétation aquatique : algues.



- **Assif N'Ath Atsou** : il est le type même de cours de haute montagne. Il prend naissance au pied du col dit «Azerou N'Thor» à partir des sources et des petits ruisseaux alimentés par les eaux de pluies et de fonte des neiges. De pente moyenne de 9 %, il coule en orientation sud-nord entre 1400 et 900 m sur une distance de 6 Km. Il borde le village d'Ath Atsou avant de rejoindre Assif d'Iferhounene.

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

- **Station AA**

Cette station est située à 500 m en amont du village Ait Atsou.

- ❖ Altitude : 1080 m ;
- ❖ Pente à la station : 19,8%
- ❖ Profondeur : 5 à 10 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- ❖ Largeur du lit mineur: 1 à 1,5 m ;
- ❖ Substrat : dalles, rochers, galets et sable;
- ❖ Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie, épineux ;
- ❖ Végétation aquatique : quelques mousses sur les dalles.



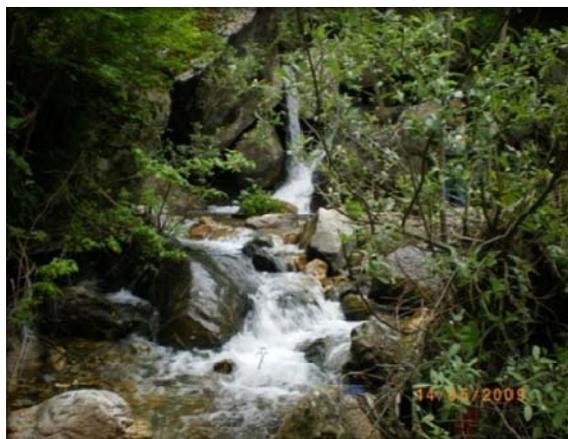
- **Assif Tirourda** : petit torrent de montagne, il prend naissance au col de Tirourda où il collecte les écoulements de nombreux petits ruisseaux alimentés par les eaux de fonte de neige et de nombreuses sources. Doté d'une forte pente (16%), il Cascade en orientation sud-nord sur un parcours d'environ 5 Km entre 1700 et 900 m d'altitude, avant de se jeter dans Assif Iferhounene.

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

- **Station TR**

Station située à 1 Km en aval du col de Tirourda sur un ruisseau à grand débit.

- ❖ Altitude : 1115 m ;
- ❖ Pente à la station : 14,8 %
- ❖ Profondeur : 15 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 1 à 1,5 m ;
- ❖ Substrat : dalles, galets, graviers, sable;
- ❖ Végétation bordante : strate arborescente et arbustive ;
- ❖ Végétation aquatique : quelques mousses sur les dalles.



- **Oued Boubhir (s.s.)** : l'oued Boubhir constitue le prolongement de l'oued Halil (principal affluent de l'oued Boubhir). Il prend naissance à 20 km au sud-Ouest d'Azazga et coule du Sud au nord, entre 350 m et 150 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 2% et la largeur de son lit majeur peut atteindre par endroit plus de 50 m. L'importance de son débit est due aux écoulements en provenance du col de Tirourda (assif N'ath Atsou, assif Illilthen, assif Tirourda), du col de Chellata (assif El-Khemis et assif Sahel) et de l'Akfadou (assif Ousserdoun) qui s'ajoutent à l'apport de nombreux petits écoulements drainant les massifs d'Ain El Hammam et Larbaâ n'Ath Irathen.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : BH et FR.

Station BH

Station située près de la route w. 17, à une vingtaine de Km au sud-ouest d'Azazga.

- ❖ Altitude : 225 m ;
- ❖ Pente à la station : 1,62% ;
- ❖ Profondeur : 10 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : rapide à moyenne;
- ❖ Largeur du lit mineur : 12 m ;
- ❖ Substrat : galets, sable ;
- ❖ Végétation bordante : phragmites ;
- ❖ Végétation aquatique : algues sur les pierres.



- **Station FR**

Station située à 2 km environ de Fréha.

- ❖ Altitude : 160 m ;
- ❖ Pente à la station : 1,2% ;
- ❖ Profondeur : 15 à 40 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : rapide à moyenne;
- ❖ Largeur du lit mineur: 20 m ;
- ❖ Substrat : très hétérogène : galet, gravier, sable, limons, détritiques organiques ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente et arbustive fournie mais n'affecte guère l'ensoleillement du cours d'eau ;
- ❖ Végétation aquatique : algues et macrophytes;
- ❖ Action anthropique : rejets urbains et extraction artisanale de sable.

**2.2.3. -Oued Aissi**

L'Oued Aissi, second affluent de l'oued Sébaou, il draine les écoulements du flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura depuis la main du Juif (Thaltat) et Ath-Djemaâ (Ouadhias).

Trois secteurs hydrographiques ont retenus notre attention : assif Larbâa, assif Ouadhias et assif El Djemâa.

- **Assif Larbâa** : il constitue le principal affluent de l'Oued Aissi. Il collecte l'ensemble des écoulements en provenance du flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura depuis la main de Juif et le col de Tirourda jusqu'au lieu dit « Thakhoukhth ». Sa partie amont est connue sous le nom d'Assif n'Ath Agad et sa partie aval, d'Assif Larbâa.

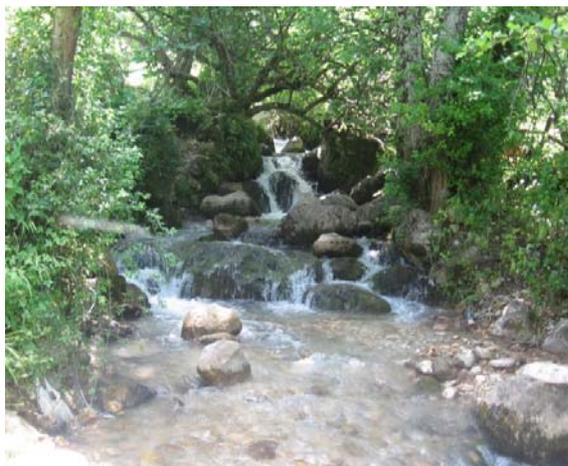
- **Assif n'Ath Agad** : torrent de montagne, prend sa source dans la main de Juif (Djbel Thaltat) à 1100 m d'altitude. Doté d'une pente de 13%, il coule en orientation sud-nord sur une distance d'environ 5 km entre 1100 et 450m d'altitude, avant de se jeter dans l'Assif Larbâa.

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : A1.

- **Station A1**

Elle est située au lieu dit «Thaânsrine » à environ 200 m en aval d'une source dite « Imi n'waman » localisée au pied de la Main du Juif.

- ❖ Altitude: 920 m ;
- ❖ Pente à la station: 10% ;
- ❖ Largeur du lit mineur: 3 à 4 m ;
- ❖ Profondeur : 25 à 30 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : très rapide ;
- ❖ Substrat: rochers, gros galets, galets, graviers ;
- ❖ Végétation bordante : strate arborescente et arbustives fournie et épineux ;
- ❖ Végétation aquatique : quelques algues.



➤ **Assif Larbâa (S.S)** : il constitue le prolongement de l'Assif n'Ath Agad à environ 1 km en amont de la ville des Ouacifs. Il coule en orientation Sud-nord sur une distance de 20 km entre 450 m et 180 m d'altitude. Sa pente moyenne est de 1,7% et la largeur de son lit dépasse par endroit 20 m.

Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : A2, A3 et A4.

- **Station A2**

Elle est localisée à 500 m en amont de la ville des Ouacifs.

- ❖ Altitude : 380 m ;
- ❖ Pente à la station : 2,5% ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 4 à 5 m ;
- ❖ Profondeur : 10 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : rapide ;
- ❖ Substrat : galets, graviers et sable ;
- ❖ Végétation bordante: strate arbustive éparse ;
- ❖ Végétation aquatique : quelques algues ;
- ❖ Perturbations anthropiques: dépôts d'ordure sur les berges.



- **Station A3**

Cette station est située à proximité d'un pont à 6 km en aval de la ville d'Ath Ouacifs

- ❖ Altitude: 300 m ;
- ❖ Pente à la station : 1,5 % ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 6 m ;
- ❖ Profondeur : 20 à 30 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : rapide à très rapide ;
- ❖ Substrat : galets, graviers et sable ;
- ❖ Végétation aquatique : débris végétaux ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente dense mais elle n'affecte pas l'ensoleillement du cours d'eau ;
- ❖ Perturbations anthropiques : rejets urbains et extraction artisanale de sable.



- **Station A4**

Elle est localisée à 4 km en amont du lieu dit «Thakhoukhth»

- ❖ Altitude : 200 m
- ❖ Pente à la station : 1,4% ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 4 à 5 m ;
- ❖ Profondeur : 10 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : moyenne à rapide ;
- ❖ Substrat : galets, graviers, sables et limons ;
- ❖ Végétation aquatique : mousses, débris végétaux et présence de macrophytes près des berges ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente assez dense ;
- ❖ Perturbations anthropiques: rejets urbains de la ville d'Ath Ouacifs et extraction artisanale de sable en amont de la station.



- **Assif Ouadhias** : second affluent de l'Oued Aissi, il prend naissance à environ 4 km en amont du village Ath Djemâa (Ouadhias). Il coule en orientation sud-ouest/nord-est sur une distance de 24 km entre 1100 m et 180 m d'altitude avant de rejoindre Assif Larbâa au lieu dit « Thakhoukhth ». Sa pente moyenne est de l'ordre de 4,5%, sa largeur peut atteindre par endroit 10 m.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : W1 et W2.

- **Station W1**

Elle est située à environ 4 km en amont du village dit « Ath Djemaâ » situé et à 25 km au sud de la ville des Ouadhias.

- ❖ Altitude : 950 m ;
- ❖ Pente à la station : 15% ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 3 m ;
- ❖ Profondeur : 10 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : moyenne à rapide ;
- ❖ Substrat : dalles, roches, galets ;
- ❖ Végétation aquatique : algues ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente et arbustive (figuiers, ulmus) ;
- ❖ Recouvrement : moyen.



- **Station W2**

Elle est localisée à environ 500 m en aval du village dit « Ath Oulhadje » situé à environ 22 km au Sud de la ville des Ouadhias.

- ❖ Altitude : 680 m ;
- ❖ Pente à la station : 13% ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 3 m ;
- ❖ Profondeur : 15 à 20 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : moyenne à rapide ;
- ❖ Substrat : roches, galets, graviers et sable ;
- ❖ Végétation aquatique : algues et macrophytes près des berges ;
- ❖ Végétation bordante: strate arbustive assez fournie.



- **Assif El Djemâa** : il prend naissance dans la région sud – ouest d'Ain El Hamman. Sa partie amont est connue sous le nom de Thahemalt–Boudhrar, sa partie aval d'Assif El Djemâa.

➤ **Thahemalt- Boudhrar** : torrent de montagne issu d'une importante source «Thahemalt-Boudhrar» à 1100 m d'altitude. Il coule en orientation sud-nord sur une distance de 3 km, entre 1100 m et 900 m d'altitude avant de se jeter dans Assif El Djemâa. Sa pente moyenne est de l'ordre de 15% et sa largeur peut atteindre à certains endroits 3 m.

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : D1.

• Station D1

Elle est localisée sur un torrent de montagne à environ 500 m en aval de la source «Thahemalt Boudhrar», localisée à 6 km au Sud d'Ain El Hammam

- ❖ Altitude : 900 m;
- ❖ Pente à la station : 10% ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 1,5 à 2m;
- ❖ Profondeur : 5 à 10 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : Rapide ;
- ❖ Substrat : galets, graviers, sable, limons et débris végétaux ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente, arbustive et lianes assez denses.
- ❖ Végétation aquatique : mousses et algues.



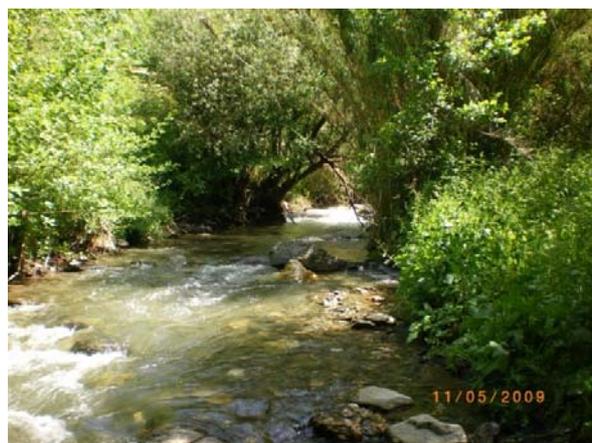
➤ **Assif El Djemâa (S.S)** : affluent de l'Oued Aissi, il reçoit l'ensemble des écoulements en provenance des ruisseaux et torrents de montagne. Il coule en orientation sud-est/nord-ouest entre 1100 m et 220 m d'altitude, sur une distance d'environ 40 km avant de se jeter dans l'oued Aissi à 200 m en aval du lieu dit « Thakhoukhth ». Sa pente moyenne est de l'ordre de 10% et la largeur de son lit peut atteindre par endroit 10m.

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : D2.

• Station D2

Elle est située à 2 km en aval du village Ath Hamsi.

- ❖ Altitude : 350 m ;
- ❖ Pente à la station : 2,5%;
- ❖ Largeur du lit mineur : 4 m;
- ❖ Profondeur : 15 à 20 m ;
- ❖ Vitesse du courant : très rapide ;
- ❖ Substrat : galets et sable;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente fournie ;
- ❖ Végétation aquatique : débris végétaux;
- ❖ Perturbations anthropiques : rejets urbains.



• **Oued Aissi (S.S)** : principal affluent de l'Oued Sébaou, il coule en orientation sud-nord, sur une distance de 20 km entre 180 m et 100m d'altitude. Il reçoit l'ensemble des affluents provenant des sous-bassins versants Assif Larbâa, Assif Ouadhias et Assif El Djemâa. Il prend naissance au lieu dit «Thakhoukhth», point de confluence des assifs Larbâa et Ouadhias. A 500 m plus en aval, il reçoit également assif El Djemâa avant de se jeter dans le barrage Taksebt. Son écoulement s'effectue sur un lit relativement plat, de pente moyenne de l'ordre de 0,4 %. Sa largeur

moyenne peut atteindre par endroit 50m. Sur son parcours, d'importants prélèvements de sable sont effectués induisant ainsi des perturbations du milieu.

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : A5.

• Station A5

Elle est située à 6 km en aval du lieu dit «Thakhoukhth»

- ❖ Altitude : 140 m ;
- ❖ Pente à la station : 0,8% ;
- ❖ Largeur du lit mineur : 6 m ;
- ❖ Profondeur : 15 à 30 cm ;
- ❖ Vitesse du courant : rapide ;
- ❖ Substrat : galets, graviers et sable ;
- ❖ Végétation bordante: strate arborescente et arbustive éparse ;
- ❖ Végétation aquatique: mousses ;
- ❖ Perturbations anthropiques : extraction de sable.



2.3.-Caractéristiques physiques des stations

2.3.1. -La pente

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

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

Les secteurs les plus pentus correspondent aux cours d'eau de montagne : alt. 1115m-900m. Les pentes varient de 10 à 20 % (secteurs des stations TR, AA, AI, O1, O2, A1 et D1).

Dans les piémonts et les basses altitudes, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau. La pente aux stations D2, A2, A3, A4, BH et FR fluctue entre 1,2% et 2,5%.

En plaine (alt. < 150 m), le profil s'approche de l'horizontal. L'eau coule sur un lit large et relativement plat de pentes moyennes de l'ordre de 0,6% : stations A5, TA et BK.

Tableau IV : Altitude, pente à la station et pente moyenne des cours d'eau étudiés.

Stations	Col Tirourda			Sous-bassin versant de l'Oued Aissi									Valée du Sébaou			
				Assif Ouadhias		Assif El' Djemâa		Assif Larbâa				Oued Aissi				
	Ruisseaux d'altitude												Oued Sébaou			
Paramètres	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Altitude(m)	1115	1080	1010	950	68	900	350	920	380	300	200	140	225	160	100	60
Pente à la station (%)	14,8	19,8	16,8	15	13	10	2,5	10	2,5	1,5	1,4	0,8	1,6	1,2	0,5	0,6

2.3.2.- Débits

Le débit est le volume d'eau en mouvement auquel peut être rattaché une quantité de matière transportée organique ou minérale, inerte ou vivante, endogène ou exogène (LAVANDIER, 1979) Il dépend de l'altitude, de la distance à la source la plus en amont, de la nature des terrains traversés, des précipitations et de la présence de neige en amont.

Le régime hydrologique des cours d'eau de Kabylie est caractérisé par de grandes fluctuations du débit. Les crues sont soudaines et violentes, les étiages prononcés. Les débits moyens annuels se caractérisent par une grande irrégularité interannuelle. Les débits les plus importants de l'année correspondent à la fonte du manteau neigeux au printemps, augmentés par les apports en pluies souvent abondantes à cette période de l'année (ABDESSELEM, 1995).

D'après LOUNACI (2005), les cours d'eau de montagne d'altitude supérieur à 1000 m présentent un régime hydrologique pluvionival de décembre à mi-avril et pluvial de mi-avril à début juin. Les fortes pluies, à l'origine des crues, augmentent la vitesse du transport des substances solides et dissoutes et beaucoup d'organismes sont alors emportés. De plus, la composition chimique des eaux se trouve ainsi modifiée. Dans les zones de piémont et de plaine, le régime hydrologique est plutôt pluvial.

Les sous bassins affluents les plus élevés subissent l'influence des étiages sévères, de juin à novembre. En basse altitude, l'étiage est plus ou moins prononcé; il ne dure que trois mois environ : de la mi-juillet à la mi-octobre.

2.3.3.- Écoulement et vitesse du courant

Les écoulements de surface représentent un facteur écologique essentiel qui agit sur la composition, la structure des biocénoses aquatiques et il exerce une influence sur le comportement, la distribution et le métabolisme des communautés.

L'écoulement 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 substrats et de la profondeur de la lame d'eau.

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

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

Les relevés de la vitesse de l'eau qui ne présentent que des valeurs indicatrices, sont portés sur le tableau V. Elles sont classées selon l'échelle de BERG :

- Vitesse très lente : inférieur à 0,1 m/s ;
- Vitesse lente : 0,1 à 0,25 m/s ;
- Vitesse moyenne : 0,25 à 0,50 m/s ;
- Vitesse rapide : 0,50 à 1 m/s ;
- Vitesse très rapide : supérieur à 1 m/s.

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

Stations	Col Tirourda			Sous-bassin versant de l'Oued Aissi									Valée du Sébaou			
	Ruisseaux d'altitude			Assif Ouadhias		Assif El-Djemâa		Assif Larbâa				Oued Aissi	Oued Sébaou			
				W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Paramètres	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Largeur du lit (m)	1,5	1,5	2	3	3	1,5	4	1	4	6	6	10	8	9	10	10
Vitesse du courant	T.R	T.R	T.R	T.R	R	T.R	R	T.R	R	R	MR	MR	MR	M	LM	L

T.R.: vitesse très rapide, R: vitesse rapide, MR : vitesse moyenne à rapide, M : vitesse moyenne, LM : vitesse lente à moyenne, L : vitesse lente.

2.3.4.- Substrat

Les cours d'eau présentent naturellement une grande diversité structurale qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitats : fonds sableux, dépôts de débris végétaux, zones rocailleuses, rochers...etc. De nombreux organismes d'eau courantes présentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leurs sont favorables. En effet, Le substrat constitue le support vital des invertébrés benthiques auquel il est intimement associé pendant une partie de leur vie

La plupart des macroinvertébrés sont spécifiques pour un type bien précis de microhabitat. Ainsi, la diversité de la communauté reflète la diversité des substrats. Tous les substrats les plus instables sont les moins colonisés. Les mousses et les végétaux sont des supports très favorables car ils servent également de nourriture et d'abris.

Les cours d'eau étudiés se caractérisent dans leur ensemble par une grande diversité structurale qui se traduit par la présence d'une grande variété d'habitats de vies et par conséquence une grande diversité faunistique. On distingue deux grands types de substrat : le substrat minéral et le substrat végétal.

▪ **Le substrat minéral** : quatre catégories de tailles sont distinguées selon le diamètre moyen des éléments fins qui les composent : galets, graviers, sables et limons. L'importance relative de chaque catégorie est estimée par un pourcentage de recouvrement des surfaces en eau, estimée par observation directe à l'échelle de la station (tableau VI).

▪ **Le substrat végétal** : il peut être utilisé comme support inerte et comme ressource trophique. Son importance au niveau d'une station est exprimée par quatre classes d'abondances : d'absente (0) à très Abondante (3).

La distribution des stations en fonction de l'altitude et de la nature du substrat montre une hétérogénéité du substratum au sein de tous les étages altitudinaux. Au niveau des sources et des stations d'altitude, le substrat est à dominance gros galets et de graviers. En revanche, dans les stations de basse altitude, il est plutôt à dominance de sable et de limons.

Tableau VI : Nature du substrat dans les stations étudiées

Stations paramètres	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Gal (%)	80	60	70	80	60	60	50	70	50	50	50	50	50	40	15	15
Gra (%)	20	30	30	20	20	20	20	30	20	15	15	15	10	10	15	15
Sab (%)	0	0	0	0	10	10	20	0	20	15	15	15	15	20	30	30
Lim (%)	0	10	0	0	10	10	10	0	10	10	10	10	15	10	10	10
MOr(%)	0	0	0	0	10	0	10	0	10	10	10	10	10	20	30	30
VA	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	3	3

Gal : galets, **Gra** : graviers **Sab** : sables, **LM** : limon, **Mor** : matières organique et **VA** : végétation aquatique (de la plus abondante : 3 à absente : 0).

2.4.- Méthodes d'étude

2.4.1.- Techniques d'échantillonnage

Le potentiel biologique est limité par la qualité de l'habitat physique formant la trame sur laquelle les communautés biologiques se développent. (SOUTHWOOD 1977).

Le choix de l'emplacement des points de prélèvement est fait en fonction de l'objectif de l'étude. Pour cela, on sélectionne en général un tronçon de cours d'eau dont la longueur est sensiblement égale à 50 m, ou bien qui représente approximativement dix fois la largeur du lit mouillé nommé la station qui est l'unité de base de l'échantillonnage.

Une description aussi complète que possible de la station devrait être réalisée, comportant les principales caractéristiques environnementales, et sera utilisée comme une aide à l'interprétation des résultats

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

Pour une station, l'échantillonnage de la faune benthique est constitué de 8 prélèvements. L'ensemble de ces prélèvements doit donner une vision de la diversité des habitats de cette station.

Si une station ne présente pas 8 types de supports différents, le nombre de prélèvements est complété à 8 par des prospections réalisées sur le support dominant mais pour des vitesses différentes. Le cumul d'échantillons prélevés sur plusieurs habitats fournit généralement une image de la communauté benthique de la station.

Les récoltes de macroinvertébrés ont été réalisées au cours de quatre campagnes entre mars et juillet 2010, période qui semble être la plus propice au développement de la faune benthique.

2.4.1.1.- Echantillonnage benthique

Le matériel biologique provient de prélèvements benthiques. Ils ont été effectués à l'aide d'un filet Surber pour le faciès lotique et d'un filet troubleau pour le faciès lentique.

- **Milieu lotique** : les prélèvements de la faune sont effectués sur des surfaces de l'ordre du $1/20^{\text{ème}}$ (25 cm x 20 cm). Ils sont réalisés dans des zones peu profondes inférieures à 40 cm. Pour chaque récolte, l'opérateur a été le même, de façon à maintenir les conditions de prélèvements aussi voisines que possible d'une série à l'autre.

L'échantillonneur de type « Surber » possède un cadre carré. Il est placé sur le fond du lit, l'ouverture du filet face au courant. Le substrat se trouvant dans la surface d'échantillonnage est lavé, récupérant ainsi les larves, les nymphes et les adultes dans le filet. Les formes solidement fixées sont détachées à l'aide d'une pince et la faune interstitielle est récupérée par raclage du fond, le courant entraîne ainsi les organismes dans le filet.

- **Milieu lentique**: dans les zones d'eau calme où se dépose les sédiments fins, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet troubleau (filet à manche) à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre. L'échantillonnage est réalisé par dragage au filet des fonds sablonneux limoneux et/ou vaseux en faisant des mouvements de va et vient sur une distance d'un mètre environ.

2.4.1.2.- Chasse d'adultes

La capture d'adultes est bien souvent utilisable pour l'identification spécifique de certains taxons difficile à séparer au stade larvaire, tels les Ephéméroptères (*Ecdyonurus*, *Rhithrogena...*), les Plécoptères (*Leuctra*, *Nemoura...*) et la plupart des Diptères. La méthode la plus couramment utilisée est la chasse à vue et à la pince.

Les insectes repérés à vue, en bordure du cours d'eau sur la végétation et sur les pierres sont capturés à l'aide d'un filet fauchoir ou bien saisis à l'aide d'une pince entomologique souple, puis recueillis dans des piluliers remplis d'alcool à 70 %.

2.4.1.3.- Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont transférés dans des sachets en matière plastique, puis fixés à l'aide d'une solution de formol à 5% sur le lieu même du prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés à chaque prélèvement.

2.4.1.4.- Tri et détermination

Cette opération consiste à extraire la faune du substrat contenu dans l'échantillon. Elle se fait au laboratoire, où les échantillons sont rincés sur une série de tamis de mailles de tailles décroissante (5 à 0,2 mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...). le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béchers de 50 CC.

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

L'unité taxonomique retenue dans ce travail est le genre à l'exception des Diptères, des Oligochètes et des Hirudinés en raison des difficultés de détermination qu'ils présentaient pour nous. Pour se faire nous nous sommes référés aux clés de détermination suivantes : TACHET *et al.* (1980, 2000); RICHOUX (1982); RIVOSECCHI (1984) et DETHIER (1985 - 1986).

2.4.2.- Méthodes d'analyse de la structure du peuplement

2.4.2.1.- Indices de diversité

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

La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (BARBAULT, 1995). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

La première étape consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir des deux variables que sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL & HILY, 2003). Ces paramètres permettent la description de la structure des peuplements.

- **Diversité brute ou richesse taxonomique**

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

- **Abondance des espèces**

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$$P_i = n_i / N$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus

- **Occurrence des espèces**

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

Elle est calculée par la formule :

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

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

P = nombre total de prélèvements

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

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

• Indice de diversité de Schannon-Weaver H'

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

L'indice de Schannon-Weaver H' (Schannon & Weaver, 1963) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression :

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

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

N = nombre total d'individus

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

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominent ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quand H' tend vers zéro (0), et est maximale quand H' tend vers ∞ .

• Indice de Margalef (Margalef, 1951)

Cet indice ne tient pas compte de l'abondance relative des taxons. Il est défini par la relation suivante :

$$\alpha = (n_i - 1) / \log N$$

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

N = nombre total d'individus

La diversité est minimale quand α tend vers zéro (0), et est maximale quand α tend vers ∞ .

2.4.2.2.- Indices de structure

- **Équitabilité** (Pielou, 1969)

Sachant que plus un peuplement est équilibré (pas de taxon largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'à l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

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

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

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

Parallèlement à l'indice de Schannon-Weaver et afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant de richesses spécifiques différentes (RAMADE, 2003), nous utilisons l'équitabilité comme le rapport :

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

H' = indice de Schannon-Weaver

S = Richesse spécifique

\log_2 = logarithme à base 2

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

2.4.2.3.- Indice biologique

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

L'IBGN repose sur l'utilisation d'une liste de 138 taxons de macroinvertébrés dont 38 indicateurs (annexe 1). Ces derniers sont classés en fonction de leur sensibilité croissante à la pollution (annexe 2), une valeur fluctuante de zéro (0) (très mauvaise qualité) à vingt (20) (très bonne qualité) est attribuée en fonction de la présence d'un taxon indicateur en suffisamment grand nombre et du nombre de taxons appartenant à la liste des 138 taxons.

L'information fournie est synthétique, et intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques des cours d'eau (VERNAUX, 1980).

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

2.4.3.- Traitement statistique des données

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

- **Analyse en composantes principales (ACP)**

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

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

L'analyse en composantes principales est très utilisée pour la description des caractéristiques physico-chimiques (CARREL *et al.*, 1986).

- **Analyse factorielle des correspondances (AFC)**

L'AFC est une méthode d'ordination couramment utilisée dans les études biologiques. Son utilisation est adaptée aux tableaux d'observations / variables qui présentent un grand nombre de zéro. Son but est de donner la meilleure représentation simultanée des groupements de variables, permettant d'obtenir une correspondance entre groupes d'espèces et groupes de stations.

L'AFC permet d'ordonner les valeurs d'un tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution (THIOULOUSE & CHASSEL, 1997). Elle consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique.

L'AFC réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe (HILL, 1974).

- **Classification ascendante hiérarchique (HAC)**

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

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

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

- **Corrélation de Pearson**

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

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre deux séries de données (HELD, 2010), il peut prendre les valeurs ' - 1 ' à ' + 1 ' :

- une valeur de + 1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante.

- une valeur de - 1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante.

- une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles.

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (BOLBAOCA & JÄNTSCHI, 2006).

2.4.4.- Logiciels de calcul

Les logiciels 'Statistica 6.4' et 'StatBox 6' ont permis de réaliser et donner les représentations graphiques des analyses multivariées de type ACP, AFC et CAH. Pour les corrélations nous avons utilisé le logiciel 'ADE-4' (Thioulouse et *al.*, 1997).

3.1.-Analyse globale de la faune benthique

Le benthos est constitué d'invertébrés vivant dans le fond des cours d'eau, ces derniers se répartissent d'une façon hétérogène en fonction de la nature du substrat, certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fousseurs. Leur distribution dépend des conditions environnementales. Ainsi, tout changement des conditions environnementales entraîne des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique.

L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés en place (CEREGHINO, 1992).

La présente étude faunistique a permis de recenser au cours des 4 campagnes de prélèvements un total de 140906 individus répartis en 14 groupes zoologiques (78 familles, 112 genres) (tableau VII).

Tableau VII: Nombre de familles et de genres par groupe zoologique

Groupe zoologique	Nombre de familles	Nombre de genres
Diptères	17	17
Ephéméroptères	6	13
Trichoptères	10	13
Coléoptères	17	38
Hétéroptères	7	7
Odonates	2	2
Plécoptères	6	9
Oligochètes	3	3
Planaires	1	1
Mollusques	4	4
Crustacés	2	2
Hirudinées	1	1
Hydracariens	1	1
Planipennes	1	1
Total	78	112

Bien que des travaux taxonomiques existent pour déterminer la faune aquatique d'Algérie, les clefs disponibles n'ont pas permis d'identifier tous les organismes. Néanmoins, toutes les larves d'insectes aquatiques ont été déterminées jusqu'au genre à l'exception des Diptères.

Sur les 112 taxa d'invertébrés benthiques, 100 taxa (soit 80,68 %) sont des insectes et 12 taxa (soit 19,32 %) appartiennent aux autres classes ou embranchements: Planaires, Oligochètes, Hirudinés, Mollusques, Crustacés et Hydracariens (tableau VIII).

Les groupes les mieux représentés sont les Diptères et les Coléoptères. Ils comptent chacun 17 familles. Viennent ensuite les Trichoptères (10 familles), les Hétéroptères (7 familles), les Plécoptères et les Ephéméroptères (6 familles), les Mollusques (4 familles), les Oligochètes (3 familles), les Crustacés et les Odonates (2 familles), les Planaires, les Hydracariens, les Hirudinées et les Planipennes (01 famille).

L'effectif du peuplement benthique montre que les Ephéméroptères et les Diptères sont nettement dominants (Figure 8). Ils représentent respectivement 35,55 % (soit 50172 individus)

et 31,25 % (soit 44125 individus) de la faune totale. Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 70 % de la faune récoltée.

Les Oligochètes, les Coléoptères, les Trichoptères, les Crustacés, les Plécoptères et les Mollusques occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 13,76 % (19391 individus), 6,02 % (8550 individus), 3,9 % (5548 individus), 3,38 % (4781 individus), 3,36 % (4759 individus) et 1,26 % (1781 individus).

Les Hydracariens, les Planaires, les Hirudines, les Hétéroptères, les Planipennes et les Odonates sont faiblement représentés. Ils constituent respectivement 1,02 % (1436 individus), 0,21 % (297 individus), 0,19 % (266 individus), 0,15 % (248 individus), 0,14 % (198 individus), 0,05 % (76 individus) de la faune totale.

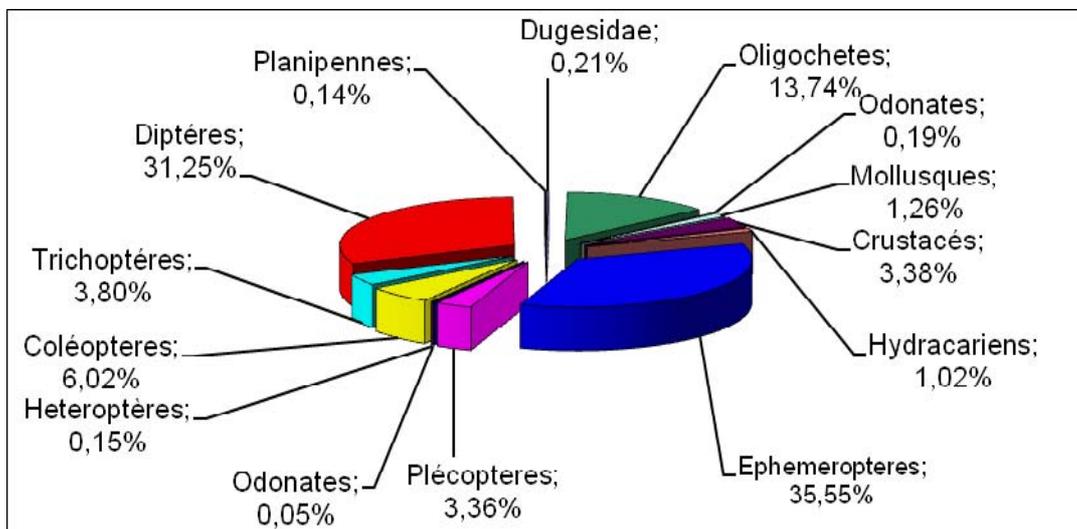


Figure 8: abondance relative des groupes faunistiques dans les cours d'eau étudiés durant les quatre campagnes d'échantillonnage

3.2.-Abondance de la faune benthique

La totalité des macroinvertébrés capturés, triés, identifiés et considérés dans nos analyses est de 140906 invertébrés. L'abondance de chaque taxon par 0,4 m² fluctue suivant les stations, variant de 3597 individus à 17641 individus (figure 9).

Les sites affectés par une légère pollution organique ont une abondance importante du fait de la prolifération des Oligochètes, des Ephéméroptères et des Diptères Chironomides et Simuliides. En effet, les stations de piémont (D2, W2, A2, A3, A4, A5) ont des abondances variant entre 10306 individus (station A2) et 17641 individus (station D2).

Les sites amont (stations TR, AA, AI, W1, A1, D1) ont une structure assez équilibrée avec des abondances variant entre 4638 individus (station AI) et 9509 individus (station A1).

Quant aux sites de basse altitude (stations BH, FR, TA, BK) les plus affectés par la pollution organique et/ou industrielle, ils ont une structure déséquilibrée avec une abondance moins importante variant entre 3597 individus (station FR) et 5736 (station BH). En effet, les perturbations observées dans les secteurs de ces stations se traduisent par une modification du substrat, et plus celui-ci s'uniformise, plus le nombre de niches écologiques diminue suivi d'une réduction du nombre d'espèces. Seules quelques espèces adaptées à ce type de milieu où des espèces ubiquistes arrivent à proliférer (Vers, Diptères Chironomides).

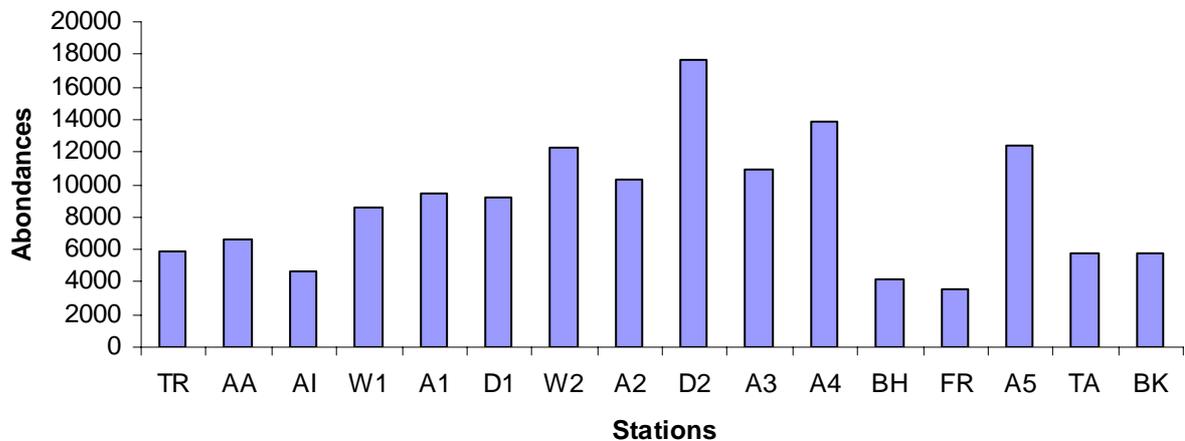


Figure 9 : Abondance de la faune globale dans les stations étudiées

3.3.-Richesse taxonomique

La région d'étude, de par son relief et sa topographie, offre une grande diversité de biotopes aquatiques. La lecture de la figure 10 et de l'annexe 3, relatifs à la richesse taxonomique stationnelle montre des fluctuations au long des cours d'eau étudiés. Le nombre de taxons varie d'une station à une autre, il fluctue entre un minimum de 30 taxons récoltés à la station BK et un maximum de 64 taxons récoltés à la station D1.

Les stations amont des cours d'eau renferment plus de 80 % de la richesse taxonomique totale. La richesse maximale est observée dans les stations D1 (64 taxons), W1 (60 taxons) et à

un degré moindre aux stations TR (55) et AA (55) situées dans l'étage montagnard, respectivement à 900 m, 950 m, 1115 m et 1080 m d'altitude. Ces stations sont caractérisées par une vitesse de courant rapide à modéré, une amplitude thermique assez faible (température minimale 3°C – 7°C , température maximale 10°C -13 ° C) et un substrat grossier à dominance de galets.

Les stations de piémont et de basse altitude enregistrent une richesse taxonomique comprise entre 38 et 48 taxons. Ces zones sont, en effet, des milieux favorables à l'installation d'une faune riche et assez diversifiée. Ce sont des secteurs à 'perturbation intermédiaire' caractérisés par un substrat hétérogène à dominance de galets, une végétation aquatique assez abondante, une vitesse de courant modérée et une température maximale de l'ordre de 26 °C. Ils hébergent les espèces du rhithral avec d'autres éléments à large répartition longitudinale et aussi les espèces remontantes en altitude, fuyant les habitats d'aval très perturbés.

Dans les stations du potamal (stations TA, BK), le nombre de taxa récolté est relativement réduit (entre 30 et 34 taxons). Ceci est dû aux températures de l'eau assez élevée ($T^{\circ} \text{max} = 32^{\circ}\text{C}$), au substrat à dominance de sable et de matière organique, et à l'impact négatif des perturbations anthropiques que subissent ces secteurs des cours d'eau.

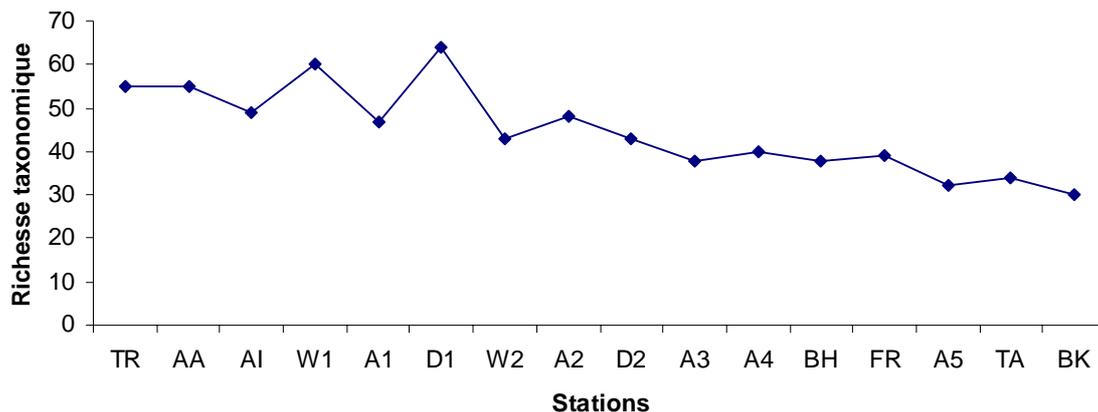


Figure 10: Richesse taxonomique des stations étudiées.

3.4.-Abondance et occurrence des taxons

Les figures 11 et 12 visualisent graphiquement l'abondance et l'occurrence des taxons récoltés dans les 16 stations. Ils peuvent être classés en 3 grands groupes.

➤ Taxons dominants: éléments très abondants, très fréquents et à large valence écologique: Ephéméroptères (*Baetis*, *Acentrella*, *Centroptilum*,), Coléoptères (*Hydraena*, *Limnius*, *Hydrophilus*), Trichoptères (*Rhyacophila*), Diptères (Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae, Limoniidae,), Oligochètes (Naididae, Tubificidae). Ils sont très courants, eurythermes et eurytopes et colonisent tous les types d'habitats indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

D'autres taxons tels que *Caenis*, *Oulimnius*, *Esolus*, Dixidae, Psychodidae, Athericidae, pourraient être également considérés à large valence écologique. Ils colonisent 10, 11 ou 12 stations. Leurs abondances maximales s'observent dans les zones de piémont et de plaine. Ils

peuvent éventuellement se développer dans les milieux d'altitude, mais seulement dans les biotopes chauds en été et riches en substrat meuble, ils augmentent ainsi leur amplitude écologique.

➤ Taxons assez fréquents et assez abondants: ce sont en général des éléments à populations plus ou moins denses qui peuvent être scindées en deux catégories. La première est composée de taxons plus ou moins alticoles tels les Plécoptères (*Protonemura*, *Leuctra*, *Capnioneura*, *Amphinemura*, *Isoperla*, *Afroperlodes*), les Ephéméroptères (*Habrophlebia*, *Ecdyonurus*), les Trichoptères (*Polycentropus*, *Ithytrichia*), les Coléoptères (*Bidessus*, *Normandia*, *Elmis*, *Dytiscus*), les Diptères (Blephariceridae), les Hétéroptères (*Mesovelina*) ... La seconde catégorie comprend des taxons plus ou moins eurythermes tels que certains Coléoptères (*Bidessus*, *Ochtebius*, *stenelmis*, *Yola*, *Peltodites*, *Yola*, *Laccobius*), Trichoptères (*Ecnomus Hydroptila*), Ephéméroptères (*Choropterpes*, *Cloeon*, *Procloeon*, *Potamanthus*), Hétéroptères (*Micronecta*)... colonisant les milieux de piémont et/ou de plaine.

➤ Taxons rares, à la fois très peu abondants et très peu fréquents: ce sont des éléments très localisés. Ils sont récoltés dans une, deux ou trois stations des cours d'eau de Kabylie. Ce sont en général les taxons de biotopes bien spécialisés: ruisseaux de sources et/ou biotopes rhéophiles de montagne. Nous pouvons citer *Nemoura*, *Brachyptera*, *Hydrometra*, *Dryops*, *Agabus*, *Hydrovatus*, *Riolus*, *Dupophilus*, *Psychomyia*, *Noterus* ...

3.5.-Diversité: Indice de Schannon et Weaver, Indice de Margalef - Equitabilité

D'après BOURNAUD & KECK (1980), l'indice de Schannon et Weaver (1949) présente l'intérêt écologique de fournir une 'indication globale de l'importance relative' des différents taxons. Nous avons calculé pour chaque station l'indice de diversité H' qui intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons.

Le rapport $E = H' / H_{max}$ correspond à l'indice de diversité relative ou d'équitabilité, H'_{max} étant la valeur maximale (égale au nombre S de taxons) que l'indice H' peut atteindre.

Quant à l'indice de Margalef, il ne tient pas compte de l'abondance relative des taxons. La diversité est considérée comme minimale quand l'indice tend vers zéro, et maximale quand l'indice tend vers ∞ .

D'une manière générale, H' et E augmentent d'une part, avec le nombre d'espèces et, d'autre part, avec la régularité de leur distribution d'abondance, autrement dit, un indice faible est une conséquence d'un faible nombre de taxons et/ou de la dominance de quelques espèces.

Les fortes variations de diversité (figure 13 et 14) reflètent des différences observées dans les profils d'abondance des taxons.

Concernant l'indice de Margalef, nous arrivons aux mêmes conclusions puisqu'il varie dans le même sens (figure 15). En effet, dans les différents peuplements, les profils de variation des indices H' , E et Margalef présentent la même allure.

Figure Abondance et Occurrence

Les valeurs de H' , de E et de l'Indice de Margalef varient respectivement entre un maximum de $H' = 4,59$, $E = 0,78$ et Margalef = 4,56 enregistrées à la station W1 et un minimum de $H' = 2,18$, $E = 0,40$ et l'indice de Margalef = 2,17 notées à la station D2.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations des cours d'eau de montagne (TR, AI, W1, D1) avec H' et Indice de Margalef > 4 , et $E > 0,7$. Ces stations présentent un peuplement bien diversifié où plusieurs taxons sont bien représentés.

Les valeurs les plus faibles sont enregistrées aux stations D2 ($H'=2,18$, $E = 0,40$, I. Margalef = 2,17) et BK ($H'= 2,40$, $E = 0,49$, I. Margalef = 2,39) et à un degré moindre aux stations W2 ($H'=2,97$, $E = 0,55$, I. Margalef = 2,95), A4 ($H'=2,83$, $E = 0,83$, I. Margalef = 2,82), et A5 ($H'=2,76$, $E=0,55$, I. Margalef = 2,75), où ils existent 3 à 4 taxons très abondants.

Aux stations AA, A1, A2, A3, BH, FR et TA, les valeurs de H' et de l'Indice de Margalef sont > 3 et $E > 0,6$ traduisant une diversité moyenne des peuplements avec cependant une bonne représentation de quelques taxons.

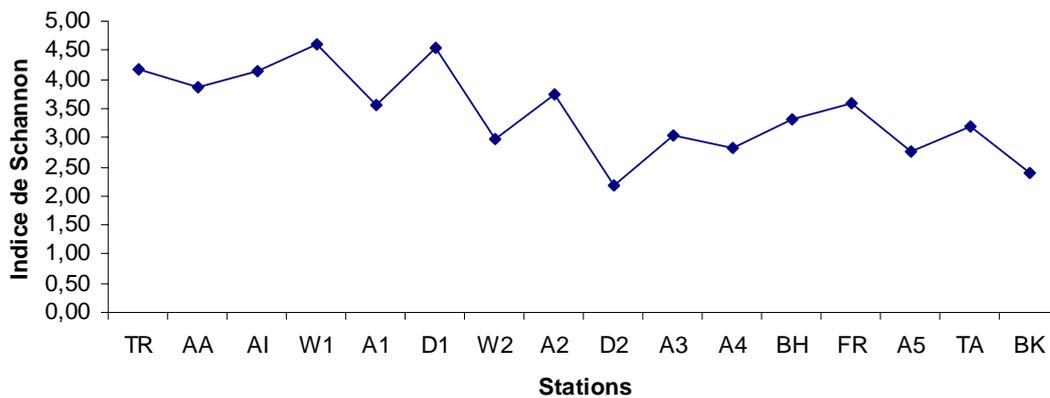


Figure 13: Indice de diversité Schannon-Weaver.

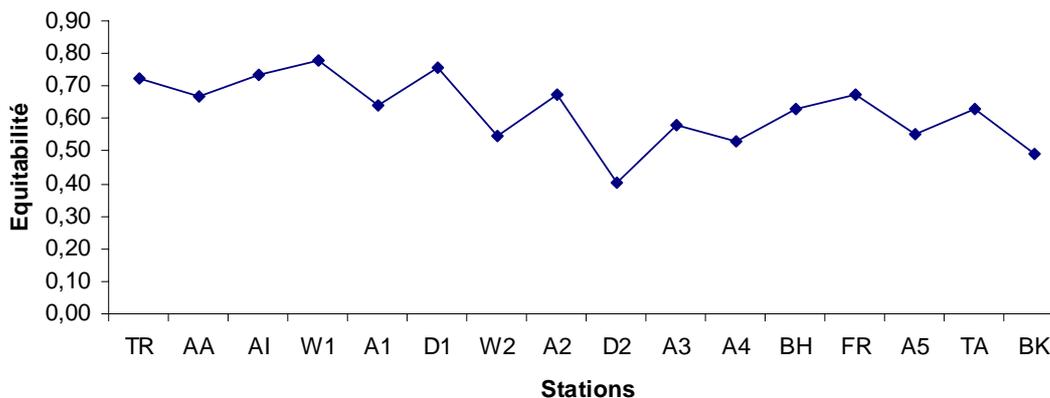


Figure 14: Equitabilité

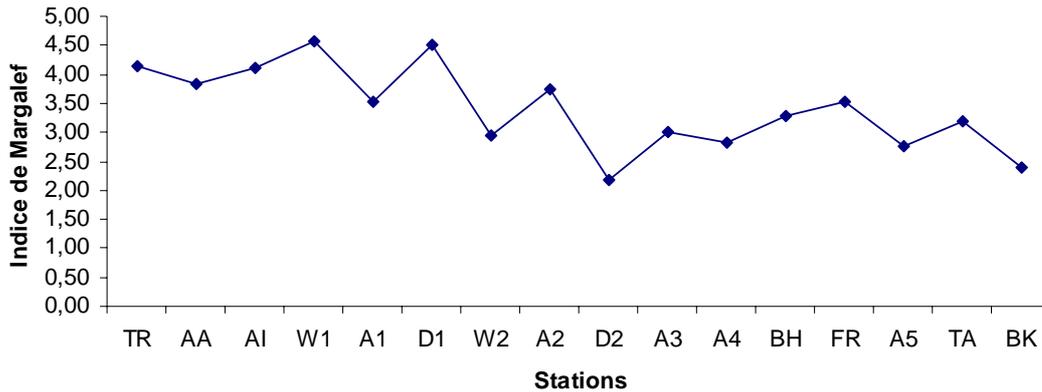


Figure 15: Indice de Margalef

3.6.- Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique

3.6.1.-Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères sont des insectes hémimétaboles qui présentent un stade ailé unique dans la classe des insectes (le subimago) qui précède le stade imaginal (WEBER et WEIDNER, 1974). Leur développement larvaire complet dure en moyenne dix à vingt jours en fonction de la température de l'eau (ELLIOT & HUMPECH, 1983). Il comprend en général de 15 à 25 mues (FINK, 1980).

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

Les Ephéméroptères constituent le groupe le mieux représenté parmi la faune benthique récoltée.

50172 individus répartis en 13 genres appartenant à 6 familles (Baetidae, Caenidae, Ephéméridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae et Potamonthidae) ont été récoltés dans les stations étudiées. Ils représentent 35,55% de la faune totale

La famille la plus abondante est celle des Baetidae, elle compte 78,85% du total des captures (39564 individus). Les Leptophlebiidae et les Caenidae occupent la seconde et la troisième place des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique. Ils constituent respectivement 11,1% (5573 individus) et 9,04% (4536 individus) de ce peuplement (figure 16)

La répartition des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (figure 17) met en évidence leur importance dans les zones de piémont et de basses altitudes (stations A2, W2, BH, FR) qui constituent les zones les plus hétérogènes. En effet ces secteurs de cours d'eau dont les habitats sont caractérisés par des températures relativement élevées et un substrat hétérogène riche en matière organique légère, offrant des conditions fortement favorables au développement d'une faune plus abondante et assez diversifiée.

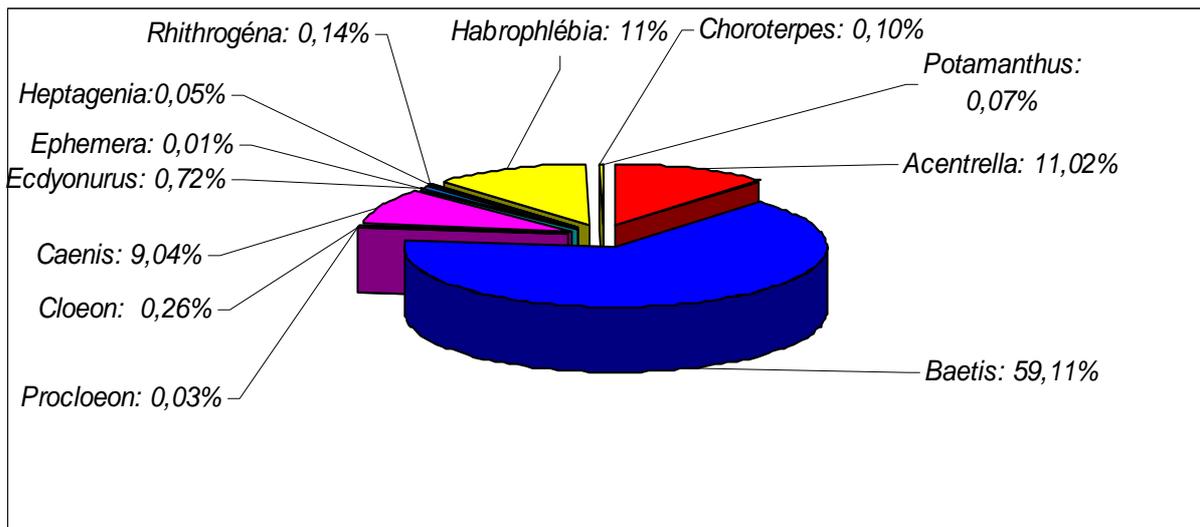


Figure 16: Abondance des Ephéméroptères dans les stations étudiées

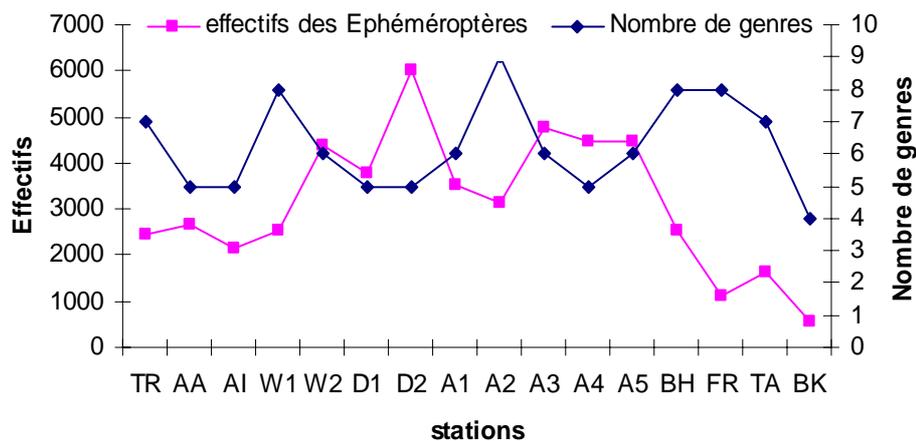


Figure 17: Distribution des Ephéméroptères dans les stations étudiées

➤ **Famille des Baetidae**

La famille des Baetidae est de loin la plus diversifiée parmi les Ephéméroptères inventoriés. Elle compte 5 genres : *Baetis*, *Acentrella*, *Centroptilum*, *Proclleon* et *Cloeon*. Ils sont relativement abondants et assez fréquents dans les cours d'eau prospectés. Ils sont considérés pour la plupart, comme des éléments à large valence écologique.

- *Baetis* a été récolté en altitude et en plaine, aussi bien dans des sections rapides que dans des sections à courant faible. C'est le genre à la fois le plus abondant et le plus fréquent dans des cours d'eau étudiés.

SOWA (1975) a noté le caractère eurytope de *Baetis*. VERNEAUX (1973) a souligné sa résistance à la pollution, précisant que les dépôts organiques fins à la base des mousses ou d'algues favorisent le développement de ses populations.

- *Acentrella* : ce genre est considéré en Europe commun, caractéristique des cours d'eau rapides de la zone de piémont. Son biotope semble être constitué par des cours d'eau de tailles variables mais à débit élevé (SARTORI, 1988). Cet élément à caractère fouisseur est, selon BELFIORE (1983), une composante typique du rhithron qui vit sur un substrat pierreux.

En Afrique du Nord, Cet élément est peu abondant en Algérie et en Tunisie, et absent au Maroc. BOUMAIZA & THOMAS (1995) le mentionnent dans les cours d'eau ombragés, à débit élevé. Ils le qualifient de rhéophile vivant de préférence sur les fonds de pierres, dans les eaux fraîches, peu oxygénées et peu minéralisées. En Kabylie, LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005) l'ont mentionné dans les cours moyens localisés entre 200m et 600m d'altitude.

Dans les cours d'eau étudiés, ce taxon présente une large répartition longitudinale. Nous l'avons récolté dans toutes les stations prospectées.

- *Centroptilum* : Ce taxon présente le même type de répartition qu'*Acentrella*. Il semble tolérer les grandes variations de température et la présence de matière organique.

- *Cloeon* et *Procloeon* : ce sont des composantes du potamon. Il s'agit, selon LOUNACI-DAOUDI (1996) et MEBARKI (2001), d'éléments rares et peu abondants, affectionnant les habitats des secteurs moyens et aval des cours d'eau.

Nos observations dans les cours d'eau étudiés vont dans le même sens. Ces deux éléments peu abondants et très peu fréquents, semblent être confinés aux milieux de basses altitude (BH, FR, TA), supportant de grandes amplitudes thermiques et la présence de matière organique.

➤ Famille des Caenidae

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

Dans le Haut-Atlas, BOUZIDI (1989) a indiqué leur présence en haute altitude avec de faibles abondances mais disparaissent des habitats à courant fort.

Dans l'ouest algérien, dans les eaux de la Tafna, GAGNEUR et THOMAS (1988), qualifient les Caenidae d'eurythermes et tolérant aux fortes minéralisations de l'eau.

Dans les cours d'eaux de Kabylie, LOUNACI (1987), AIT MOULOUD (1988), LOUNACI – DAOUDI (1996) , MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005) s'accordent à dire que

les éléments du genre *Caenis* sont eurythermes et qu'ils sont inféodés aux cours moyens et inférieurs.

Dans les cours d'eau étudiés, les Caenidae sont observés dans les milieux les plus diversifiés mais ils sont surtout abondants dans les zones lénitiques des habitats de piémont.

➤ Famille des Ephemeridae

La famille des Ephemeridae est représentée par 1 seul genre : *Ephemera*. Dans les cours d'eau prospectés, les Ephemeridae apparaissent rares (4 individus) et localisés. Nous avons noté leur présence dans une seule station (A2) à 380 m d'altitude, dans un milieu à courant moyen, coulant sur un fond de galets et de graviers.

➤ Famille des Heptageniidae

En Algérie, la famille des Heptageniidae est l'une des plus mal connues. Trois genres appartenant à cette famille ont été récoltés : *Rhithrogena*, *Ecdyonurus* et *Heptagenia*.

- *Rhithrogena* : les éléments de ce genre sont inféodés aux milieux d'eaux froides ou fraîches de montagne et de piémont. En Afrique du Nord, certaines espèces se montrent potamophiles d'eaux rapides, d'autres rhithrobiontes (THOMAS & al., 1987) et d'autres encore crénobiontes (GUIDICELLI & al., 1985).

Dans l'oued Sébaou, LOUNACI-DAOUDI (1996), LOUNACI (1987) et AIT MOULOUD (1988) signalent que les *Rhithrogena* sont caractéristiques des cours d'eau rapides et peu pollués, ils se rencontrent dans les milieux où prédominent les galets et les graviers.

Nous avons récolté ce taxon dans les stations TR, W1, A1 (stations d'altitude > 900m) et A2 (station de piémont, alt. 380 m). Il est rhéophile et se rencontre dans les milieux où prédominent les galets et une végétation bordante assez dense.

- *Ecdyonurus* : ce genre est un habitant du cours supérieur et moyen des cours d'eau. Il montre une préférence pour les eaux froides ou fraîches de montagne et de piémont. Nous l'avons récolté dans 8 stations échelonnées entre 300m et 1115m d'altitude, dans les biotopes à courant rapide à modéré et à substrat grossier et dans les habitats à granulométrie grossière.

- *Heptagenia* : le genre *Heptagenia* est une forme rhéophile et sténotherme des cours supérieurs et moyens des cours d'eau. Il a une répartition plus ou moins localisée. Rare, nous l'avons récolté dans trois stations (TR et W1, alt. > 900m et A2, alt. 380m) caractérisées par un courant rapide à modéré et un substrat à dominance de galets.

➤ Famille des Leptophlebiidae

La famille des Leptophlebiidae est représentée par deux genres : *Habrophlebia* et *Choroterpes*.

• *Habrophlebia* : le genre *Habrophlebia* présente parmi les Leptophlebiidae dans les pays circumméditerranéens les plus grandes difficultés de détermination tant aux stades larvaires qu'imaginaires (SARTORI, 1986).

Au Maroc, DAKKI & EL AGBANI (1983) et BOUZIDI & GUIDICELLI (1994) signalent que ce genre est typique des ruisseaux de sources et des cours d'eau de montagne du Moyen Atlas, du Haut Atlas, du Rif et du plateau central.

Cet élément alticole, a été rencontré dans 9 stations. Cependant, les effectifs les plus élevés sont observés dans les biotopes d'altitude (TR à 1115m ; AA à 1080m et AI à 1010m). Il est inféodé aux habitats de moyenne montagne mais semble rechercher les biotopes frais. Il représente l'exemple typique de remontée des espèces vers l'amont, parfois même aux alentours des sources, fuyant les élévations excessives des températures. Cette constatation est en accord avec les auteurs ayant travaillé sur les cours d'eau de Kabylie (LOUNACI, 1987 ; AIT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; MEBARKI, 2001 et LOUNACI, 2005).

• *Choroterpes* : ce taxon est très localisé dans les cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, il occupe une tranche altitudinale de 160 m à 380 m. Il est rhéophile et très peu abondant.

➤ Famille des Potamanthidae

Cette famille occupe les régions les plus chaudes du bassin méditerranéen. Elle est représentée avec un seul genre *potamanthus*. Selon GUIDICELLI et al. (1980), ce genre est thermophile et caractéristique de l'épipotamal.

Au Maroc, d'après DAKKI et EL AGBANI (1983) et DAKKI (1987), *Potamanthus* est un taxon rare et localisé, il peuple principalement les grandes rivières de basse altitude. Ces auteurs l'ont récolté dans l'oued Sebou entre 200 m et 400 m d'altitude. Rare et localisé, nous l'avons récolté dans trois stations (BH, FR et TA) entre 100 m et 225 m d'altitude, en eau relativement calme et à fond pierreux à dominance de sable et de matière organique.

3.6.2.-Les Diptères

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

Les larves de cet ordre d'insectes se distinguent aisément des larves d'insectes holométales aquatiques par l'absence de pattes thoraciques. Il peut y avoir des pseudopodes mais ceux-ci ne sont jamais articulés (TACHET et al., 1980).

Le matériel biologique récolté est composé de larves, de nymphes, d'exuvies et d'adultes. 44125 individus appartenant à 17 familles ont été dénombrés dans l'ensemble des stations étudiées (figure 18). Ils représentent 31,25 % de la faune totale. Ils sont abondants dans la plupart des stations mais leur répartition est hétérogène. En effet, selon MOUBALED (1986),

les éléments de ce groupe d'insecte possèdent non seulement une large distribution altitudinale, mais aussi une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués.

Les familles rencontrées dans ce groupe sont d'importance inégale. Les Chironomidae, avec 27787 individus, soit 62,97 % des Diptères et 19,72 % de la faune totale, sont de loin les plus abondants. Les Chironomidae sont très repondus dans les cours d'eau étudiés, tant dans les stations hautes que dans les stations de basse altitude.

Cette famille comprend : la sous- famille des Diamesinae dont les éléments affectionnent préférentiellement les eaux de montagne.

Les sous-familles des Tanypodinae et des Orthocladiinae, groupes les plus diversifiés , colonisent aussi bien les habitats les plus en amont que ceux de piémont et de basse altitude.

Quant à la sous-famille des chironominae, représentée par deux tribus (Chironomini et Tanytarsini) dont les représentants sont eurythermes et polluorésistants fréquentent les eaux calmes du potamal.

Les Diptères Simuliidés, organismes rhéophiles occupent la seconde place dans l'ordre des Diptères, ils constituent 26,41% (11652 individus) de ce peuplement et 8,27 % de la faune totale. Leur répartition longitudinale est très hétérogène et Leur développement semble important.

L'importance relative des éléments de ce groupe dans les zones amont des cours d'eau peut être attribuée au développement des formes torrenticoles adaptées aux courants les plus forts et à la remontée en altitude des espèces polluo-sensibles à la recherche des conditions favorables du milieu.

Dans les zones aval des cours d'eau, leur importance est en rapport avec les températures de l'eau relativement élevées, la vitesse du courant assez élevée et la présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

Les Diptères autres que les Chironomides et les Simuliides, à la taxonomie difficile, constituent un ensemble très mal connu parmi les invertébrés totalement ou partiellement aquatiques (LOUNACI, 2005). Dans nos prélèvements les autres familles de Diptères sont peu abondantes, elles ne sont représentées que par 4686 individus, soit 10,6% du total des Diptères (figure 18).

8 taxons du peuplement se révèlent fréquents, mais leurs représentativités par rapport aux précédents sont relativement moindres. C'est le cas des Ceratopogonidae (1047 individus), Limoniidae (746 individus), Stratiomyidae (458 individus), Tabanidae (308 individus), Tipulidae (236 individus), Dixidae (341 individus), Athericidae (110 individus) et les Bléphariceridae (848 individus), taxons très occurrents, assez abondants et à large répartition longitudinale.

Les autres taxons, sont pour la plupart, à la fois très peu abondants et très peu fréquents (Anthomyidae : 111 individus, Empididae : 31 individus, Ephydriidae : 65 individus). D'autres encore ont été récoltés sporadiquement dans 2 ou 3 stations des cours d'eau étudiés (Cylindrotomidae : 8 individus, Dolichopodidae : 16 individus, Ptychopteridae : 78 individus).

La distribution longitudinale de ce groupe d'insectes le long des cours d'eau étudiés (figure 19) met en évidence leur importance dans les zones de piémont. La plus grande richesse est observée aux stations D2, W2, A4 et A5 avec respectivement 13,12 10 et 8 taxons. Dans ces stations, caractérisées par un courant moyen à modéré, des températures relativement élevées, un substrat hétérogène et une pollution organique légère, nous trouvons les éléments thermophiles caractéristiques des biotopes de basse altitude, ainsi que ceux à large valence écologique.

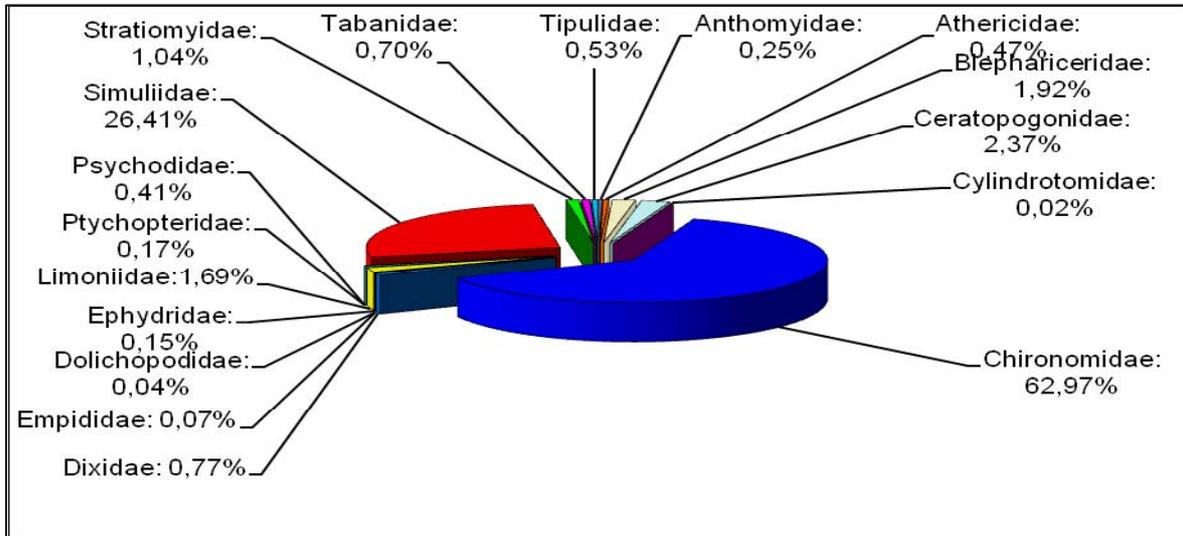


Figure 18: Abondance des Diptères dans les stations étudiées

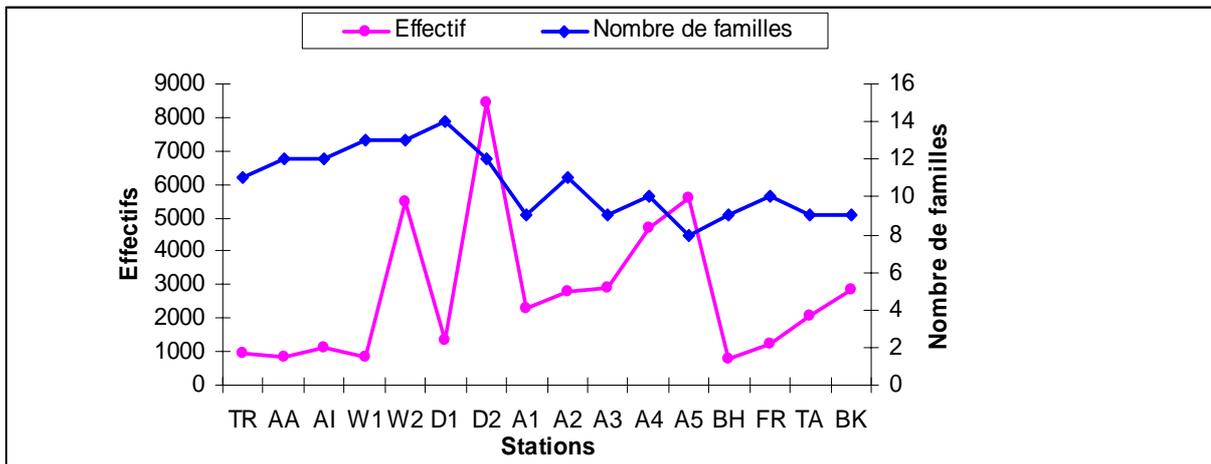


Figure 19: Distribution des Diptères dans les stations étudiées

3.6.3.-Les Plécoptères

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

Les études hydrobiologiques récentes (BOUZIDI & GUIDICELLI, 1994 ; GAGNEUR & ALIANE, 1991 ; BOUMAIZA, 1994 ; BERRAHOU *et al.*, 2001 ; LOUNACI & VINÇON, 2005) ont mis en évidence la faible diversification du peuplement des Plécoptères dans les écosystèmes lotiques d'Afrique du Nord. En effet, la plupart des familles et des genres sont pauvres en espèces. Par contre ces taxons ont une grande variété spécifique dans les cours d'eau européens. La baisse importante de cette diversité est due aux températures plus élevées qu'en Europe.

Les Plécoptères inventoriés dans ce travail sont représentés en faibles proportions comparés aux Ephéméroptères, aux Diptères, aux Coléoptères et aux Trichoptères. En effet, la prospection des seize stations nous a permis d'inventorier un total de 4759 individus soit 3,36 % de la faune totale. Ils sont répartis en six familles et neuf genres (Figure 20), et ce seulement dans les parties moyennes et supérieures des cours d'eau. De nombreuses stations de piémont et de plaine sont en effet dépourvues de Plécoptères.

La famille des Nemouridae est la mieux représentée avec trois genres (*Protonemura*, *Amphinemoura* et *Nemoura*). Elle compte 1856 individus, soit 38,99 % de la totalité des Plécoptères. Les Perlidae (*Perla*), les Leuctridae (*leuctra*) et les Perlodidae (*Afroperlodes* et *Isoperla*) avec respectivement 1435 individus (30,15%), 739 individus (15,53%) et 625 individus (13,13 %) occupent la 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} place.

Quant aux Capniidae (*Capnioneura*) et les Taeniopterygidae (*Brachyptera*), ils sont faiblement représentés : respectivement 87 individus (1,83 %) et 17 individus (0,36 %).

Le nombre de plécoptères récolté dans les cours d'eau étudiés est relativement élevé comparativement à celui des cours d'eau du Mazafran ou YASRI (2009) ne signale que 474 individus répartis en 6 genres. La même situation est observée également dans le bassin de la Tafna (GAGNEUR & ALIANE, 1991).

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

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

Nos observations vont dans le même sens, les plécoptères ont été, pour la plupart, récoltés dans les stations d'altitude supérieur à 600 m : TR, AA, AI, W1, D1, A1 et W2 (figure 21). Seuls les Nemouridae descendent jusqu'à 350 m. Les habitats de ces stations sont caractérisés par un

substrat grossier, un courant rapide et une température assez fraîche (11-14°C) ce qui confirme les caractères sténothermes et rhéophiles connus pour ce groupe d'insectes.

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

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

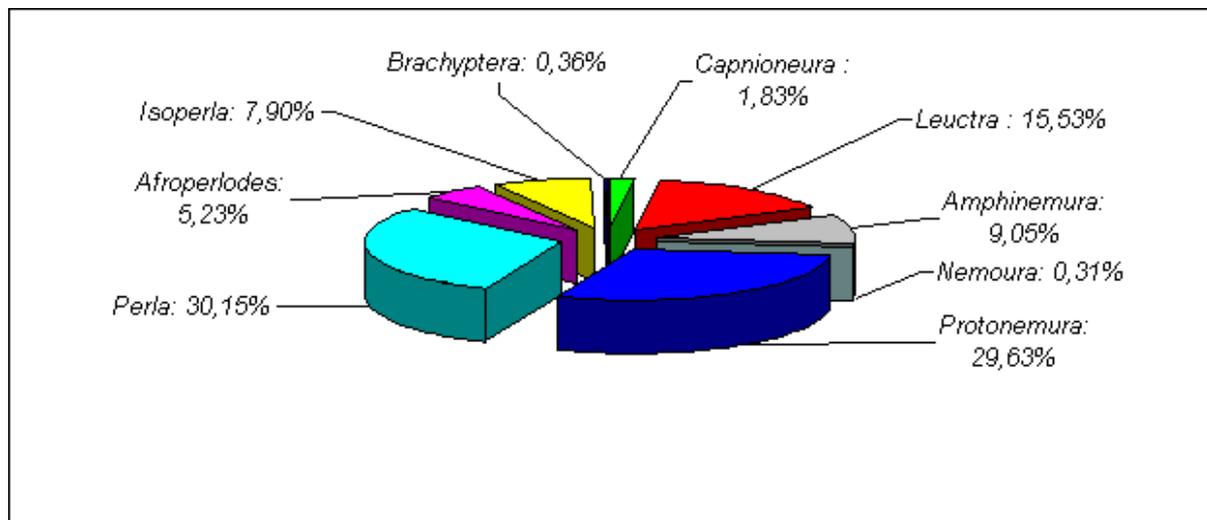


Figure20: Abondance des Plécoptères dans les stations étudiées

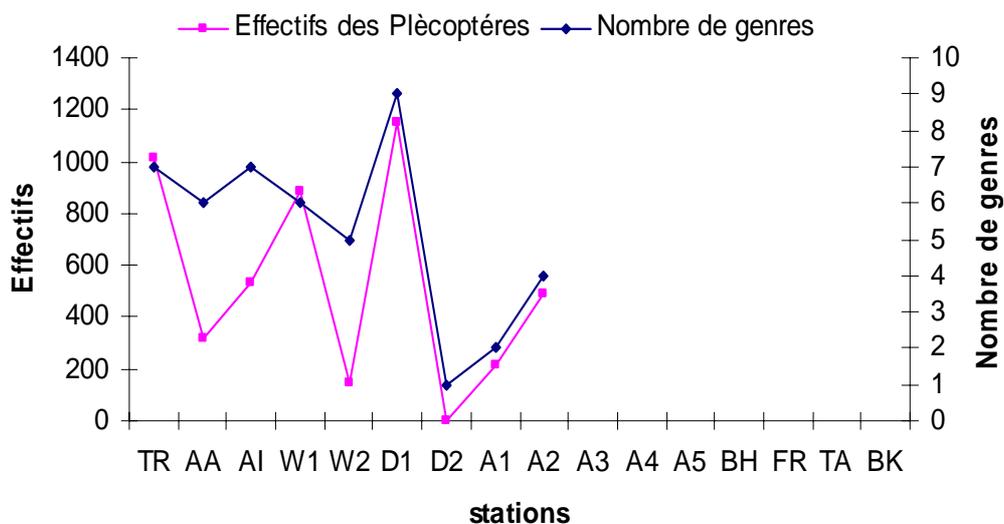


Figure 21: Distribution des Plécoptères dans les stations étudiées

➤ Famille des Capniidae

La famille des Capniidae est représentée par un seul genre : *Capnioneura*

Le genre *Capnioneura* est, selon BERTHELEMY (1973) et BOUZIDI (1989), caractéristique des petits cours d'eau de montagne.

En Algérie, d'après LOUNACI (2005) et GAGNEUR & ALIANE (1991), ce taxon est peu abondant et peu fréquent. Il se contonne dans les cours d'eau de montagne (alt. 920-1300m) non loin des sources, dans des habitats à courant rapide à modéré et à température basse ($T^{\circ} \text{max} < 16^{\circ}\text{C}$). Dans nos stations *Capnioneura* est assez fréquente mais peu abondante. Elle semble être préférente des cours d'eau à courant vif.

➤ Famille des Leuctridae

Les Leuctridae sont représentés par un seul genre : *Leuctra*.

VINÇON & PARDO (1998), MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005), s'accordent à dire que les *Leuctra* colonisent les habitats peu distants les uns des autres, caractéristiques des milieux lotiques montagnards. Cet élément est à caractère rhéophile et semble être thermophile. Il est relativement abondant et assez fréquent. Nous l'avons capturé dans 8 stations entre 380m et 1115 m d'altitude.

➤ Famille des Nemouridae

La famille des Nemouridae est la plus diversifiée parmi les Plécoptères recensés. Elle est représentée par 3 genres : *Amphinemura*, *Protonemura* et *Nemoura*.

• *Amphinemura* : En Kabylie, le genre *Amphinemura* est signalé que dans deux localités : Assif Sahel, altitude 980m (MEBARKI, 2001) et Assif n'Ath Agad, altitude 480m (LOUNACI, 2000 b). Ces auteurs le qualifient d'éléments à distribution spatio-temporelle très restreinte.

En Kabylie, MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005) ont noté sa présence entre 480 et 980m altitudes et le qualifient de taxon à distribution spatio-temporelle très restreinte.

Dans nos récoltes, *Amphinemura* est observé dans les biotopes de montagnes (TR, AA, AI W1 et D1, alt. 900-1115m) à eau fraîche ($T^{\circ}\text{max.} 14^{\circ}\text{C}$) coulant sur un substrat grossier et à végétation bordante assez dense.

• *Protoemura* : on retrouve régulièrement ce genre dans les réseaux hydrographiques des massifs montagneux : Rif, Haut-Atlas, Kabylie du Djurdjura, Kroumirie. Il est abondant et fréquent. Ses stades aquatiques sont bien caractéristiques des ruisseaux d'altitude et des torrents de montagne à large lit pierreux et à écoulement vif (LOUNACI, 2000b).

DAKKI (1987) le qualifie de taxon à large spectre écologique ; il peuple les sources aussi bien permanentes que temporaires et les rivières à hiver tempéré de moyenne et de haute altitude.

Dans les cours d'eau étudiés, cet élément est le plus fréquent et le plus abondant. Ses limites altitudinales sont moins élevées (380-1115m) qu'*Amphinemura*. Il supporte bien mieux les élévations de températures et descend par conséquent nettement plus bas dans les piémonts.

- *Nemoura* : dans les cours d'eau étudiés, ce taxon n'est connu que par 15 individus capturés dans une seule station D1 (alt. 960m) à granulométrie constituée principalement de blocs et de galets avec présence de limons sur les berges, et à eau fraîche (T° max. 13°C).

➤ Famille des Perlidae

La famille des Perlidae est représentée dans le peuplement plécoptérigique par un seul genre *Perla*. Il compte 30,15% du total des Plécoptères.

En Afrique du Nord, la présence des éléments du genre *Perla* est liée aux grands massifs montagneux. En effet, ce genre est très répondu au Maroc, assez répondu en Algérie mais rare en Tunisie (LOUNACI ; 2005, GUIDICELLI & DAKKI ; 1984, BOUZIDI ; 1989).

Dans nos stations, ce taxon est relativement abondant dans les ruisseaux de sources (stations TR, AA, AI, W1 et D1) caractérisés par un couvert végétal bordant très dense, un substrat à dominance de gros galets, un vif écoulement de l'eau et une température maximale n'excédant pas 15°C.

➤ Famille des Perlodidae

Cette famille est représentée par 2 genres : *Afroperlodes* et *Isoperla*.

- *Afroperlodes* : le genre *Afroperlodes* endémique d'Afrique du Nord. Il est connu du Maroc, de Tunisie et d'Algérie.

Les investigations entreprises dans l'oued Chouly (ALIANE, 1986) ou dans le réseau hydrographique du Sébaou (LOUNACI ; 1987, AIT MOULOUD ; 1988, LOUNACI-DAOUDI ; 1996 et MEBARKI ; 2001) ont montré la présence de ce taxon dans les parties supérieures des cours d'eaux. Il s'agit, selon ces auteurs, d'un taxon à répartition très localisée dans les eaux fraîches, très limpides et incrustantes.

Nos observations vont dans le même sens. En effet, ce taxon semble affectionner les torrents de montagne à parcours ombragé et à températures estivales de l'eau assez fraîches.

- *Isoperla* : c'est une forme montagnarde à amplitude altitudinale plus large (380m et 1115m). ce taxon est récolté dans 6 stations, entre 380m et 1115m d'altitude. Il présente une tendance sténotherme et rhithrophile.

➤ Famille des Taeniopterygidae

Cette famille est représentée par un genre : *Brachyptera*. Ce genre est qualifié de forme montagnarde à caractère rhithrophile et sténotherme d'eau froide.

En Kabylie, LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005) l'ont observé entre 900m et 1300m d'altitude dans les torrents et les ruisseaux de montagne.

Dans les cours d'eau étudiés, cet élément est rare et localisé. Nous l'avons récolté dans une seule station (D1 à 900m d'altitude), caractérisée par un courant rapide et une ripisylve assez dense.

3.6.4.-Les coléoptères

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

D'après ANGUS (1973), MOUBAYAD (1986), LOUNACI (1987) et MEBARKI (2001), la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, la température de l'eau et les potentialités trophiques sont les facteurs de répartition les plus influents sur les éléments de ce groupe d'insectes.

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

Dans le présent travail, l'ordre des Coléoptères est bien représenté et constitue le groupe le plus diversifié comparé aux Epheméroptères, aux Plécoptères et aux Trichoptères. Un total de 38 genres appartenant à 17 familles a été inventorié (figure 22).

Dans les cours d'eau étudiés, l'importance numérique des Coléoptères est relativement faible comparé aux Diptères et aux Epheméroptères. 8550 individus, soit 6,02% de la faune totale est dénombrée.

Si l'on considère la richesse taxonomique au niveau de chaque famille, les Elmidae et les Dytiscidae sont les mieux représentées. Elles regroupent à elles seules 19 genres. Elles comptent chacune respectivement 11 et 8 genres. Les autres familles sont représentées que par un ou deux genres au maximum.

L'analyse de la distribution longitudinale des Coléoptères des cours d'eau étudiés (figure 23) se traduit, dans sa globalité, par la présence d'un peuplement à caractère rhéophile. La richesse la plus élevée est observée dans les stations d'altitude (W1, TR et D1 : respectivement 16, 13 et 13 taxons) et de plaine (BH, FR : avec 13 taxons chacune). Ceci 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.

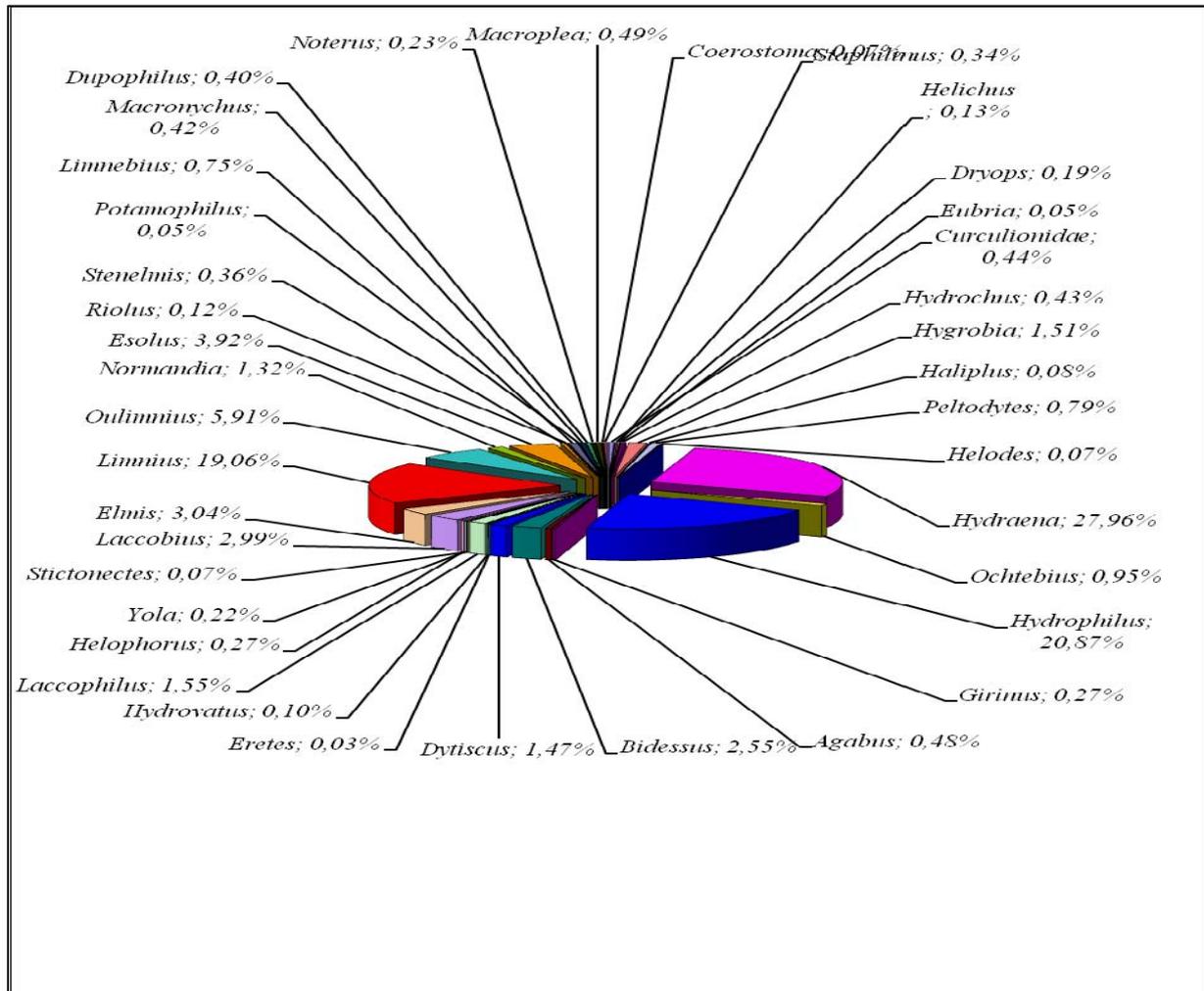


Figure 22: Abondance des Coléoptères dans les stations étudiées

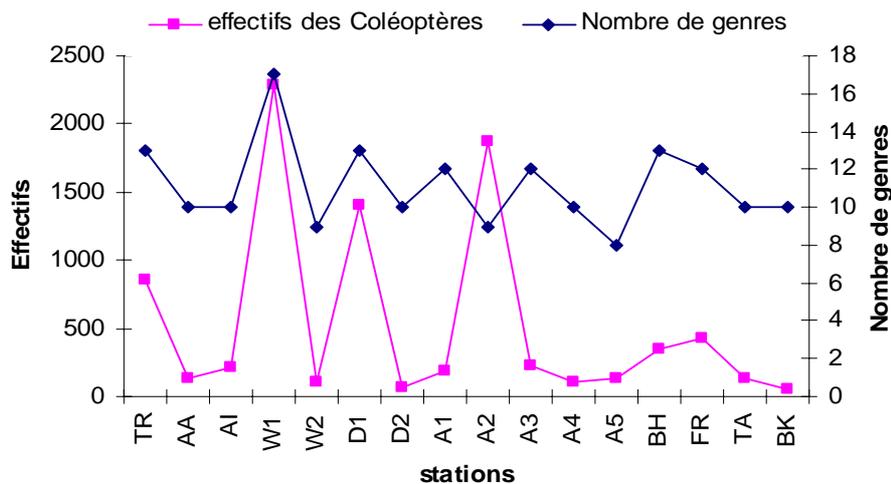


Figure 23: Distribution des coléoptères dans les stations étudiées

➤ Famille des Elmidae

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

La famille des Elmidae est la plus diversifiée des Coléoptères récoltés. Elle compte 11 genres.

- Le genre *Limnius* et à un degré moindre les genres *Oulimnius* et *Esolus* sont les taxons dominants. Ils comptent respectivement 1630 individus (19,06%), 505 individus (5,91%) et 335 individus (3,04%). Ils sont eurythermes et à répartition plus ou moins large.
- *Normandia*, taxon peu abondant mais assez fréquent peut être annexé aux éléments précédents. Il semble ne pas supporter les habitats de plaine riche en matière organique.
- *Elmis*, *Stenelmis* et *Limnebius* sont assez fréquents et peu abondants. *Elmis* est alticole. Il se contonne principalement dans les biotopes d'altitude (900- 1115m), *Limnebius* semble montrer ses préférences pour les piémonts et *stenelmis* pour les parties aval des cours d'eau.
- Les autres genres *Riolus*, *Potamophilus*, *Macronychus* et *Dupophilus* sont rares dans nos prélèvements. Ils sont peu abondants et se contonnent dans les habitats d'altitude.

➤ Famille des Dytiscidae

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

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

Dans les cours d'eau étudiés, les Dytiscidae avec 555 individus forment 6,47 % du peuplement des Coléoptères. Ils représentent la seconde famille la plus diversifiée (8 taxons) parmi l'ordre des Coléoptères (figure 22).

Les genres *Bidessus*, *Dytiscus* et *Laccophilus* sont assez abondants et assez fréquents parmi les Dytiscidae : respectivement 218 individus, 126 individus et 133 individus.

Bidessus, élément connu par son eurythermie, colonise essentiellement les milieux de basse altitude (piémont et plaine) ce qui met en évidence son caractère potamobionte. *Dytiscus* montre de fortes préférences pour les parties supérieures des cours d'eau. *Laccophilus* est inféodé aux habitats de piémont.

Les autres Dytiscidae sont localisés (très peu abondants et très peu fréquents). Ils peuvent éventuellement caractériser une portion des cours d'eau étudiés tels que *Agabus* et *Hydrovatus* qui paraissent être inféodés aux biotopes d'altitude (stations W1 et D1) et *Yola* aux stations de piémont.

➤ Famille des Hydraenidae

Les Hydraenidae sont généralement rhéophiles, peuplant les milieux à faciès lotique. Ils occupent les biotopes les plus diversifiés, aussi bien les eaux froides que les eaux chaudes de basse altitude et de plaine. La prédominance des Hydraenidae en haute altitude a été déjà établie par BERTHELEMY (1966) qui a clairement montré l'augmentation de ces communautés avec l'altitude.

Dans les cours d'eau étudiés, la famille des Hydraenidae est représentée par 2 genres : *Hydraena* et *Ochtebius*.

Selon LOUNACI (2005), les *Hydraena* sont eurythermes et à large valence écologique. Nos observations vont dans le même sens. Les éléments récoltés sont très fréquents et très abondants. Ils sont rencontrés tout au long des cours d'eau étudiés.

Quant à *Ochtebius*, il est moins fréquent et moins abondant. Sa répartition semble se limiter aux biotopes chauds de basses altitudes et de plaine (alt. 60m - 225m).

➤ Famille des Haliplidae

Cette famille est représentée par 2 genres : *Halipilus* et *Peltodytes*.

Les deux taxons récoltés sont très peu abondants et très peu fréquents. Ils sont thermophiles et limnophiles. Ils ne sont présents que dans les stations de plaines et de basses altitudes (BH, FR, TA, BK) en faciès lentique, riche en végétation aquatique (macrophyte et algue), à courant lent coulant sur un substratum à granulométrie fine (sable, limon, vase).

➤ Famille des hydrophilidae

Les Hydrophilidae sont représentés avec un seul genre *Hydrophilus*. Il est très fréquent et très abondant. Il se rencontre tout au long des cours d'eau étudiés. Il est eurytherme et à large valence écologique.

➤ Autres familles

Les Familles des Curculionidae, Eubridae, Hydrochidae, Hygrobiidae, Noteridae, Chrysomélidae, Gyridae, Helodidae, Helophoridae et des Hygrobiidae sont représentés avec 1 seul genre chacune. Les Staphilinidae et les Dryopidae le sont plutôt avec 2 genres.

La plupart des taxons sont très peu fréquents et très peu abondants dans les cours d'eau étudiés. Leur répartition est certainement incomplète. Certains sont récoltés en de rares exemplaires dans une ou deux stations (Cas des *Noterus*, *Coerostoma*, *Eubria*, *Helodes*...),

d'autres sont à distribution fragmentée (cas d'*Hydrochus*, *Macrolea*...). Ainsi, nous ne pouvons pas attribuer à ces taxons une situation définie dans leur répartition le long des cours d'eau.

3.6.5.- Les Trichoptères

Les Trichoptères des cours d'eau étudiés sont relativement peu fréquents et peu abondants par rapport aux Coléoptères et aux Ephéméroptères. Nous avons récoltés 5548 individus, soit 3,91 % de la faune totale, repartis en 10 familles et 13 genres d'inégale abondance.

Les Trichoptères récoltés sont essentiellement représentés par les Hydropsychidae (*Hydropsyche*) : 3370 individus, soit 60,74 % du peuplement, et à un degré moindre par les Rhyacophilidae (*Rhyacophila*) : 815 individus, soit 14,69 % , les Hydroptilidae (*Ecnomus*, *Hydroptila*, *Ithytrichia*) : 680 individus, soit 12,26 %: les Glossosomatidae (*Glossosoma* et *Agapetus*) : 225 individus, soit 4,05 %, les Brachycentridae (*Micrasema*) : 119 individus, soit 2,14 %, les Psychomyiidae (*Psychomyia*) : 113 individus, soit 2,04 %, les polycentropodidae (*polycentropus*) : 103 individus, soit 1,86 % du total des Trichoptères. Les autres familles ont une faible importance numérique ; les Sericostomatidae (*Sericostoma*) : 22 individus, soit 0,39 %, les Phryganeidae (*Trichstegia*) : 14 individus, soit 0,25 % (Figure 24).

La distribution longitudinale le long des cours d'eau étudiés met en évidence l'importance de cet ordre aux stations W1, A1 et D1 (altitude > 900m) : cours d'eau de montagne à couvert végétal assez dense, à courant moyen à rapide, à température relativement basses ($T < 11^{\circ}\text{C}$) et à substrat grossier riche en débris végétaux (figure 25). En deçà de cette altitude le nombre de taxa diminue. En effet les stations de piémont et de plaine n'hébergent qu'un nombre réduit d'éléments de ce groupe d'insectes (inférieurs ou égal à 4), cela vraisemblablement en raison de la réduction ou l'intermittence du débit, de la vitesse du courant, de l'élévation de la température estivale et des perturbations anthropiques des milieux en aval.

En effet, les éléments de ce groupe d'insectes sont considérés par de nombreux auteurs, comme légèrement polluo-résistants et très aptes à recoloniser un substrat en grande partie déserté par les espèces fragiles.

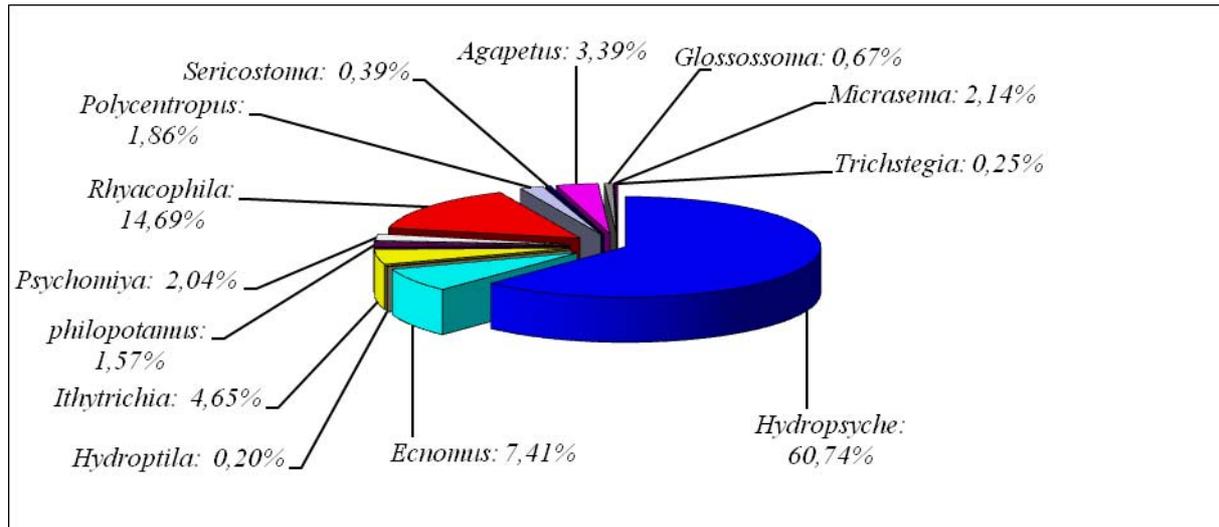


Figure 24: Abondance des Trichoptères dans les stations étudiées

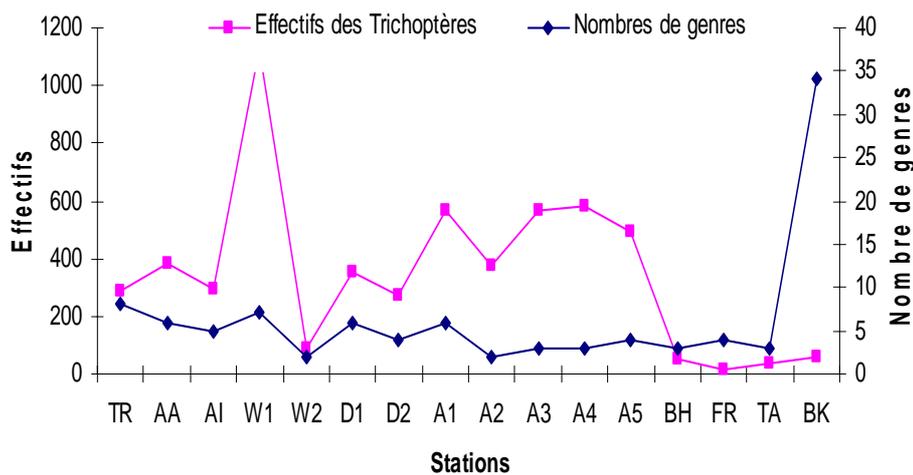


Figure 25: Distribution des Trichoptères dans les stations étudiées

➤ **Famille des Hydropsychidae**

La famille des Hydropsychidae est largement dominante avec 60,74% du total des Trichoptères. Elle est représentée avec 1 genre : *Hydropsyche*.

Hydropsyche est le Trichoptère le plus abondant et le plus fréquent des cours d'eau d'Algérie (LOUNACI, 2005). Eurytherme, ce taxon présente une large répartition altitudinale. Nous l'avons récolté dans toutes les stations, aussi bien dans les secteurs des cours d'eau rapides que dans les secteurs à courant faible. Eurytope, il colonise tous les types de biotopes.

➤ Famille des Hydroptilidae

Les Hydroptilidae sont abondants et variés dans les cours d'eau méditerranéens. Leur importance, est fonction du développement des algues filamenteuses dont se nourrissent les larves DECAMPS (1968), s'accroît dans les cours d'eau les plus chauds (GUIDICELLI et al., 1985).

Dans les cours d'eau étudiés, cette famille est représentée par 3 genres : *Ecnomus*, *Hydroptila* et *Ithytrichia*.

Ecnomus et *Hydroptila* sont des taxons thermophiles, assez fréquents dans les stations de basse altitude et de plaine.

Ecnomus est récolté dans 7 stations. Il montre une nette préférence pour les zones de piémont. Quant à *Hydroptila*, il est très peu abondant, il présente une distribution limitée aux stations de plaine (FR, TA, BK). Il supporte bien mieux les élévations de températures et la présence de pollution organique.

Les *Ithytrichia* sont plutôt rhéophiles et peuvent également être qualifiés de rhithrophiles. Ils montrent une nette préférence pour les habitats d'altitude.

Dans les cours d'eau étudiés, *Ithytrichia* est observé dans 5 stations entre 900 m et 1115 m d'altitude dans des habitats à fond pierreux ou l'écoulement de l'eau est vif et les eaux constamment fraîches.

➤ Famille des Rhyacophilidae

Cette famille est représentée par un seul genre *Rhyacophila*. Ce taxon est largement réparti dans tous les cours d'eau étudiés. Eurytherme et eurytope, il se rencontre tout au long des cours d'eau, mais prédomine nettement dans les stations d'altitude.

➤ Famille des Glossosomatidae

Les deux genres qui représentent cette famille sont *Agapetus* et *Glossosoma*. Ces deux taxons sont des formes montagnardes, ils sont rhithrophiles et à tendance sténotherme d'eau froide. Ils montrent une nette préférence pour les ruisseaux relativement froids de moyenne montagne à ripisylve assez dense.

➤ Autres familles

Les philopotamidae, les psychomiidae, les Plycentropodidae, les sericostomatidae, les Brachycentridae et les Phryganeidae, sont représentées par un seul taxon chacune. Elles sont très peu fréquentes et peu abondantes. Elles sont pour la plupart des formes torrenticoles, sténothermes d'eaux froides et préférantes des parties supérieures des cours d'eau.

3.6.6.- Les Hétéroptères

Les Hétéroptères aquatiques se rencontrent pratiquement en toute saison. A l'état adulte, ils hibernent et reprennent leur activité dès que la température s'adoucit. Chaque espèce a ses propres exigences écologiques. Selon POISSON (1957), Ils peuplent divers biotopes des milieux

aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières; ils s'observent surtout sur les rives des cours d'eau.

DETHIER (1985-1986), signale que les Hétéroptères aquatiques sont avant tout des Insectes d'eau stagnante. En eau courante, ils colonisent les zones lénitiques ou les biotopes abrités du courant. La nature des rives (cailloux, vase, sable et végétation) joue un rôle important dans la biologie et l'écologie des éléments de ce groupe d'insectes.

Le matériel biologique récolté est faiblement représenté. 248 individus, soit 0,15% de la faune benthique totale appartenant à sept familles et à sept genres ont été dénombrés (figure 26) : Corixidae (*Micronecta*) ; 75 individus, Mesovellidae (*Mesovelia*) ; 63 individus, Hebridae (*Hebrus*) ; 41 individus, Gerridae (*Gerris*) ; 35 individus, Aphelocheiridae (*Aphelocheirus*) ; 27 individus, Hydrometridae (*Hydrometra*) ; 12 individus et Naucoridae (*Naucoris*) ; 3 individus. Il est à noter que plusieurs stations en sont dépourvues.

La plupart des éléments de ce groupe sont observés surtout dans les stations de montagne et de piémont (figure 27). Ce sont pour la plupart, des formes rhitrobiontes inféodées aux habitats abrités du courant. Quant aux formes potamophiles, elles vivent dans les faciès à eau calme.

La répartition des Hétéroptères dans les cours d'eau étudiés est certainement incomplète. Certains sont récoltés en de rares exemplaires dans une ou deux stations, cas de *Naucoris* et *Hydrometra*, d'autres sont à distribution fragmentée : *Micronecta*, *Aphelocheirus*....

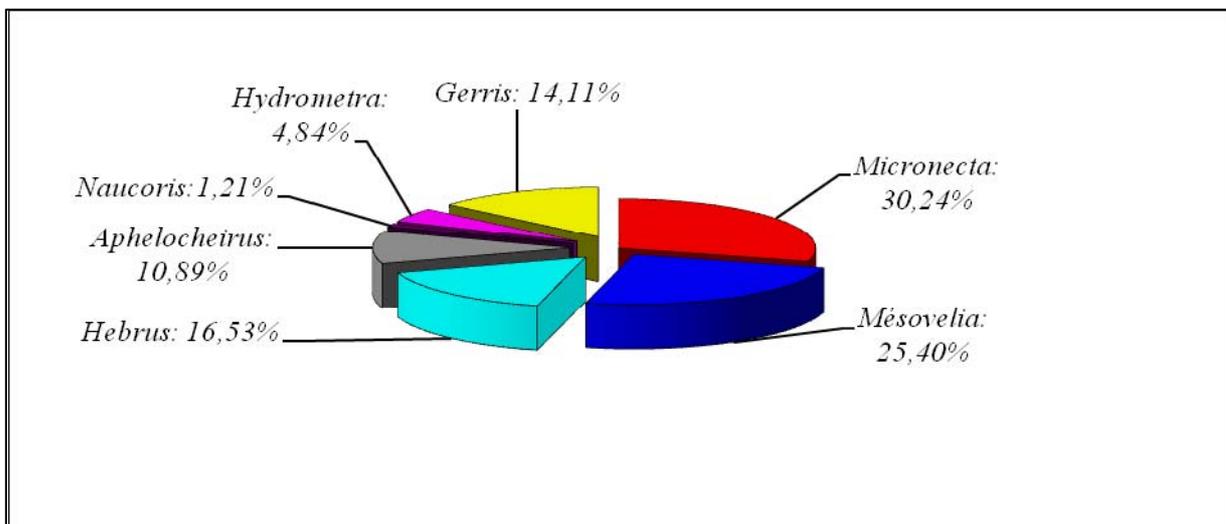


Figure 26 : Abondance des Hétéroptères dans les stations étudiées.

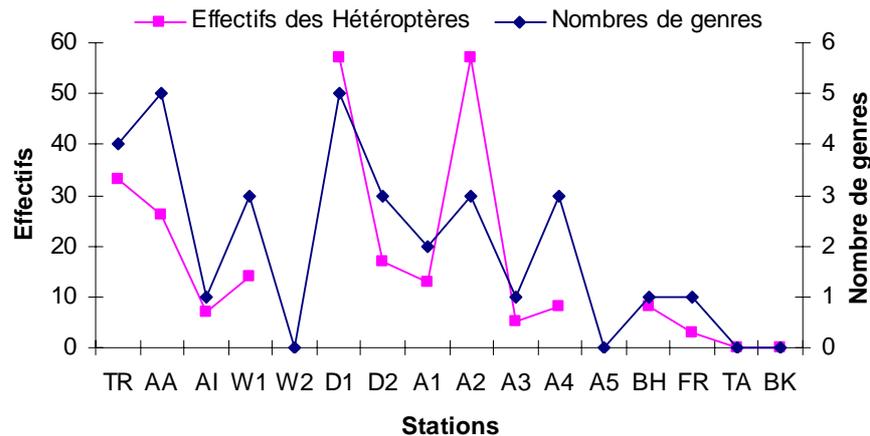


Figure27: Distribution des Hétéroptères dans les stations étudiées

➤ Famille des Corixidae

Les Corixidae est l'une des familles qui renferme le plus grand nombre de genres et d'espèces. Ils sont dans leur majorité des prédateurs. Certains éléments sont détritviores ou consommateurs d'algues microscopiques (TACHET *et al.*, 2000).

Les Corixidae se rencontrent dans les eaux calmes et en bordure des cours d'eau peu rapides, riches en macrophytes et en algues (TEBIBEL, 1991 ; POISSON, 1938).

Dans les cours d'eau étudiés, cette famille est représentée par un seul genre: *Micronecta*. Il est très peu abondant et très peu fréquent ; nous l'avons récolté dans 6 stations échelonnées entre 160 m et 900 m d'altitude avec de faibles effectifs dans des habitats proches des rives.

➤ Famille des Gerridae

D'après DETHIER (1985-1986), les Gerridae se rencontrent dans divers types d'eaux stagnantes : mares temporaires, marécages, étang, lacs; certains fréquentent les faciès lentiques des eaux courantes.

Dans nos récoltes, la famille des Gerridae est représentée par le genre *Gerris*. Il représente 14,11 % de l'abondance totale des Hétéroptères (35 individus). Il est peu occurrent et très peu abondant. Il est noté dans 6 stations, dans les sections d'eau calme ou peu courante.

➤ Famille des Hebridae

Selon HOBERLANDT (1948) ; les Hebrides sont des eurythermes qui se rencontrent dans des sections de montagne et de plaine.

La famille des Hebridae est représentée par un seul genre : *Hebrus*. Il est très peu abondant et très peu occurrent (41 individus). Sa répartition se limite aux biotopes des ruisseaux d'altitude (stations : TR, AA, W1 et D1).

➤ **Famille des Hydrometridae**

La famille des Hydrometridae est représentée par un seul genre : *Hydrometra*. Ce taxon se contonne dans les biotopes à courant faible, parfois bordés de végétation au niveau des bords des cours d'eau, sur les rives et parmi la végétation flottante (TEBBIBEL, 1991 ; MEBARKI, 2001 ; MOUBAYED, 1986).

Dans nos captures, *Hydrometra* est très localisé (stations TR et AA). Il est récolté avec de très faibles effectifs (12 individus).

➤ **Famille des Mesoveliidae**

Les Mesoveliidae sont représentés par le genre *Mesovelina*. Ils sont peu fréquents et peu abondants (63 individus soit 25,4% des Hétéroptères ont été recensés).

D'après GHAUTHIER (1928), Les Mesoveliidae se rencontrent dans les biotopes rivulaires riches en végétation bordière et le plus souvent sur les feuilles flottantes des plantes aquatiques (nénuphars, potamots).

Dans les cours d'eau étudiés, le genre *Mesovelina* est assez fréquent mais peu abondant. Nous l'avons récolté dans 7 stations entre 350m et 1115m d'altitude avec de faibles effectifs.

➤ **Famille des Aphelocheiridae**

La famille des Aphelocheiridae est représentée par le genre *Aphelocheirus*. Ce taxon est assez fréquent mais très peu abondant, nous l'avons récolté dans 6 stations (entre 200m et 1080m d'altitude). Ce taxon semble être une forme de montagne et de piémont.

➤ **Famille des Naucoridae**

La famille des Naucoridae est très rare dans nos prélèvements. Elle n'est connue que par 3 individus (appartenant au genre : *Naucoris*) provenant d'une seule station d'altitude (W1, alt. 950m).

3.6.7.- Les Odonates

Selon AGUESSE (1968), les Odonates ne sont pas seulement des indicateurs de la nature d'un milieu aquatique mais aussi un indicateur de sa richesse en faune aquatique. Leur diversité est fonction du régime thermique et de l'ombrage qui jouerait un rôle de facteurs limitants. Il leur attribue comme habitat, les eaux à écoulement lent et assez fraîches.

MOUBAYED (1986), signale que les densités et la diversité des Odonates sont sous l'action combinée du couvert végétal, du courant modéré et du substrat grossier, ou aux macrophytes de bordure, au courant lent et au substrat meuble.

Dans les cours d'eau étudiés, l'abondance des odonates est très faible : 76 individus seulement (soit 0,05% de la faune totale ont été récoltés). Ils appartiennent à deux familles et deux genres : les Gomphidae (*Gomphus*) avec 44 individus et les Aeschnidae (*Boyeria*) avec 32 individus (Figure 28).

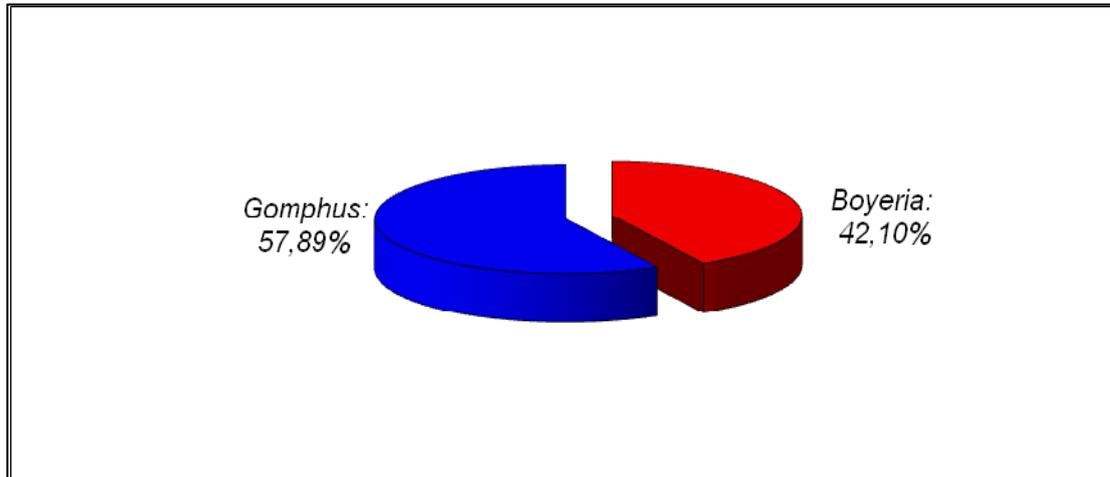


Figure 28: Abondance des Odonates s dans les stations étudiées

Les Odonates sont bien connus des milieux semi-lentiques ou lentiques. Certaines espèces se développent dans les eaux presque stagnantes ou les parcours à courant très lent, ce qui expliquerait leur rareté dans les cours d'eau étudiés :

- *Boyeria* présente une distribution limitée aux stations d'altitudes. Nous l'avons récolté dans 6 stations entre 680m et 1115m d'altitude avec de très faibles effectifs dans des habitats proches des rives, mais on ne le rencontre jamais dans le cours axiale, au vue de nos récoltes.
- Quant à *Gomphus*, il montre une préférence pour les cours d'eau de piémont et de plaine. Il est observé dans 5 stations en bordure d'eau dans les milieux lentiques.

3.6.8.- Les Planipennes

Les Planipennes, avec 198 individus (soit 0,14 % de la faune totale), sont représentés, par une seule famille (Neurorthidae) et un seul genre (*Neurorthus*).

La distribution longitudinale de ce taxon le long des cours d'eau étudiés montre qu'il semble être confiné aux habitats des sources d'altitudes (900m - 1115m) (figure 29).

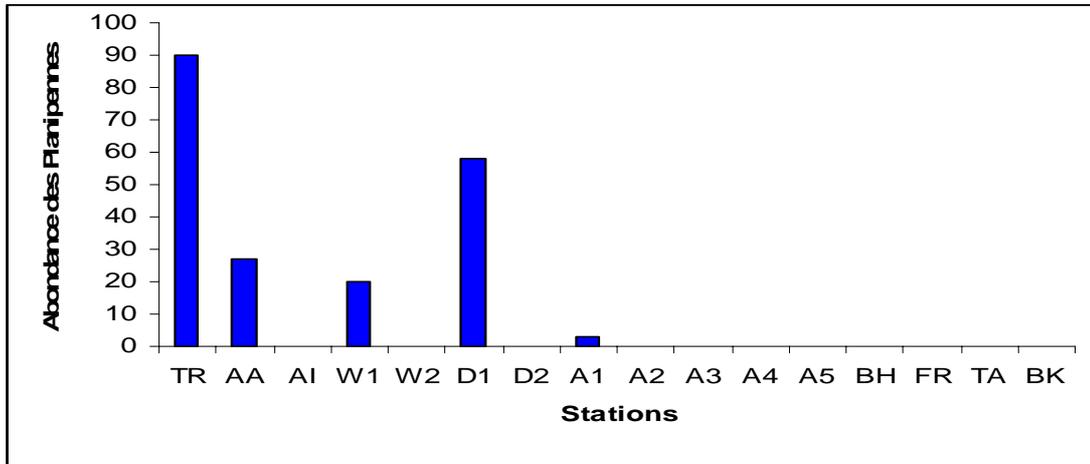


Figure 29: Répartition des Planipennes dans les stations étudiées

3.6.9.- Les Planaires

Les Planaires sont très peu abondants dans nos prélèvements : 297 individus. Ils sont représentés par une seule famille Dugesidae et un genre *dugesia*,

Nous avons récolté ce Dugesidae dans 4 stations échelonnées entre 140 et 380m d'altitude. Il peuple préférentiellement les habitats de piémont, et il semble ne pas supporter le réchauffement de la basse vallée et disparaît rapidement à partir de la station BH (figure 30).

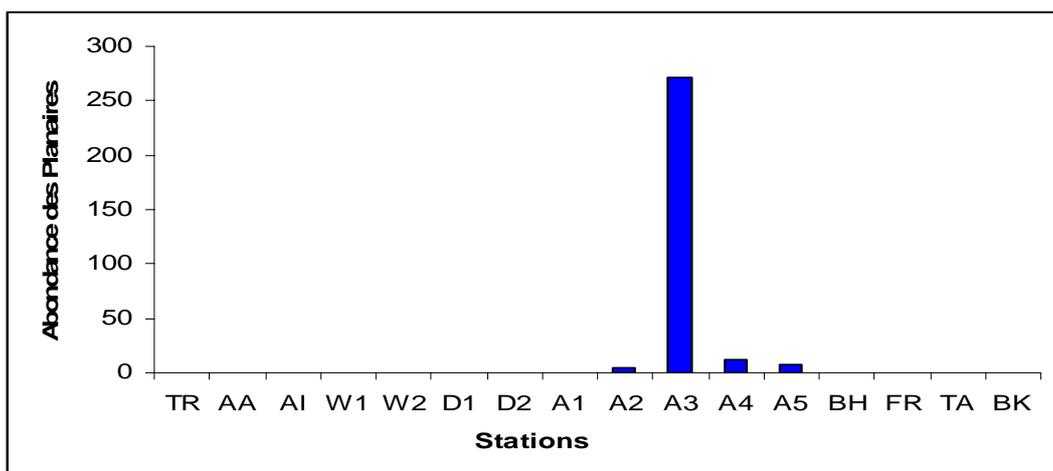


Figure 30: Répartition des Planaires dans les stations étudiées.

3.6.10.- Les Oligochètes

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

Dans les cours d'eau étudiés, les éléments de ce groupe sont représentés par 19391 individus, soit 13,76 % de la faune totale. Ils appartiennent à trois familles : les Naididae, Tubificidae et les Lumbricidae (Figure 31).

Dans ce groupe d'invertébrés, les Naididae sont largement dominants. Avec 15243 individus, ils constituent 78,61% des vers (10,81% de la faune totale). Les Tubificidae, avec 3873 individus, forment 19,97% du peuplement. Les Lumbricidae sont faiblement représentés. Ils ne constituent que 1,42% (275 individus) des Oligochètes.

La figure 32 montre que les Oligochètes présentent un développement très important de leurs populations au niveau des stations de piémont et de basse altitude. Ce développement est vraisemblablement lié aux températures élevées et à la présence de matière organique, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

En effet, Les Oligochètes abondent les portions des cours d'eau à fond meuble (sable, limons, détritiques organiques) riches en végétations aquatiques. En effet, l'augmentation massive des ces populations dans les eaux riches en matières organiques a été souvent mentionnée (ECHAUBARD & NEVEU, 1975 ; TOURENQ, 1975). De plus LAFONT (1983) signale que les régimes alimentaires des Oligochètes sont variés. Ils se composent d'algues, de détritiques organiques et de bactéries

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

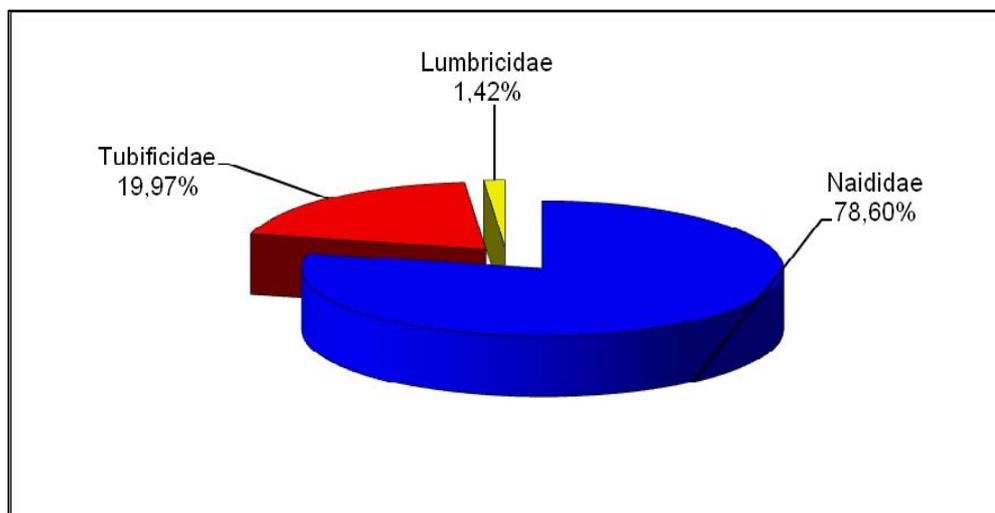


Figure 31: Abondance des Oligochètes dans les stations étudiées

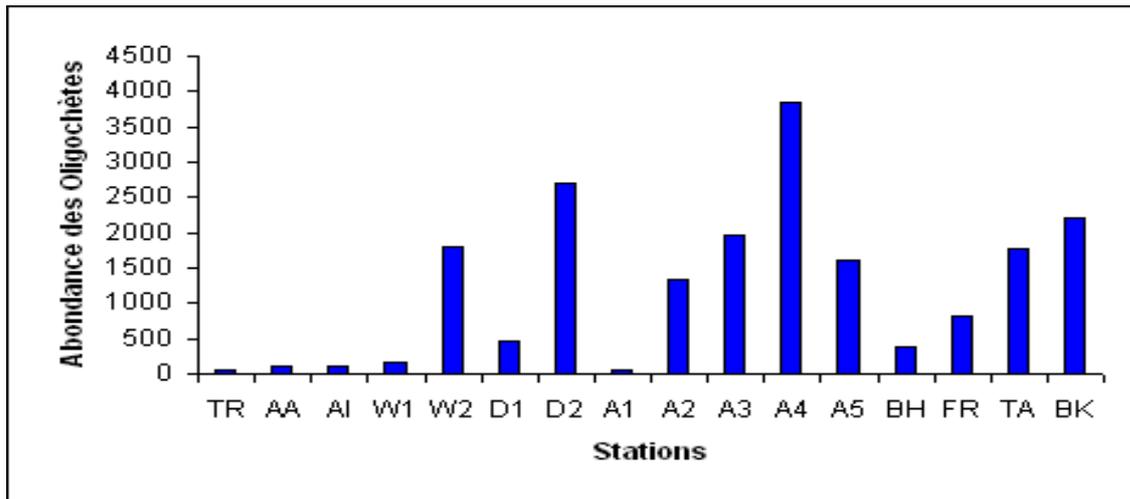


Figure 32: Répartition des Oligochètes dans les stations étudiées

3.6.11.- Les Mollusques

D'après la littérature, les Mollusques ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental. La teneur en calcium, la nature du substrat, la nature de la végétation et de la litière, la vitesse du courant sont les facteurs prépondérants sur la prolifération et la répartition des Mollusques dans les eaux continentales.

Dans les cours d'eau étudiés, 1781 individus (soit 1,26 % de la faune totale) appartenant à 4 familles et 4 genres ont été récoltés : Ancyliidae (*Ancylus*), Physidae (*Physa*), Bythinellidae (*Bythinella*) et Planorbidae (*Anisus*) (figure 33).

Les ancyliidae sont largement dominants. Ils comptent 1481 individus (83,15% des Mollusques). Les autres familles : Bythinellidae (80 individus, 4,49%), Planorbidae (50 individus, 2,81%), Physidae (170 individus, 9,54%) ont une faible importance numérique.

Leur répartition longitudinale est très hétérogène (figure 34). Leur développement semble plus important dans les zones amont des cours d'eau. Ce fait peut être attribué au développement des formes torrenticoles adaptées aux courants les plus forts, tels que : *Ancylus* et *Bythinella*

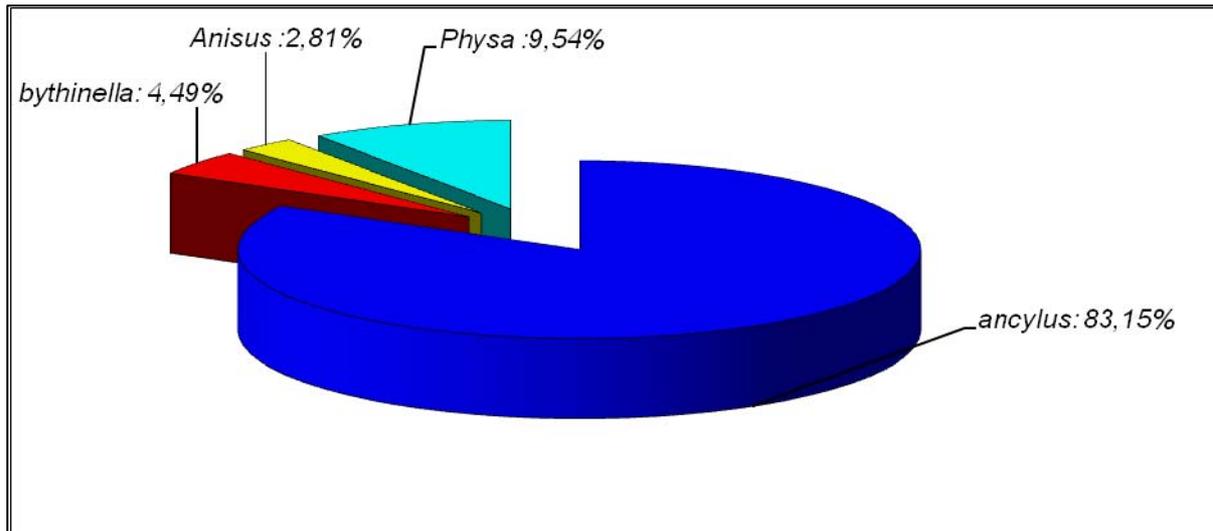


Figure 33: Abondance des Mollusques dans les stations étudiées

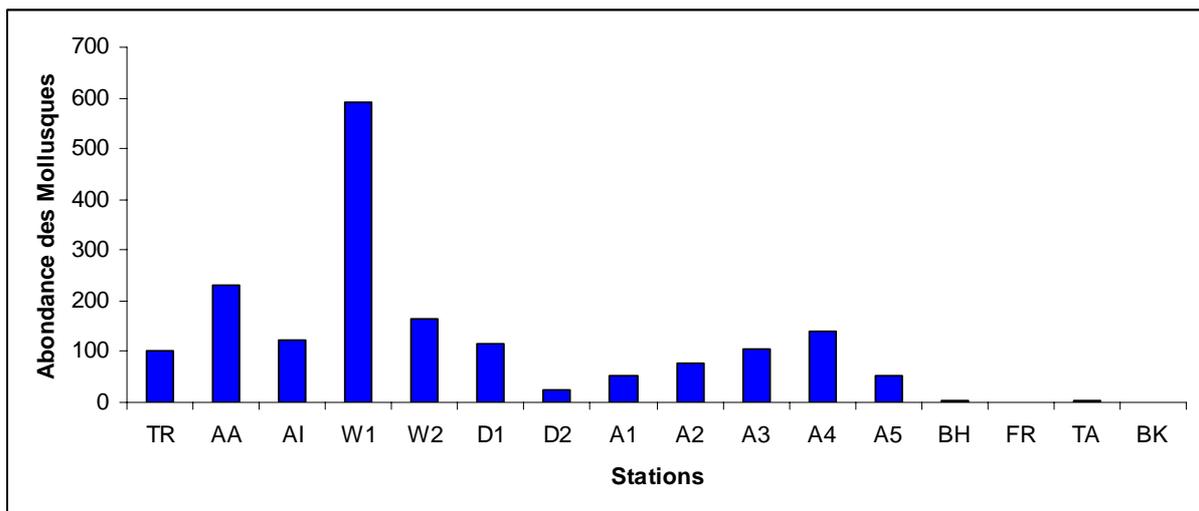


Figure 34: Répartition des Mollusques dans les stations étudiées

3.6.12.- Les Crustacés

Les Crustacés sont représentés par 4781 individus soit 3,38 % de la faune récoltée. Ils appartiennent à deux familles et deux genres : les Gammaridae (*Gammarus*) et les Potamonidae (*Ptamon*)

La famille la plus importante est celle des Gammaridae, elle compte 4618 individus (96,59% des crustacés). Quant aux Potamonidae, ils ont dans nos récoltes une faible importance numérique : 163 individus (3,38% des Crustacés) (figure 35).

Dans les milieux prospectés, *Gammarus* et *Potamon* montrent une préférence pour les cours d'eau de montagne. Nous l'avons récolté respectivement dans 7 et 8 stations échelonnées entre 380m et 1115m d'altitude dans des habitats à eau fraîche coulant sur un substrat grossier (galets, graviers) riche en débris végétaux (figure 36).

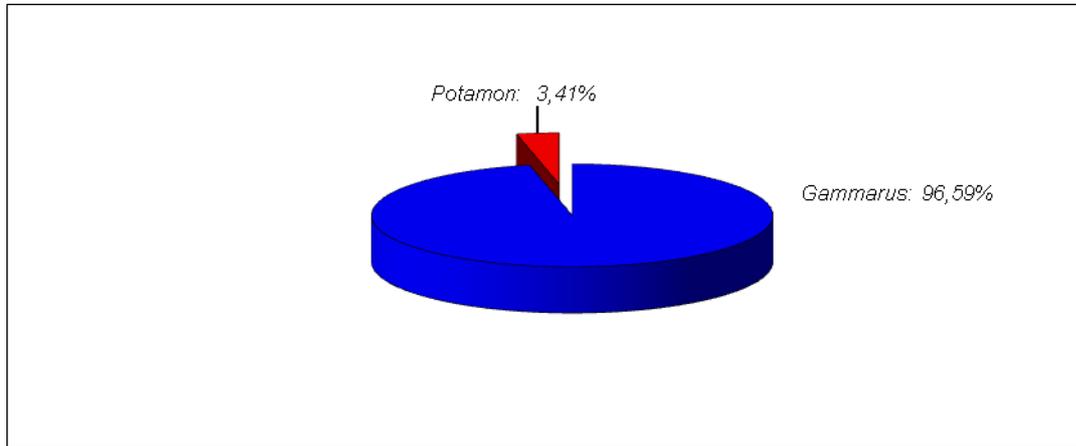


Figure 35: Abondance des Crustacés dans les stations étudiées

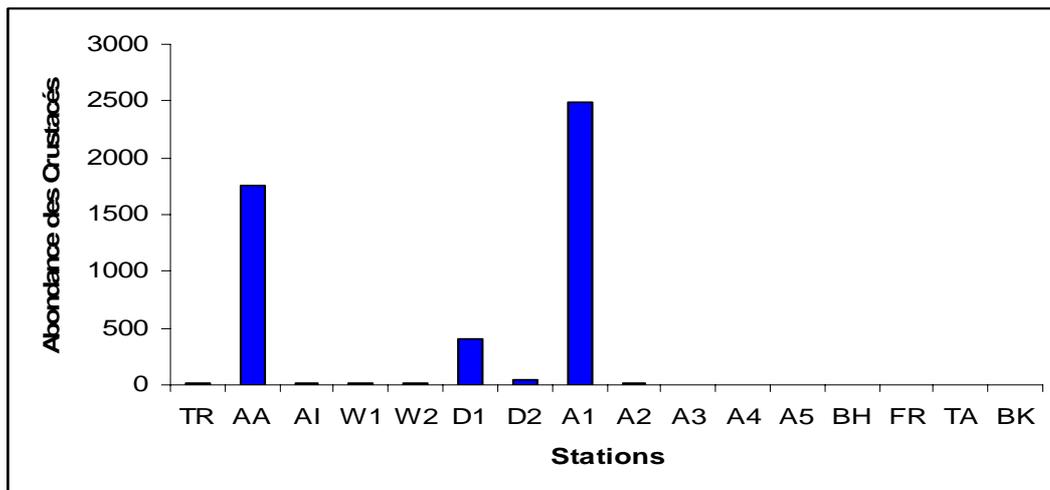


Figure 36: Répartition des Crustacés dans les stations étudiées

3.6.13.- Les hydracariens et les Hirudinés

Les Hydracariens sont peu abondants dans nos prélèvements. Ils sont représentés par 1436 individus, soit 1,02 % de la faune totale. Ils appartiennent à un seul genre *Hydracarina*.

Leur développement semble important dans les secteurs aval des cours d'eau (figure 37) caractérisés par un substrat à dominance de galets, un écoulement rapide à modéré et des températures de l'eau assez élevées.

Quant aux Hirudinés (famille des Herpobdellidae) qui ne représentent que 0,63% de la faune totale (266 individus), présentent une répartition hétérogène. Leur développement semble être important dans les zones d'altitude (AA, A1) et de piémont (D1) des cours d'eau (figure 38).

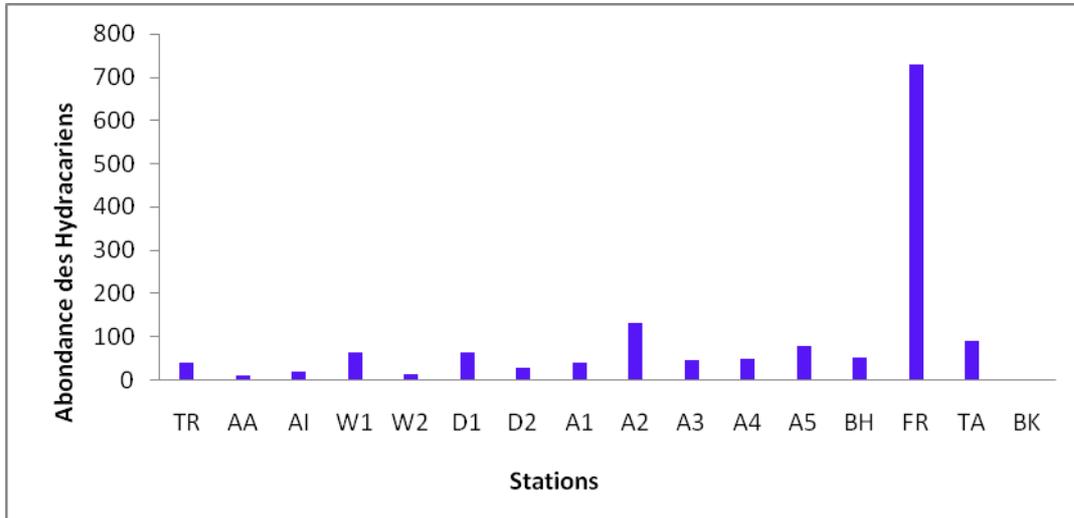


Figure 37 Répartition des Hydracariens dans les stations étudiées

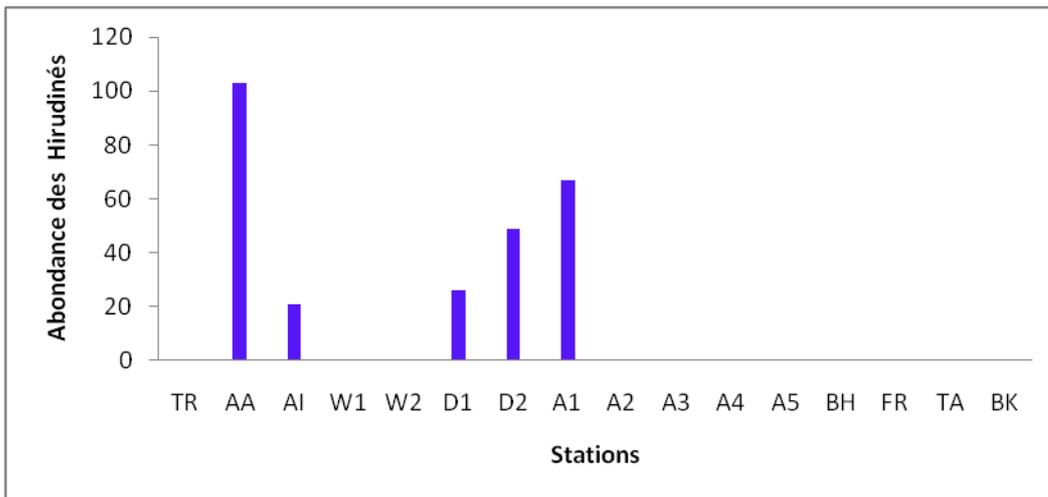


Figure 38: Répartition des Hirudinés dans les stations étudiées

3.7.- Structure de la faune

Les écosystèmes d'eau courante présentent une grande diversité physique non seulement entre régions géographiques mais aussi de l'amont vers l'aval. Ainsi, plusieurs essais de zonation ou de typologie longitudinale, considérés surtout de point de vue faunistique, ont été proposés par : ILLIES & BOTOSANEANU (1963) ; VERNEAUX (1973) ; USSEGLIO-POLATERA & *al.* (1999). Ces auteurs montrent que les différents paramètres mésologiques (pente, largeur du lit, substrat, température, végétation bordante ...) et la composition spécifique des peuplements d'invertébrés benthiques révèlent des gradients voir des discontinuités écologiques au long des cours d'eau. Ces derniers peuvent être aussi divisés en une série de zones se succédant depuis la source jusqu'à l'embouchure.

Le but de cette étude est de déterminer l'organisation spatiale et la structure des communautés d'invertébrés benthiques des cours d'eau étudiés en fonction des caractéristiques environnementales.

Ce travail concerne 48 taxons d'insectes aquatiques appartenant à 4 ordres les mieux connus en Afrique du Nord en général et en Algérie en particulier : Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères, Coléoptères Elmidae et Hydraenidae (annexe 4)

Compte tenu de la complexité des relations entre les caractéristiques biologiques ou écologiques et la structure du peuplement et, afin d'obtenir une description la plus objective possible de nos données en mettant l'accent sur les facteurs significatifs à l'étude qualitative classique, nous avons associé différentes méthodes quantitatives d'analyse de données : ACP, AFC et CAH.

3.7.1.- Structure mésologique

Dans ce travail, 16 descripteurs environnementaux subdivisés en modalités sont pris en compte pour caractériser chacune des 16 stations (tableau IX). Un certain nombre de paramètres sont évidemment liés entre eux car ils représentent l'évolution progressive le long d'un profil d'équilibre tels que : altitude et pente décroissante, distance à la source, largeur du lit mineur du cours d'eau, température estivale croissantes, et ils rendent compte, de façon directe ou indirecte, de la distribution spatiale de la faune des cours d'eau.

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres pris en compte a montré que la plupart des variables sont intercorrélées (tableau X) et particulièrement :

- altitude, pente, vitesse du courant, substrat grossier, variables parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante ;
- Distance à la source, largeur du lit mineur, hauteur de la lame d'eau, température de l'eau (maximale, minimale), variables liées par une relation décroissante.

Leurs coefficients de corrélation sont hautement significatifs ($r > 0,7$) et indiquent que ces paramètres sont fortement corrélés.

Quant aux autres paramètres, végétation bordante, végétation aquatique et substrat fin (limons), leurs niveaux de liaisons sont en général assez faibles et ne présentent pas de linéarité entre elles.

Tableau IX : Caractéristiques environnementales des 16 stations étudiées.

Alt. : Altitude (m) ; pente (%) ; Dist.srce : Distance à la source (km) ; Larg. : Largeur du cours d'eau (m) ; Prof. : Profondeur moyenne (cm) ; Vit. : Vitesse du courant [4 classes, de lent (1) à très rapide (4)] ; T°C max. : Température maximale (°C) ; T°C min. : Température minimale (°C) ; Ripisylve [4 classes, de rare (1) à très abondante (4)] ; Vg. Aquat. : Végétation aquatique [4 classes, d'absente (0) à très abondante (3)] ; Gal. : Galets (%) ; Gra. : Gravier (%) ; Sab. : Sables (%) ; Lim. : Limon (%) ; Mat. Org. : Matières organiques ; pollution [4 classes, de non perturbé (0) à fortement perturbé (3)].

stations	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Alt	1115	1080	1010	950	680	900	350	920	380	300	200	140	220	160	100	60
Pen	14.8	19.8	16.8	15	13	10	2.5	10	2.5	1.5	1.4	0.8	1.6	1.2	0.5	0.6
DiS	0.5	0.5	1	0.5	3	0.5	8	0.5	4.5	11	20	30	25	40	45	75
Lar	1.5	1.5	1	2	3	1.5	4	1	4	5	7	10	4	10	10	10
Pro	20	15	20	25	25	15	30	20	30	30	30	30	25	30	40	40
Vit	4	4	4	4	2	3	2	4	2	2	2	2	2	1	1	1
Tma	10	11	11	13	16	13	24	14	20	23	26	26	30	30	32	32
Tmi	3	5	5	7	8	4	12	8	10	11	11	12	9	11	11	12
Rip	4	4	4	0	2	4	3	4	1	2	2	2	2	2	1	1
VAq	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	3	3
Gal	80	60	70	80	50	60	50	70	50	50	50	50	50	40	15	15
Gra	20	30	30	20	20	20	20	30	15	15	15	15	10	10	15	15
Sab	0	0	0	0	10	10	20	0	15	15	15	15	15	20	30	30
Lim	0	10	0	0	10	10	10	0	10	10	10	10	15	10	10	10
MOr	0	0	0	0	10	0	10	0	10	10	10	10	10	20	30	30
pol	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	2	3	3

Tableau X : Matrice de corrélation entre variables environnementales (N = 16, P<0,05)

	Alt	Pen	DiS	Lar	Pro	Vit	Tma	Tmi	Rip	VAq	Gal	Gra	Sab	Lim	MOr	pol
Alt	1															
Pen	0,95	1														
DiS	-0,77	-0,68	1													
Lar	-0,88	-0,79	0,88	1												
Pro	-0,86	-0,80	0,80	0,85	1											
Vit	0,94	0,87	-0,76	-0,85	-0,83	1										
Tma	-0,97	-0,91	0,85	0,88	0,85	-0,91	1									
Tmi	-0,92	-0,87	0,65	0,79	0,85	-0,82	0,86	1								
Rip	0,61	0,51	-0,50	-0,57	-0,75	0,57	-0,58	-0,62	1							
VAq	-0,60	-0,50	0,59	0,62	0,71	-0,65	0,56	0,61	-0,60	1						
Gal	0,82	0,72	-0,86	-0,82	-0,82	0,89	-0,85	-0,71	0,48	-0,72	1					
Gra	0,81	0,80	-0,59	-0,70	-0,65	0,80	-0,79	-0,61	0,65	-0,33	0,55	1				
Sab	-0,91	-0,86	0,83	0,84	0,87	-0,95	0,91	0,79	-0,54	0,71	-0,94	-0,72	1			
Lim	-0,70	-0,62	0,44	0,51	0,38	-0,75	0,67	0,54	-0,28	0,34	-0,67	-0,63	0,68	1		
MOr	-0,83	-0,74	0,91	0,87	0,91	-0,90	0,88	0,73	-0,59	0,70	-0,96	-0,63	0,93	0,52	1	
pol	-0,83	-0,74	0,91	0,87	0,91	-0,90	0,88	0,73	-0,59	0,70	-0,96	-0,63	0,93	0,52	1,00	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 (figures 39 et 40) dans l'espace les deux facteurs significatifs F1 (axe 1) et F2 (axe 2) :

- les relations entre les variables d'une part ;
- la distribution des stations compte tenu de l'ensemble de leurs caractéristiques environnementales d'autre part.

Les deux premiers facteurs significatifs prennent en compte 83,82 % (F1 : 76,86 %, F2 : 7,05%) de la variance totale.

Vu l'interprétation des axes, la structure du nuage des relevés obtenue par l'ACP peut être résumée en un gradient assez bien exprimé le long de l'axe 1 et parfaitement assimilable à un gradient amont – aval.

Les variables altitude, pente, substrat grossier et vitesse du courant fortement liées entre elles et avec l'axe 1 (en position positive) et bien représentées dans le plan F1 – F2 (extrémités des vecteurs proches du cercle de corrélation) décroissent progressivement de l'amont vers l'aval (figure 39). De même, très liés à l'axe 1 (en position négative), distance à la source, largeur du lit mineur, profondeur de l'eau, température de l'eau, substrat composé de sable et abondance de matière organique, voient leurs valeurs croître de l'amont vers l'aval.

Quant aux variables : végétation bordante, végétation aquatique et substrat composé de limons, elles ne présentent pas de liaisons significatives avec les axes 1 et 2.

L'ACP nous ayant fourni un résumé objectif de l'ensemble des données, une classification ascendante hiérarchique (CAH), réalisée sur la base des résultats de l'ACP visualise bien les relations entre ces variables pour l'ensemble des stations (figure 40).

La représentation des stations dans l'espace des mêmes facteurs F1 avec 76,86 % de la variabilité totale du nuage de points et F2 avec 7,05 % de la variabilité (figure 41) montre l'opposition entre les stations les plus en amont (alt. > à 700 m), en position positive sur l'axe 1, aux stations de piémont et de basses altitudes, en position négative sur l'axe 1.

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

La classification ascendante hiérarchique de l'ensemble des stations (figure 42) montre globalement deux groupes de stations :

- groupe 1 : AA, AI, A1, D1, TR, W1, stations d'altitude caractérisées par les paramètres altitude, pente, vitesse du courant et granulométrie grossière;
- groupe 2 : D2, A2, A3, A4, A5, BH, FR, TA, stations de piémont et de basse altitude caractérisées par les paramètres température de l'eau, distance à la source, largeur du lit mineur, substrat composé de sable et de matière organique et pollution.

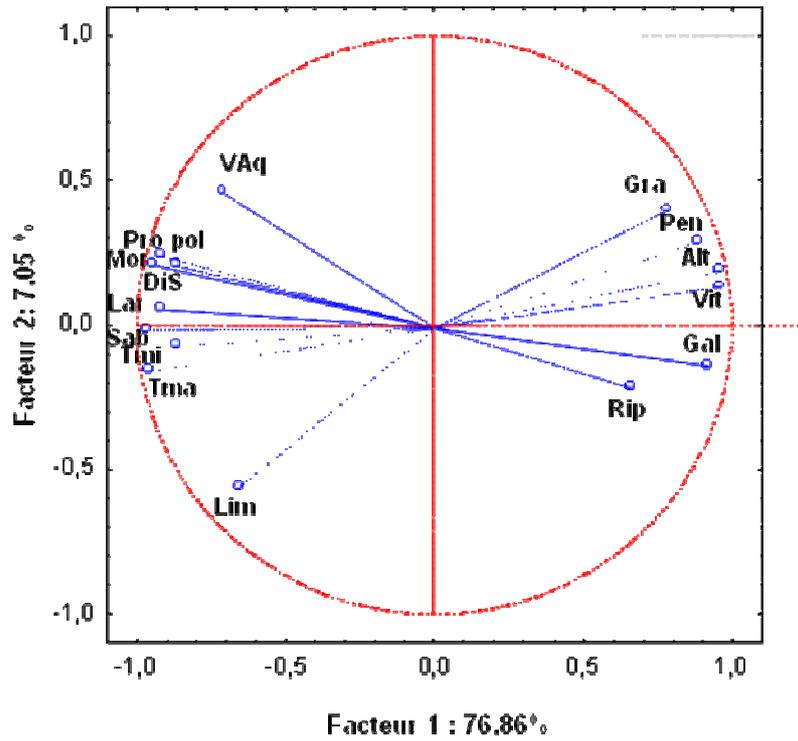


Figure 39 : ACP représentation de la distribution des paramètres environnementaux

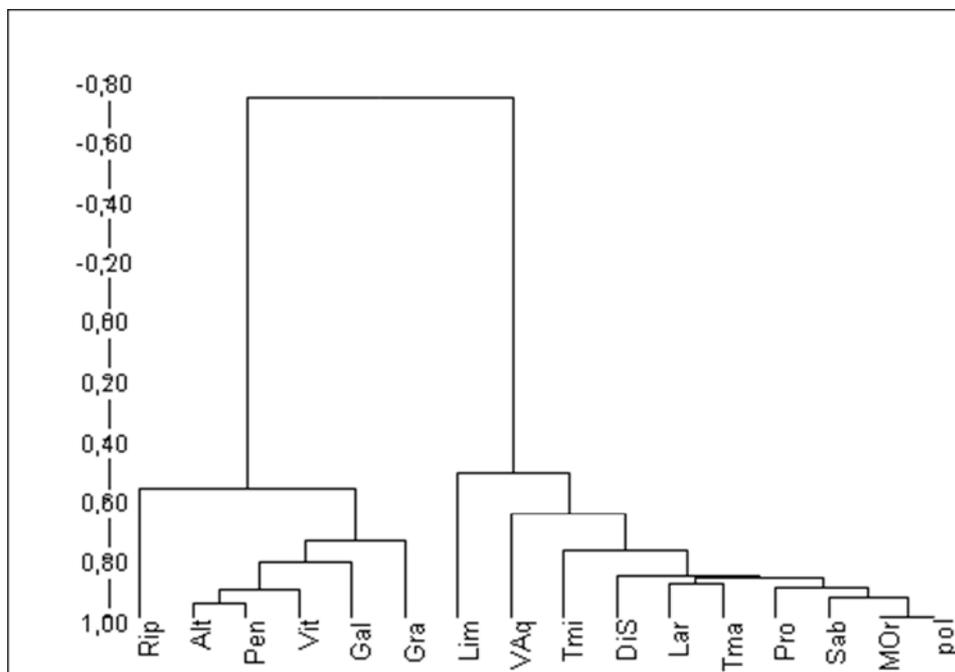


Figure 40 : Dendrogramme visualisant les relations entre les variables environnementales.

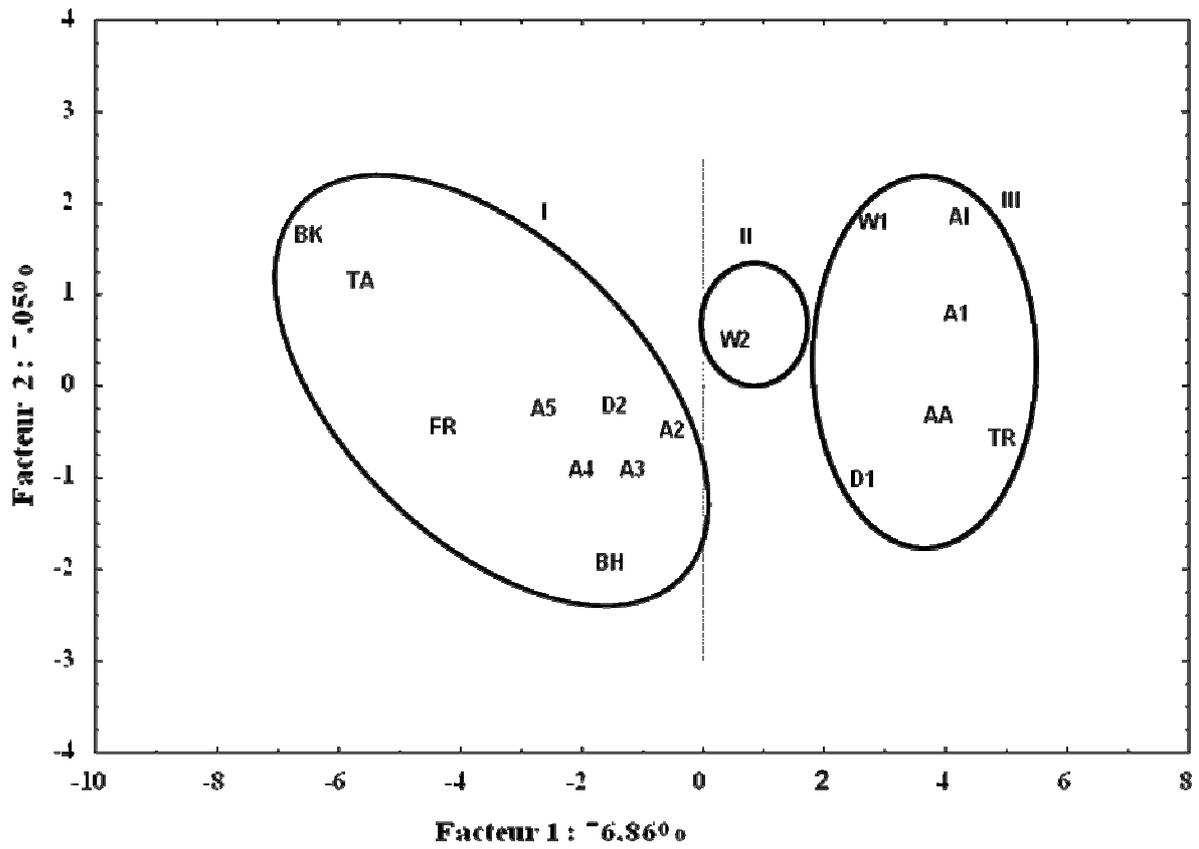


Figure 41 : analyse factorielle des correspondances réalisée sur les 16 stations et 16 paramètres

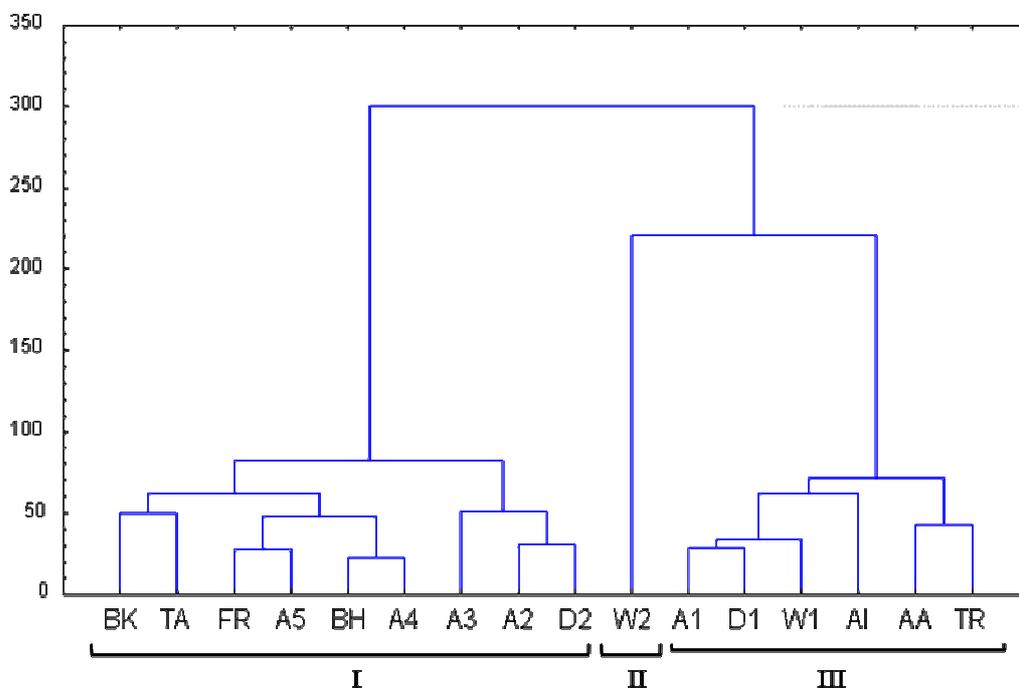


Figure 42: Dendrogramme de la distribution des stations sur la base des variables environnementales.

3.7.2.- Structure du peuplement

La distribution spatiale des espèces est précisée grâce à une analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur la matrice stations x espèces (16 stations x 48 taxons) (annexe 4).

L'AFC dégage un système d'axes factoriels permettant de réaliser des représentations planes de l'ensemble des colonnes et des lignes de la matrice. Chaque facteur exprime une part d'information sur l'analyse. Les structures dessinées par les nuages de variables sont souvent très significatives et facilitent la mise en évidence de phénomènes et facteurs écologiques.

La recherche de noyaux d'affinité est rendue possible grâce à la classification ascendante hiérarchique utilisée à partir des coordonnées des variables et des observations suivant les axes de l'AFC.

La figure 43 présente les résultats de l'AFC réalisée sur la matrice des 16 stations x 48 taxons.

Les deux premiers axes cumulent 54 % de l'information contenue dans la matrice des données (F1 : 32 %, F2 : 22 %). Ces pourcentages relativement faibles s'expliquent par la taille importante de la matrice, et par la diversité des facteurs interdépendants régissant la distribution des espèces.

Compte tenu des objectifs de cette étude il n'était pas essentiel de déterminer la signification exacte de chaque axe, mais plutôt de différencier des groupes d'espèces cohérents au plan de leur écologie.

Cependant, nous pouvons signaler que l'axe 1 oppose nettement les stations d'altitude W1, TR, AA, AI, A1, en position négative, à l'ensemble des autres stations (W2, D2, A2, A4, A3, A4, A5, BH, FR, BK) en position positive.

L'axe 2 ne fait apparaître que la distinction des stations W1, A2 et TA par rapport à l'ensemble des autres stations :

- la station W1, station de ruisseau de source, se détache des stations d'altitude ;
- la station A2, station de transition amont-aval, se détache des stations de piémont ;
- la station TA, station perturbée de plaine, se détache des stations de basse altitude.

La classification ascendante hiérarchique permet d'individualiser 4 noyaux d'affinité entre les stations d'une part et les taxons EPTC d'autre part (figures 44).

- **Noyau 1**

Le groupe 1 correspond aux taxons inféodés aux stations des cours d'eau d'altitude (TR, AA, AI, D1, A1). Certains caractérisent par leur abondance soit les sources comme *Brachyptera*, *Nemoura* (Plécoptères), *Glossossoma*, *Polycentropus*, *Sericostoma*, *Trichstegia* (Trichoptères) et *Riolus* (Coléoptère), soit les ruisseaux de source et les cours d'eau de moyenne montagne tels que *Afroperlodes*, *Amphinemura*, *Protonemura* (Plécoptères), *Habrophlebia* et *Philopotamus* (Ephéméroptères), taxons à la fois crénophiles et rhithrophiles. Ce groupe représente bien la zone

des sources et ruisseaux froids qui en sont issus, de faible amplitude thermique, ce qui rend cohérent sur le plan écologique.

- **Noyau 2**

Sept taxons fondamentaux contribuent à la formation de ce groupe : *Isoperla*, *Perla*, *Capnia* (Plécoptères), *Dupophilus*, *Macronychus* (Coléoptères Elmidae), *Rhithrogena* (Ephéméroptère) et *Psychomyia* (Trichoptère). Ils peuvent être qualifiés de polluosensibles et sténothermes d'eau froide. Par leur abondance, ils caractérisent la station W1. Tous ces genres montrent de faibles amplitudes d'habitat.

Les taxons accessoires à ce groupement sont pour la plupart typiques de la moyenne montagne (*Elmis*, *Oulimnius*, *Hydraena*, *Ecdyonurus*, *Rhyacophila*), mais ils ont tendance à se développer dans les eaux propres de basse altitude.

- **Noyau 3**

Il comprend principalement des taxons de piémont (*Limnebius* et *Ephemera*) avec une certaine préférence pour les altitudes plus élevées, dans le cas de température estivale importante (*Leuctra*).

La station la plus typique est la station A2 (alt. 380 m) située sur une zone de transition entre la moyenne montagne et la basse vallée (zone de rupture de pente). Elle traduit le clivage entre le groupe de stations de montagne et celui de basse altitude.

- **Noyau 4**

Il comprend principalement des taxons de basse altitude. Six genres fondamentaux se dégagent de l'analyse : *Cloeon*, *Choroterpes*, *Potamanthus*, *Procloeon* (Ephéméroptères), *Hydroptila* (Trichoptère) et *Ochtebius* (Coléoptère). Ils présentent la même valence écologique ainsi que les mêmes préférences thermophiles.

Les taxons accessoires à ce groupement (*Esolus*, *Stenelmis*, *Ecnomus*, *Caenis*, *Baetis*) caractérisent par leur abondance les zones de piémont et de basse altitude. Ils sont eurythermes et à plus large répartition.

Les associations taxonomiques d'EPTC et les stations qui les hébergent ont permis de morceler la région d'étude en quatre zones. Pour chaque zone ainsi définie, une liste de taxons fondamentaux et accessoires est proposée. Aux quatre groupements de taxons mis en évidence, s'ajoute :

- les taxons à large amplitude écologique, généralement fréquents, abondants et représentatifs du réseau considéré dans son ensemble, occupent le centre du graphique (figure 43) tels que *Acentrella*, *Rhyacophila*, *Centroptilum*, *Hydropsyche* ...;
- les taxons ayant des profils biologiques particuliers tels que : *Agapetus*, *Ithytrichia*, *Potamophilus*, *Micrasema* ...

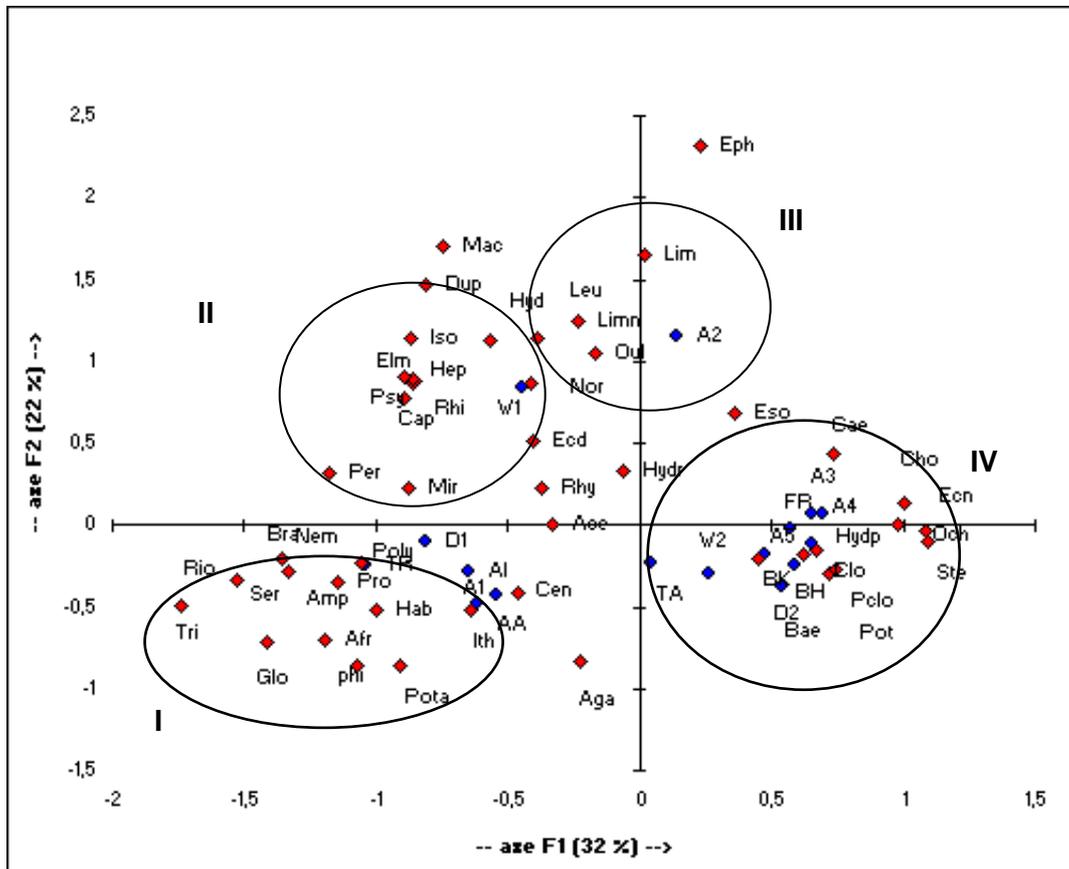


Figure 43 : Distribution et noyaux d’affinité des EPTC et des stations dans le plan factoriel F1 x F2

CAH espèces Figure 44

3.8.-Evaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau

L'ensemble des organismes vivants peuplant un habitat est l'expression synthétique des facteurs écologiques qui conditionnent le milieu. L'analyse de la composition faunistique permet donc une évaluation de l'état de ce milieu, toute perturbation provoquant des modifications plus ou moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge.

L'utilisation de variables biologiques s'est ainsi progressivement imposée comme moyen d'apprécier la qualité des eaux et des systèmes aquatiques, car ils présentent un certain nombre d'avantages et de complémentarités par rapport aux variables physico-chimiques.

En raison du caractère intégrateur des organismes étudiés, ils permettent de diagnostiquer une pollution de l'eau d'origine chimique, physique et/ou organique ou une dégradation globale de l'habitat. D'autre part, ils peuvent révéler une pollution ponctuelle, passée, ainsi les populations aquatiques constituant des véritables témoins de la capacité de l'eau et du milieu à maintenir et entretenir la vie.

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

3.8.1.- Les principaux types de méthodes biologiques

Les analyses biologiques mises au point et pratiquées à travers le monde sont très nombreuses, à l'instar de VERNEAUX (1984), il est possible de les regrouper en deux grands types :

■ **Le premier** comprend toutes les analyses qui reposent sur la comparaison de biocénoses appartenant à différentes stations d'un même cours d'eau ou sur la comparaison d'une biocénose d'un site avec une biocénose témoin. Tous les types d'organismes peuvent être utilisés depuis les poissons jusqu'à la microflore (diatomées) ou la microfaune (rotifères) en passant par les macro-invertébrés et les hydrophytes (plantes supérieures aquatiques).

La comparaison des biocénoses est facilitée par l'utilisation de méthodes d'analyses numériques et statistiques (indices de diversité, coefficients de similarité, modèles de structure des communautés...).

■ **Le deuxième** type d'analyses comprend les méthodes qui fournissent pour chaque station de rivière étudiée un niveau ou indice de qualité.

Certaines de ces méthodes sont fondées sur la présence d'espèces indicatrices (méthodes indicielles), le relevé faunistique est alors confronté à une liste où les espèces sont classées en fonction de leur tolérance à un facteur particulier du milieu et affectées d'un coefficient qui permet, à l'aide de formules, le calcul d'un indice de qualité.

Parmi elles, les méthodes basées sur le système des saprobies (associations d'organismes aquatiques vivants dans des eaux riches en matières organiques) sont utilisées pour définir des niveaux de pollution organique. Certains groupes taxonomiques ont fait l'objet d'indices

spécifiques, c'est le cas des diatomées, des macrophytes (pour la qualité générale de l'eau), des Oligochètes et des Diptères chironomides (pour la qualité de l'eau et des sédiments).

D'autres méthodes, dites des « **indices biotiques** », fondées sur l'étude simplifiée de la faune invertébrée benthique, tiennent aujourd'hui une place prépondérante par les possibilités d'application beaucoup plus étendues que les méthodes précédentes, qui sont considérablement plus lourdes et nécessitent un personnel important et très spécialisé. Ces méthodes sont basées sur un examen global de la macrofaune benthique récoltée suivant un protocole d'échantillonnage standard.

L'indice est donné par un tableau faisant intervenir la nature de la faune récoltée (groupes indicateurs de sensibilité différente aux perturbations) et sa variété.

Différentes méthodes ont été utilisées en France, depuis l'Indice Biotique (Ib) de VERNEAUX & TUFFRY (1967) adapté du Biotic Index utilisé par la Trent River Authority en Angleterre (WOODWISS, 1964), suivi de l'Indice de Qualité Biologique Globale (I.Q.B.G) de VERNEAUX et al. (1976), puis de l'Indice Biologique de qualité Générale (I.B.G.) de VERNEAUX et al. (1982), proposé comme indice expérimental (AFNOR, 1985), normalisé enfin sous l'appellation «Indice Biologique Global Normalisé» ou I.B.G.N. en 1992 (NFT 90-350).

3.8.2.- Méthode IBGN

Les méthodes d'évaluation de la qualité des milieux, de l'eau ou de détection des impacts d'une perturbation sont multiples. Le choix d'une méthode dépendra essentiellement de la problématique posée, de conditions environnementales et du système aquatique étudié.

Dans le cadre de ce travail, nous avons retenu l'IBGN comme méthode d'évaluation de la qualité des cours d'eaux étudiés. Il permet d'évaluer la qualité hydrobiologique d'un site aquatique, par l'intermédiaire de la composition des peuplements d'invertébrés benthiques vivants sur divers habitats.

L'IBGN est sensible aux variations de la composition physico-chimique de l'eau et plus particulièrement aux fluctuations de la pollution organique et chimique, mais aussi de la nature des substrats (travaux en rivière ou recalibrage) et des événements climatiques (orages, crues subites).

Dans le cas de ce travail le choix est dicté par les avantages que présente cette méthode :

- Grande diversité taxonomique de la macrofaune benthique et du fait qu'elle regroupe de nombreuses espèces bio-indicatrices et sa répartition dans l'ensemble des écosystèmes aquatiques,
- Facilité d'échantillonnage et de la manipulation du matériel biologique.
- Limite pratique de détermination taxonomique est la famille pour la plupart des groupes faunistiques (insectes) et l'embranchement, la classe ou l'ordre dans certains cas (crustacés et mollusques).

Les invertébrés constituent donc de bons intégrateurs de la qualité globale de l'écosystème aquatique et sont facilement exploitables.

Principe général de l'IBGN : Cette méthode s'applique à des sites d'eau courante dont la profondeur n'excède pas un mètre sur la majorité de la station.

Le principe repose sur la macrofaune benthique prélevée directement sur le terrain, selon un protocole d'échantillonnage standardisé en tenant compte des différents types d'habitats.

Les diagnoses sont le plus souvent fondées sur l'analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques (inféodés au substrat). Leurs identifications fournissent des indications sur la qualité du milieu par la présence ou l'absence des groupes faunistiques indicateurs.

Les Objectifs des IBGN sont :

- Situer la qualité biologique de l'eau courante d'un site dans une gamme typologique générale.
- Suivre l'évolution de la qualité biologique d'un site :
 - Au cours du temps ;
 - Dans l'espace (amont / aval).
- Evaluer l'effet d'une perturbation (exemple : un rejet) sur le milieu.

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

- La valeur de référence est voisine de 20 dans la plupart des milieux non perturbés, mais elle peut être plus faible dans des milieux particuliers, sans qu'une perturbation en soit la cause.
- La valeur de l'IBGN peut présenter une variabilité saisonnière, conséquence des cycles biologiques de la macrofaune benthique et de l'évolution des conditions du milieu.
- La globalité de la méthode ne permet pas d'interpréter avec certitude les causes et les origines d'une perturbation. Les analyses physico-chimiques complémentaires seront nécessaires.
- Les effets d'une même perturbation peuvent s'exprimer de manière différente selon le niveau typologique du site.

3.8.2.1.-Répertoire des organismes retenus

Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 138 taxons (annexe 1) susceptibles de participer à la variété totale (Σt), 38 d'entre eux constituent 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numérotés de 1 à 9 par ordre de polluo-sensibilité croissante (annexe 2). L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe.

3.8.2.2.- Calcul de l'IBGN

L'IBGN est établi à partir du tableau de l'annexe 2 « Valeurs IBGN » (extrait de la norme AFNOR T90 -350-déc. 1992 C AFNOR) comprenant en lignes 9 groupes faunistiques indicateurs et en colonnes 14 classes de variétés taxonomiques.

Pour cela, on détermine successivement :

- La variété taxonomique de l'échantillon (Σt) qui est égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par 1 seul individu. Elle donne essentiellement des renseignements sur la variété des habitats présents dans les cours d'eau étudiés.
- Le groupe faunistique indicateur (GI) en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans l'échantillon par 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

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

L'indice (valeur de l'IBGN) peut alors être lu dans l'annexe 2 par le croisement de la colonne de variétés taxonomique et de la ligne du groupe faunistique indicateur.

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

Tableau XI : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau.

IBGN	> ou = à 17	13-16	9-12	5-8	4
Classe de qualité	1A	1B	2	3	HC*
Couleur correspondante	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité Hydrobiologique	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

* HC : Hors classe.

La définition des classes de qualité est la suivante :

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

3.9.- Analyse des stations

Les tableaux XII a, b, c et d résument les résultats d'analyses hydrobiologique : altitude, diversité taxonomique, groupe indicateur, valeur d'IBGN et la classe de qualité de l'eau.

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

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

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

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

Stations : TR – AA -AI

Station TR	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	21	24	24	38
Groupe indicateur	9	9	9	9
Valeur IBGN	15	15	15	19
Classe de qualité	1B	1B	1B	1A
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Très bonne

Station AA	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	22	30	31	31
Groupe indicateur	9	9	9	9
Valeur IBGN	15	17	17	17
Classe de qualité	1B	1A	1A	1A
Qualité de l'eau	Bonne	Très bonne	Très bonne	Très bonne

Station AI	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	21	31	22	31
Groupe indicateur	9	9	9	9
Valeur IBGN	15	17	15	17
Classe de qualité	1B	1A	1B	1A
Qualité de l'eau	Bonne	Très bonne	Bonne	Très bonne

On obtient pour ces trois stations une qualité hydrobiologique bonne à très bonne (IBGN entre 15 et 17, classe de qualité 1B ou 1A) alliant une importante variété faunistique (entre 21 et 38 taxa selon les compagnes), un groupe indicateur de 9, indiquant une qualité de l'eau et du milieu très correcte : absence de pollution.

Le peuplement est très diversifié, avec des familles de différents ordres caractérisant l'ensemble des milieux lotiques et lentiques, et occupant de façon optimale les microhabitats.

Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés (GI = 7, 8 et 9) considérés comme sensibles à la qualité du milieu ont été dénombrées, confirmant donc une très bonne qualité hydrobiologique pour cette station.

Station W1

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	23	14	34	34
Groupe indicateur	9	9	9	9
Valeur IBGN	15	13	18	18
Classe de qualité	1B	1B	1A	1A
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Très bonne	Très bonne

Cette station présente une qualité hydrobiologique bonne (compagne 1 et 2) à très bonne (compagne 3 et 4) avec un IBGN variant de 13 à 18, une classe 1A et 1B, un nombre de taxa élevé (atteint 34 pour les compagnes 3 et 4) et un groupe indicateur (GI) de 9 pour toutes les compagnes indiquant que la qualité de l'eau et du milieu est très bonne. En effet, on retrouve ici un secteur assez stable, permettant l'installation des taxons les plus polluo-sensibles (Perlidae).

Station W2

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	9	10	36	13
Groupe indicateur	7	9	9	7
Valeur IBGN	9	10	18	11
Classe de qualité	2	2	1A	2
Qualité de l'eau	Moyenne	Moyenne	Très bonne	Moyenne

On obtient pour cette station une qualité hydrobiologique allant de moyenne (compagnes 1,2 et 4 avec un IBGN de 9, 10 et 11 et une classe de qualité 2) à très bonne (compagne 3 avec un IBGN de 18 et une classe de qualité 1A).

En effet on constate ici une baisse très nette de la diversité taxonomique durant les compagnes 1, 2 et 4, respectivement 9, 10 et 13 entraînant ainsi, une limitation des indices.

Signalons cependant que le groupe indicateur repère reste élevé (7 ou 9), la présence de taxons sensibles aux pollutions indiquant une qualité de l'eau tout a fait correcte.

Tableau XII : Qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés par campagne.

Tableau XII a : Campagne 1 « Mars-Avril »

Compagne	Mars-Avril															
Stations	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Altitude	1115	1080	1010	950	680	900	350	920	380	300	200	140	220	160	100	60
Diversité	21	22	21	23	9	35	16	17	21	16	7	6	16	15	14	13
GI	9	9	9	9	7	9	3	8	5	5	3	3	5	3	3	3
IBGN	15	15	15	15	9	18	7	13	11	9	5	4	9	7	7	7
Classe de qualité	1B	1B	1B	1B	2	1A	3	1B	2	2	3	HC*		2	3	3
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Très bonne	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	Moyenne	Médiocre	Médiocre	Médiocre

Tableau XII b : Campagne 2 « Avril-Mai »

Compagne	Avril-Mai															
Stations	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Altitude	1115	1080	1010	950	680	900	350	920	380	300	200	140	220	160	100	60
Diversité	24	30	31	14	10	39	16	13	23	20	11	12	18	16	15	13
GI	9	9	9	9	7	9	7	9	9	4	2	3	7	7	3	3
IBGN	15	17	17	13	10	19	11	13	15	9	5	6	12	11	7	7
Classe de qualité	1B	1A	1A	1B	2	1A	2	1B	1B	2	3	3	2	2	3	3
Qualité de l'eau	Bonne	Très bonne	Très bonne	Bonne	Moyenne	Très bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Médiocre	Médiocre

Tableau XII : Qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés par campagne (suite)**Tableau XII c : Campagne 3 « Mai-Juin »**

Compagne	Mai-Juin															
Stations	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Altitude	1115	1080	1010	950	680	900	350	920	380	300	200	140	220	160	100	60
Diversité	24	31	22	34	36	34	24	35	18	13	28	19	20	18	18	15
GI	9	9	9	9	9	9	4	9	7	7	7	7	7	7	7	3
IBGN	15	17	15	18	18	18	10	18	12	11	14	12	12	12	12	7
Classe de qualité	1B	1A	1B	1A	1A	1A	2	1A	2	2	1B	2	2	2	2	3
Qualité de l'eau	Bonne	Très bonne	bonne	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Moyenne	Très bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Médiocre

Tableau XII d : Campagne 4 « Juin- Juillet »

Compagne	Juin- Juillet															
Stations	TR	AA	AI	W1	W2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
Altitude	1115	1080	1010	950	680	900	350	920	380	300	200	140	220	160	100	60
Diversité	38	31	31	34	13	29	21	22	30	20	22	18	19	16	17	16
GI	9	9	9	9	7	9	4	8	7	9	5	5	3	5	5	3
IBGN	19	17	17	18	11	17	10	14	15	14	11	10	8	9	10	7
Classe de qualité	1A	1A	1A	1A	2	1A	2	1B	1B	1B	2	2	3	2	2	3
Qualité de l'eau	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Moyenne	Très bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Médiocre

Station D1

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	35	39	34	29
Groupe indicateur	9	9	9	9
Valeur IBGN	18	19	18	17
Classe de qualité	1A	1A	1A	1A
Qualité de l'eau	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Très bonne

On obtient pour cette station une excellente qualité hydrobiologique (IBGN varie entre 17 et 19, classe de qualité 1A), alliant une très grande variété faunistique (entre 29 et 39 taxons) et un groupe indicateur élevé (GI = 9) représenté par les Perlidae, indiquant une qualité de l'eau et du milieu très correcte : absence de pollution.

Le peuplement est très diversifié, avec des familles de différents ordres caractérisant l'ensemble des milieux et occupent de façon optimale les microhabitats.

Station D2

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	16	16	24	21
Groupe indicateur	3	7	4	4
Valeur IBGN	7	11	10	10
Classe de qualité	3	2	2	2
Qualité de l'eau	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Cette station située à l'entrée de l'agglomération de Souk El Had, présente une qualité hydrobiologique médiocre (compagne 1 : IBGN = 7, une classe de qualité 3, diversité taxonomique 16 et un groupe indicateur 3) à moyenne (compagnes 2, 3 et 4 : IBGN 10 ou 11, classe de qualité 2, diversité taxonomique entre 16 et 24, groupes indicateurs 7 ou 4) montrant par rapport à la station D1, située plus en amont, une altération de la qualité de l'eau et de l'habitat.

En effet, on constate ici une baisse de la diversité taxonomique liée à l'uniformisation du milieu, et la disparition conjointe des taxons les plus polluo-sensibles indiquant une probable dégradation de la qualité de l'eau.

Station A1

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	17	13	35	22
Groupe indicateur	9	9	9	8
Valeur IBGN	14	13	18	14
Classe de qualité	1B	1B	1A	1B
Qualité de l'eau	Bonne	Bonne	Très bonne	Bonne

Cette station, située en amont des agglomérations de Larbâa N'Ath Ouacifs, présente une qualité hydrobiologique qualifiée de bonne pour les compagnes 1, 2 et 4 et de très bonne pour la compagne 3, IBGN de 14, 13, 15 et 18, des classe de qualité 1A ou 1B selon les compagnes, un nombre de taxon assez importants (Σ t compris entre 18 et 30) et un groupe faunistique indicateur de 9 ou 8, indiquant que la qualité de l'eau et du milieu est bonne. En effet, on retrouve un secteur assez stable et correcte, permettant l'installation de taxons plus nombreux et bien représentés avec principalement les Plécoptères, taxons les plus polluo-sensibles.

Station A2

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	21	23	18	30
Groupe indicateur	5	9	7	7
Valeur IBGN	11	15	12	15
Classe de qualité	2	1B	2	1B
Qualité de l'eau	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne

Sur ce secteur, on obtient une qualité hydrobiologique moyenne (1 et 3) à bonne (compagnes 2 et 4) due essentiellement à une variété faunistique accrue. En effet, on retrouve un secteur naturel assez diversifié permettant l'installation des taxons plus nombreux (entre 18 et 30 taxons). Le groupe indicateur varie de 5 à 9 et l'IBGN entre 11 et 15 selon les compagnes, indiquant une légère dégradation de la qualité de l'eau et du milieu par rapport au secteur amont (station A1).

Station A3

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	16	20	13	20
Groupe indicateur	5	4	7	7
Valeur IBGN	9	9	11	12
Classe de qualité	2	2	2	2
Qualité de l'eau	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne

On obtient ici une qualité hydrobiologique moyenne pour les quatre compagnes avec un IBGN entre 9 et 12, une classe de qualité 2 avec un nombre de taxa variant entre 13 et 20 et un groupe indicateur GI entre 4 et 7 indiquant une altération de la qualité de l'eau et du milieu. Les familles présentes sont peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et du milieu, elles appartiennent à des groupes plus ou moins polluo-résistants tels que les Ephéméroptères et les Coléoptères

Station A4

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	7	11	28	22
Groupe indicateur	3	2	7	5
Valeur IBGN	5	5	14	11
Classe de qualité	3	3	1B	2
Qualité de l'eau	Médiocre	Médiocre	Bonne	Moyenne

La qualité hydrobiologique de l'eau obtenue à cette station est qualifiée de médiocre durant les compagnes 1 et 2 (IBGN = 5, classe de qualité 3, groupe indicateur 2 ou 3), de bonne durant la compagne 3 (IBGN = 14, classe de qualité 1B, GI = 7) et de moyenne durant la compagne 2 (IBGN = 11, classe de qualité 2, GI = 5).

On constate ici d'une part, une grande variation de la diversité taxonomique (allant de 7 à 28 selon les compagnes de récolte) et la disparition des taxons polluo-sensibles (compagnes 1, 2 et 4).

Le peuplement du secteur de cette station est dominé par les Naididae, Baetidae, chironomidae et Simulidae.

Station A5

Station	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	6	12	19	18
Groupe indicateur	3	3	7	5
Valeur IBGN	4	6	12	10
Classe de qualité	HC*	3	2	2
Qualité de l'eau	Mauvaise	Médiocre	Moyenne	Moyenne

Cette station située en aval des Ouacifs collectant les rejets des diverses agglomérations traversées, présente une qualité hydrobiologique mauvaise durant la compagne 1 (IBGN = 4, classe de qualité HC, GI = 3), médiocre durant la compagne 2 (IBGN 6, classe de qualité 3 et moyenne durant les compagnes 3 et 4 (IBGN 12 et 10, classe de qualité 2), avec un nombre de taxa réduit, indiquant une dégradation de la qualité de l'eau et du milieu de ce secteur par rapport aux zones amont du cours d'eau.

Trois groupes faunistiques se partagent la quasi-totalité du peuplement (87,58%). Il s'agit des Oligochètes (1606 individus), des Ephéméroptères Baetidae (individus) et des Diptères Chironomidae (3800 individus) et Simulidae (1674 individus) regroupant à eux seuls plus de 3/4 du nombre total d'individus. On est donc en présence d'un peuplement très déséquilibré composé principalement de taxons détritivores indiquant un milieu altéré avec une forte charge organique.

Stations : BH – FR – TA et BK

Station BH	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	16	18	20	19
Groupe indicateur	5	7	7	3
Valeur IBGN	9	12	12	8
Classe de qualité	2	2	2	3
Qualité de l'eau	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Médiocre

Station FR	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	15	16	18	16
Groupe indicateur	3	7	7	5
Valeur IBGN	7	11	12	9
Classe de qualité	3	2	2	2
Qualité de l'eau	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Station TA	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	14	15	18	17
Groupe indicateur	3	3	7	5
Valeur IBGN	7	7	12	10
Classe de qualité	3	3	2	2
Qualité de l'eau	Médiocre	Médiocre	Moyenne	Moyenne

Station BK	Compagne 1	Compagne 2	Compagne 3	Compagne 4
Diversité	13	13	15	16
Groupe indicateur	3	3	3	3
Valeur IBGN	7	7	7	7
Classe de qualité	3	3	3	3
Qualité de l'eau	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre

Sur les secteurs des stations BH, FR, TA et BK, situées en aval des cours d'eau, recevant les eaux des rejets urbains des différentes agglomérations traversées par les cours d'eau, on obtient des qualités hydrobiologiques moyennes à médiocres (classe de qualité 2 ou 3) alliant une faible diversité taxonomique (diversité entre 13 et 20 taxons) à un groupe indicateur bas, montrant une dégradation de la qualité du milieu.

Les groupes faunistiques les plus représentés sont les Diptères Chironomidae, les Ephéméroptères, les Coléoptères et les Vers. Les taxons présentant les effectifs les plus importants au sein de ces groupes correspondent à des familles détritivores, liées à la présence de matières organiques, et donc peu exigeantes vis-à-vis de la qualité du milieu.

Discussion

Dans les tableaux XII a, b, c et d, sont résumés les résultats des analyses hydrobiologique (diversité taxonomique totale, groupe indicateur repère, valeur de l'IBGN et classe de qualité) représentés graphiquement sur les figure 45a, b, c et d.

A partir des données recueillies, nous pouvons isoler trois secteurs de cours d'eau :

- Dans le secteur des stations TR, AA, AI, W1, A1 et D1, on observe une qualité hydrobiologique bonne à très bonne (classe de qualité 1B, 1A), avec une forte variété faunistique liée à une diversification du milieu : nombre important de microhabitats pour la faune. Les groupes indicateurs repérés sont élevés (GI = 9), la présence de taxons sensibles aux pollutions indiquant une qualité de l'eau tout à fait correcte.

Le secteur de ces stations a pu préserver un état naturel, ce qui est favorable au maintien d'une faune riche et diversifiée essentiellement polluo-sensible pour la plupart.

Le peuplement est très diversifié, avec des familles de différents ordres, caractérisant les milieux lotiques et occupant ainsi de façon optimale l'ensemble des microhabitats. Les insectes plécoptère, taxons polluo-sensibles, présentent une grande diversité intrinsèque puisque 6 familles et 6 genres appartenant à cet ordre ont été identifiés.

Plusieurs familles appartenant à des groupes indicateurs élevés et donc considérées sensibles à la qualité du milieu ont été dénombrées, confirmant ainsi une excellente qualité hydrobiologique pour ces stations.

- Les secteurs des stations W2, A2, A3 présentent une qualité hydrobiologique moyenne, montrant par rapport aux stations précédentes une légère baisse de la qualité de l'eau et de l'habitat.

La richesse taxonomique de ces stations reste assez élevée et les groupes indicateurs repères entre 5 et 7. En effet, ces stations sont sous l'influence des rejets ponctuels et diffus issus des villages avoisinants. La dégradation qui en résulte est limitée puisqu'on obtient une classe 2 pour la qualité générale.

- Les secteurs des stations D2, A4, A5, BH, FR, TA et BK, situées en aval des agglomérations, présentent une qualité hydrobiologique médiocre à moyenne (classe de qualité 3 ou 2), alliant une faible diversité taxonomique et des groupes indicateurs bas, montrant une dégradation de la qualité du milieu.

Les secteurs de ces stations sont dégradées par les rejets urbains et / ou industriel. En plus de la déstabilisation du lit par les prélèvements de sable. La mauvaise qualité de l'eau et de l'habitat est entretenue jusqu'en aval de la station BK limitant donc les possibilités d'autoépuration.

Trois groupes faunistiques se partagent le peuplement de ces stations. Les Vers (Naididae), Les Diptères (Chironomidae et Simuliidae) et Les Ephéméroptères (Beatidae). On est donc en présence d'un peuplement plus au moins déséquilibré.

La plupart des familles sont ubiquistes dans leur distribution et peu exigeantes vis-à-vis de la qualité du milieu.

Les résultats des analyses biologiques montrent une nette dégradation du secteur de ces stations. La valeur de l'IBGN chute de plus de 10 points par rapport aux stations situées dans les zones amont des cours d'eau : passage d'une classe de qualité 1A à une classe de qualité 3. Ceci est dû d'une part à l'uniformisation du milieu avec un nombre de microhabitats plus réduits en aval et se traduisant par une baisse importante du nombre de taxons, et d'autre part, à l'altération de la qualité de l'eau induisant la disparition des taxons les plus polluo-sensibles : passage d'un GI = 9 à un GI =2.

Figure 45 : Analyse hydrobiologique des stations étudiées durant les quatre campagnes

Figure 45 a : Campagne 1

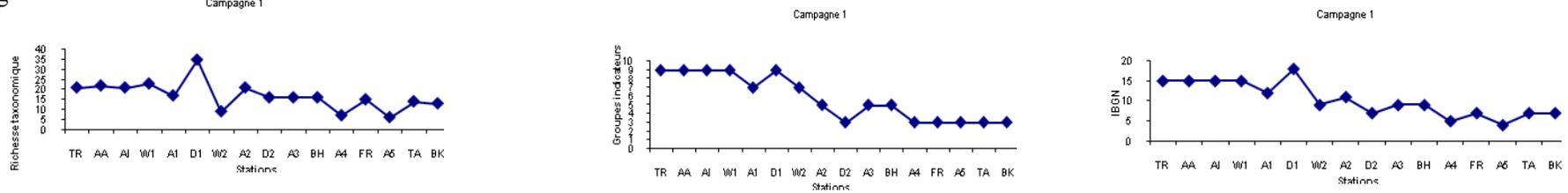


Figure 45 b : Campagne 2.

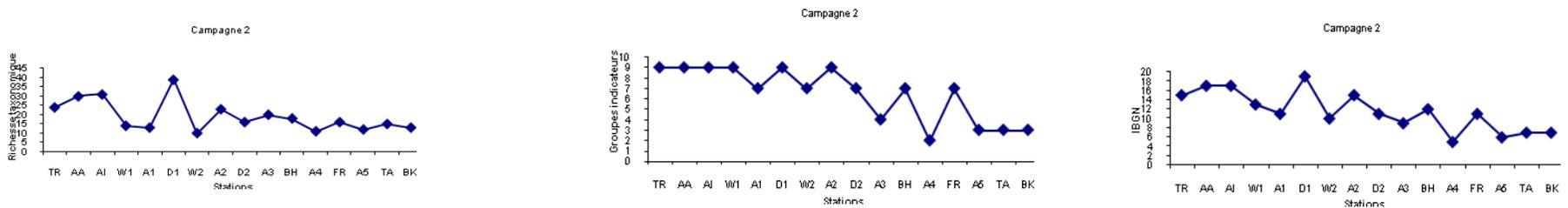


Figure 45 c : Campagne 3.

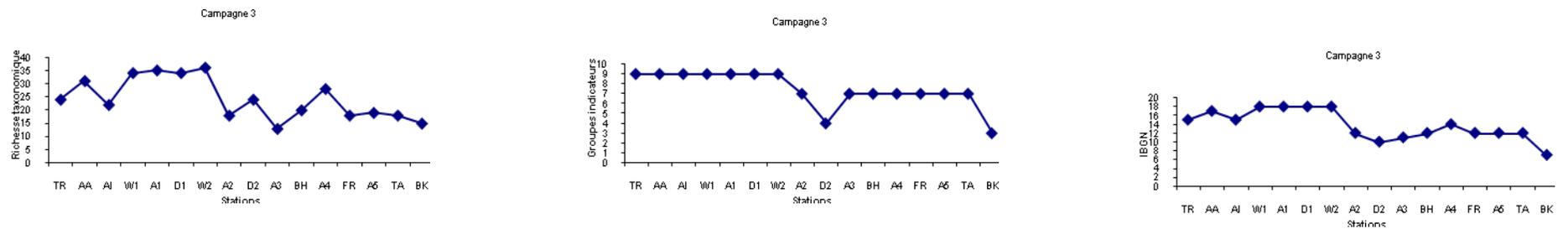
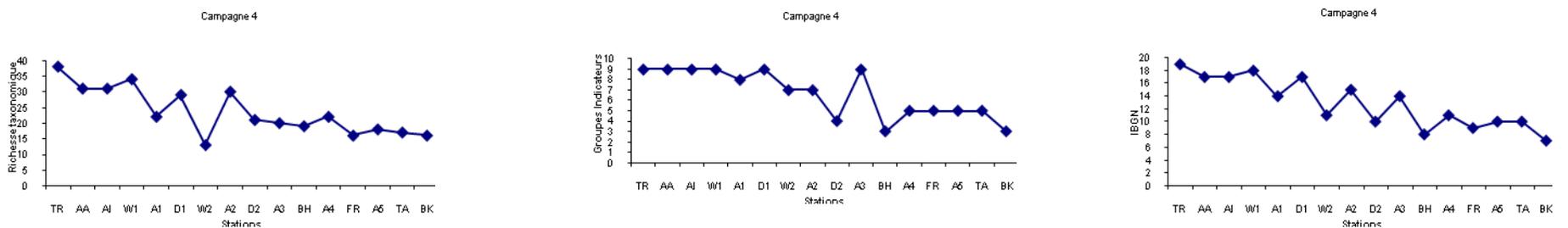


Figure 45 d : Campagne 4.



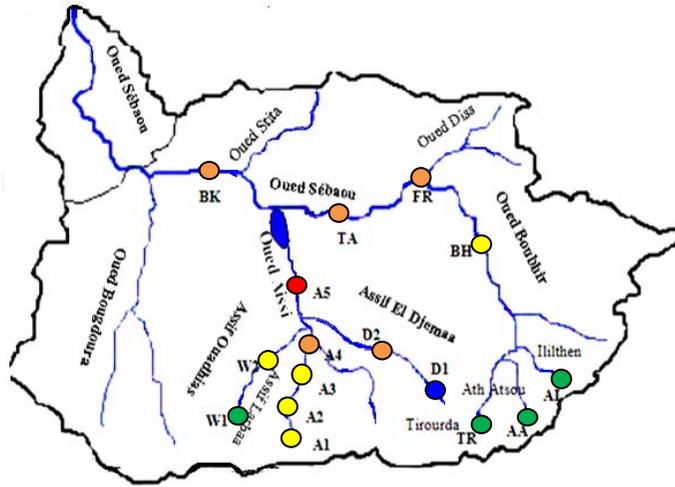


Figure 46 a : Compagne 1

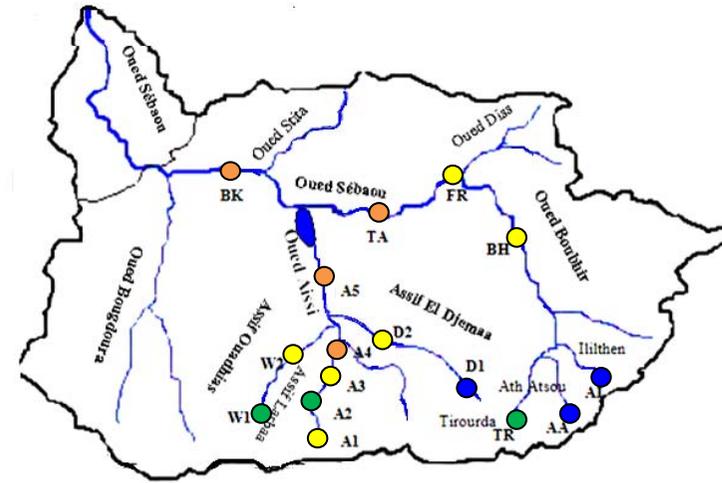


Figure 46 b : Compagne 2

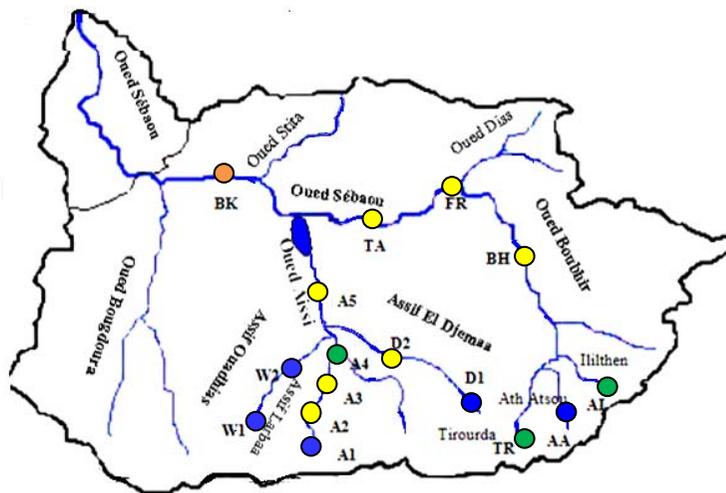


Figure 46 c : Compagne 3

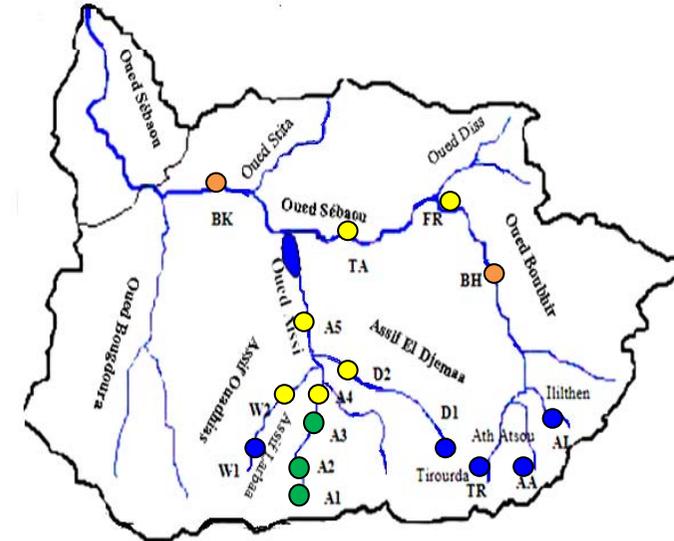


Figure 46 d : Compagne 4

Figure 46 : Qualité hydrobiologique des cours d'eau étudiés durant les quatre compagnes

Conclusion

Les cours d'eau de Kabylie ont un régime caractérisé par l'irrégularité des écoulements et par des manifestations hydrologiques brutales. Le régime annuel est marqué par un maximum en hiver et au printemps. L'étiage est plus au moins long et le déficit hydrique estival détermine un régime d'écoulement temporaire pour un grand nombre de cours d'eau.

La limnofaune recensée dans ce travail se compose de 140906 individus répartis en 14 groupes zoologiques et 112 genres. Ils sont récoltés dans 16 stations situées entre 60 et 1115m d'altitude.

Les groupes les mieux représentés sont les Diptères et les Coléoptères. Ils comptent chacun 17 familles. Viennent ensuite les Trichoptères (10 familles), les Hétéroptères (7 familles), les Plécoptères et les Ephéméroptères (6 familles), les Mollusques (4 familles), les Oligochètes (3 familles), les Crustacés et les Odonates (2 familles), les Planaires, les Hydracariens, les Hirudinés et les Planipennes (01 familles).

L'effectif du peuplement benthique a montré que les Ephéméroptères et les Diptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 35,55 % (soit 50172 individus) et 31,25 % (soit 44125 individus) de la faune totale. Ils sont abondants dans toutes les stations et totalisent près de 70 % de la faune récoltée.

Les Oligochètes, les Coléoptères, les Trichoptères, les Crustacés, les Plécoptères et les Mollusques occupent respectivement la 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} place par ordre d'abondance numérique. Ils comptent respectivement 13,76 % (19391 individus), 6,02 % (8550 individus), 3,9 % (5548 individus), 3,38 % (4781 individus), 3,36 % (4759 individus) et 1,26 % (1781 individus).

Les Hydracariens, les Planaires, les Hirudinés, les Hétéroptères, les Planipennes et les Odonates sont faiblement représentés. Ils ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée.

L'analyse de la répartition de la faune récoltée a mis en évidence leur grande diversité dans les zones d'altitude. Les stations amont des cours d'eau renferment plus de 80 % de la richesse taxonomique totale. Les stations de piémont et de basse altitude enregistrent une richesse taxonomique comprise entre 38 et 48 taxons : ce sont des secteurs à 'perturbation intermédiaire' caractérisés par un substrat hétérogène à dominance de galets, une végétation aquatique assez abondante, une vitesse de courant modérée et une température maximale de l'ordre de 26 °C. Dans les stations du potamal, le nombre de taxa récolté est relativement réduit (entre 30 et 34 taxons). Ceci est dû aux températures de l'eau assez élevées ($T^{\circ} \text{max} = 32^{\circ}\text{C}$), au substrat à dominance de sable et de matière organique, et à l'impact négatif des perturbations anthropiques que subissent ces secteurs des cours d'eau.

Les différents indicateurs utilisés, à savoir la richesse spécifique, l'indice de diversité, l'équitabilité et l'indice de Margalef, ont permis l'étude descriptive de la structure du peuplement.

D'une manière générale, H' et E augmentent d'une part, avec le nombre d'espèces et, d'autre part, avec la régularité de leur distribution d'abondance, autrement dit, un indice faible est une conséquence d'un faible nombre de taxons et/ou de la dominance de quelques espèces.

Concernant l'indice de Margalef, nous arrivons aux mêmes conclusions puisqu'il varie dans le même sens. En effet, dans les différents peuplements, les profils de variation des indices H' , E et Margalef présentent la même allure.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations des cours d'eau de montagne (TR, AI, W1, D1) avec $H' > 4$ et Indice de Margalef > 4 et $E > 0,7$. Ces stations présentent un peuplement bien diversifié où plusieurs taxons sont bien représentés. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées aux stations D2 ($H'=2,18$, Indice de Margalef $=2,95$, et $E=0,40$) et BK ($H'=2,40$, Indice de Margalef $=2,39$, $E=0,49$) et à un degré moindre aux stations W2 ($H'=2,97$, Indice de Margalef $=2,95$, $E=0,55$), A4 ($H'=2,83$, Indice de Margalef $=2,82$, $E=0,83$), et A5 ($H'=2,76$, Indice de Margalef $=2,75$, $E=0,55$), où ils existent 3 à 4 taxons très abondants.

Aux stations AA, A1, A2, A3, BH, FR et TA, les valeurs de H' sont > 3 pour et pour $E > 0,6$. Elles traduisent ainsi une diversité moyenne des peuplements avec cependant une bonne représentation de quelques taxons.

L'utilisation des méthodes multivariées d'ordination a permis de mettre en évidence l'opposition entre les stations les plus en amont (alt. > 700 m) (groupe 1 : AA, AI, A1, D1, TR, W1) et les stations de piémont et de basses altitudes (groupe 2 : D2, A2, A3, A4, A5, BH, FR, TA).

La distribution spatiale des espèces est précisée grâce à une analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur la matrice stations x espèces (16 stations x 48 taxons). La classification ascendante hiérarchique a permis d'individualiser 4 noyaux d'affinité entre les stations d'une part et les espèces EPTC d'autre part.

Les associations spécifiques et les stations qui les hébergent ont permis de morceler les cours d'eau étudiés en quatre zones. Pour chaque zone ainsi définie, une liste d'espèces fondamentales et accessoires est proposée.

Le groupe 1 correspond aux taxons inféodés aux stations des cours d'eau d'altitude (TR, AA, AI, D1, A1). Ce groupe représente bien la zone des sources et leurs émissaires, de faibles amplitudes thermiques.

Le groupe 2, comprenant sept taxons fondamentaux et contribuant à la formation de ce noyau, peut être qualifié de groupe à éléments polluo-sensibles et sténothermes d'eau froide. Par leurs abondances, Ils caractérisent la station W1. Tous ces taxons montrent de faibles amplitudes d'habitat.

Le groupe 3 comprend principalement des espèces de piémont : la station la plus typique est la station A2 (alt. 380 m) située sur une zone de transition entre la moyenne montagne et la basse vallée (zone de rupture de pente). Elle traduit le clivage entre le groupe de stations de montagne et celui de basse altitude.

Le groupe 4 comprend principalement des espèces de basse altitude. Elles présentent la même valence écologique ainsi que les mêmes préférences thermophiles.

L'étude de la qualité hydrobiologique des cours d'eau échantillonnés, apprécié par la méthode de l'IBGN a montré une hétérogénéité de la qualité de l'eau. Ces résultats montrent une nette dégradation entre les sites de montagne et ceux de basse altitude, la valeur de

l'IBGN chute de plus de 10 points dans la plupart des compagnes : passage de la classe de qualité "1A" (très bonne qualité) à une classe "3" (qualité médiocre).

En perspectives, il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie les différents réseaux hydrographiques et engager des suivis annuels; avec un plus grand nombre de stations afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution de la faune. Certaines mesures de protection devraient être prises afin de préserver les milieux aquatiques. Il est aussi indispensable de construire et maintenir en bon état de marche les installations de traitement et les stations d'épuration des eaux résiduaires.

Une réglementation en vigueur doit être mise en place afin d'interdire les prélèvements illicites de sable des Oueds. A cette fin, il faut mettre l'accent sur l'éducation et la sensibilisation de la population par des moyens d'information afin qu'elle puisse prendre conscience de l'importance de l'eau et de sa qualité.

- ANONYME.** Données hydrobiologiques de l'Agence Nationale des Ressource Hydrauliques. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation. A.N.R.H.
- ANONYME.** Données climatiques de l'Office Nationale de la Météorologie. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation O. N. M.
- ABDESSELAM M., 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidentale (Grande Kabylie Algérie).
- AFNOR, 1992 .,** « Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) », Essai des eaux, NF T90-350, déc, 1992.
- AGUESSE P., DAKKI M., 1982.** Les Hétéroptères aquatiques du Maroc. Inventaire commenté. *Bull. Inst. Scient., Rabat*, 6 : 125-138
- AIT-MOULOUD S., 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister, U.S.T.H.B., Alger : 118p.
- ANGELIER E., 2000.** Ecologie des eaux courantes, édition Technique et document. 199p.
- ARAB A., 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse Magister, U.S.T.H.B. 145p.
- ARAB A., 2004.** Recherches faunistiques et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chéelif et du bassin versant du Mazafran. Thèse Doctorat, U.S.T.H.B. 145p.
- ARAB A., LEK S., LOUNACI A. et PARK Y.S., 2004.** Spatial and Temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.*, 40 (4): 317-327
- ANGUS R.B., 1973.** Pleistocène *Helophorus* (Coleoptera, Hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the western Ukraine, with a reinterpretation of Lomnick's species, description of a new Siberian species, and comparaison with British weichselian faunas. *Phil. Trans. Roy.Soc., London, Biol. Sc.*, 265 (869): 299-326.
- ANGUS R.B., 1976 .** A reevaluation of the taxonomy and distribution of some european species oh *Hydrochus* Leach (Col. Hydrophilidae). *Entomologist's Mon. Mag.*, : 112: 177 – 202
- BAGNOULS F & GAUSSEN H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Document pour les cartes de production végétale. Série généralité cartographie de l'unité écologique. Edit. Edward. Privat, Toulouse : 47p.
- BAILLEY R.G., 1966.** Observation on the nature and importance of organic drift in a Devon River. *Hydrobiologia* 27: 353-367;
- BARBAULT R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson ed., Paris : 208 p
- BARBAULT R., 1995.** Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2^{ème} édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19.
- BEDEL L., 1895.** Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitanie) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madère. Première partie. *Soc. Ent. Fr. (ed.) Paris* : 402.

- BELIFIORE C. 1983.** Efemerotteri (Ephemeroptera) in 'Guide per il ricinoscimento delle specie animali delle acque interne italiane'. C.N.R.AQ/1/201, **24** : 1-113.
- BENBOW M.E., BURKY A.J. & WAY C.M., 2003.** Life cycle of a torrenticolous Hawaiian chironomid (*Telmatogeton torrenticola*): stream flow and microhabitat effects. *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.*, 39, 103-114.
- BERAHOU A., CELLOT B., & RICHOUX P., 2001.** Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ses principaux affluents (Maroc), *Ann. Limnol.* 37(3) : 223-235.
- BERTHELÉMY C 1966.** Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courante (*Hydraena* et *Elminthidae*) des Pyrénées. *Anns Limnol.*, 2(2) : 227-458.
- BERTHELEMY C., 1973.** Données préliminaires sur les Plécoptères de Tunisie. *Vehr. Internat. Verein. Limnol.*, 18: 1554-1548.
- BERTHELÉMY C., 1979.** Elmidae de la region paléarctique occidentale: systématique et repartition (Coleoptera, Dryopidea). *Anns Limnol.*, 15 (1) : 103 p.
- BERTHÉLEMY C & OLMI M., 1978.** Psephenidae, Dryopidae et Elmidae in "Limnofaune Europea ". J. Illies (Ed.), G. Fischer, Stuttgart : 315-318.
- BERTRAND H., 1972.** Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F.
- BLONDEL J., 1979. Biogéographie et écologie. Masson ed., Paris : 173 p.**
- BOLBAOCA D. S. & JANTSHIT L., 2006.** Pearson vers spearman. Kendell's Tau correlation Analysis on structure. Activity relationships of Biologic active compounds. Leonardo Journal of sciences. 179 – 200.
- BOULUNIER T., NICHOLAS J.D., 1998.** Estimating species richness : the importance of heterogeneity in species de tectability. The ecological society of America: 1018. *Ecology* 73 (3).
- BOUMAIZA M., 1994.** Recherches sur les eaux courantes de Tunisie : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Docteur ès-sciences, Univ. Tunis II : 429 p.
- BOUMAIZA M. & THOMAS A.G.B. 1995.** Distribution and ecological limits of Baetidae vs the other mayfly families in Tunisia: a first evaluation (Insecta, Ephemeroptera). *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, **131** : 27-33.
- BOURNAUD M., 1963.** Le courant, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique. *Hydrobiologia* 21 (1/2) : 125-165.
- BOURNAUD M. & KECK G., 1980.** Diversité spécifique et structure des peuplements macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le Furans (Ain). *Acta Oecologica, Oeocol. Gener*, vol. 1, n°2, 131-150.
- BOURNAUD M. & THIBAUT M., 1973.** La dérive des organismes dans les eaux courantes. Etude bibliographique. *Anns Hydrobiol.* 4 : 11-49 .
- BOUZIDI A., 1989.** Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse d'état, Fac. Sc. Tech. St. Jérôme, Université d'Aix-Marseille III : 190 p.
- BOUZIDI A., & GUIDICELLI J., 1994.** Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas Marocain. *Rev. Fac. Sci. Mar.*, 8 : 23 – 43.

- BROUQUET-LAGLAIRE Y., 1985.** Etude des Chironomidae (Diptera) de quelques rivières polluées du bassin de la Garonne : Touyre, Agout, Dadou, Thoré, Bas Lot. Thèse Doc. 3^{ème} cycle. Toulouse : 273 p.
- CAILLEUX A., 1954.** Limites dimensionnelles des noms des fractions granulométriques. *Bull.Soc. Geol.Fr.*, 4: 185-195.
- CARREL G., BERTHELEMY D., AUDA Y. & CHESSEL D., 1986.** Approche graphique de l'analyse en composantes principales normées: utilisation en hydrobiologie. *Acta Oecologica* 7 : 189 – 2003.
- CAYROU J., COMPIN A ., GIANI N. & CEREGHINO R.** Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques et leur utilisation pour la typologie des cours d'eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (France). *Annls Limnol.* 36(3) 2000 : 189-202.
- CERRIGHINO R., 1992.** Influence des variations artificielles du débit sur la faune
- CHAMPIART D. & LAPRENT T.P., 1994.** Biologie des eaux. Méthodes et techniques. Edition Masson : 77- 87.
- CHAVANON G., 1979.** La dérive des invertébrés dans les courantes : Méthode de récolte, relation avec le benthos et effet de quelques perturbations polluantes. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Cl. Bernard. Lyon. 1 : 182p.
- CONSIGLIO C. 1963.** Plecotteri delle isole del Mediterraneo. *Mon. Zool. Ital.*, **70-71** : 147-158.
- DAJOZ R., 1979.** Précis d'écologie. Paris. G.V : 549 p
- DAJOZ R., 1985.** Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5^{ème} édition. Gauthier Villard. Paris : 505p.
- DAJOZ R., 2006.** Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions 8^{ème} édition Dunod. 630p.
- DAKKI M. 1987.** Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen Atlas) : études typologiques et analyses écologiques et biogéographiques des principaux peuplements entomologiques. *Trav. Inst. Sci., Rabat*, Série Zool. 42: 99 p.
- DAKKI M. & El AGBANI M.A. 1983.** Ephéméroptères d'Afrique du Nord : 3. Eléments pour la connaissance de la faune marocaine. *Bull. Inst. Sc. Rabat*, **7** : 115-126.
- DECAMPS H., 1967.** Ecologie des Trichoptères de la vallée d'Aure (Hautes Pyrénées). *Annls Limnol.* 3 (3) : 399-577.
- DECAMPS P., 1968.** Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annls Limnol.*, 4 : 1-50.
- DECAMPS H., 1971.** La vie dans les cours d'eau. Presses universitaires de France, Paris : 128p.
- DERRIDJ A. 1990.** Etude des populations de *cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Docteur es- sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse : 288p.
- DETHIER M., 1981.** Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne II. Hétéroptères- Off. Rech. Sci. Tech. Outre Mer (ed.), 45 : 661-683.

- DETHIER M., 1985-1986.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Insectes. Hétéroptères aquatiques et ripicoles (genres et principales espèces). Association française de limnologie : 40p.
- DYNESIUS M. & NILSON C., 1994.** Fragmentation and flow regulation of river systems in the northeast third of the world. *Science*, 266: 753-762.
- ECHAUBARD M., & NEVEU A., 1975.** Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couse Pavin (PUY- DE-DOME), dues aux pollutions agricoles et urbaines. Lab. De Zool, Biol animal et écologique. INA-INRA : 24p.
- EDWARDS F.W., 1923.** On some algerian species of Simulium. *Archs Inst. Pasteur Alger*, 1 (4): 647-653.
- EL AGBANI M.A., DAKKI M. & BOURNAUD M., 1992.** Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) : les milieux aquatiques et leurs peuplements macroinvertébrés. *Bull. Ecologie*, 23 (1/2) : 103-113.
- ELLIOT J., 1967.** Invertebrate drift in a Dartmoor Stream. *Archs. Inst. Pasteur. Algérie*. 1 (4): 647-653.
- ELLIOT J.M. & MINSHALL (G.W., 1968.** The invertebrate drift in the River Duddon English Lake District. *OIKOS*.19: 39-52.
- EMBERGER L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. *Rev.Trv.Lab.Bot. Montpellier*, 7, 3-43.
- EVERARD M., 1996.** la dérive des exuvies nymphales de Chironomidae (Diptera) dans une rivière salmonicole, le SAMSON et trois affluents (Belgique).impact des pollutions sur cette faune natura-mosana (Belgaum). (Jul-sep 1996). v.49(3) : 104-122.
- EVARD M. & POWELL A., 2002.** Rivers as living systems. *Aq. Cons. Mar. Freshwat. Ecosyst.*, 12 : 329 – 337.
- FERRITO F., 1994.** Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents. *Annlis Limnol.* 30 (1) : 33-56.
- FRANCISCOLO M.E., 1979.** Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Fauna d'Italia, Galderini (Ed.), Bologna: 804 p. 2235 figs.
- GAGNEUR J & ALIANE N., 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Grainesville FL, USA.
- GAGNEUR J. & CLERGUE-GAZEAU M., 1988.** Les Simulies d'Algérie (Diptera, Simuliidae).I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. *Annlis Limnol.*, 24 (3) : 275-284.
- GAGNEUR J., GIANI N., & MARTINEZ-ANSEMIL E., (1986).** Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 122 : 119-124.
- GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B., 1988.** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I.- Répartition et écologie (1^{ère} partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Bull.Soc. Hist.nat. Toulouse*, 124 : 275-284.

- GASCHIGNARD O., PERSAT H. & CHESSEL D., 1983.** Répartition transversale des macroinvertébrés benthiques dans un bras du Rhône. *Hydrobiologia*, 106, 209-215.
- GASCHIGNARD O., 1984.** Impact d'une crue sur les macro-invertébrés benthiques de Rhône. *Verts. Internat. Verein. Limnol.* 22 : 1997-2001.
- GAUTHIER H., 1928.** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse Doctorat, Alger : 149p. 59 figs., 3 pls., 5 cartes.
- GAËTAN du CHATENET, 1990.** Guide des Coléoptères d'Europe. Edition Delachaud et Niestlé 1990, 479p.
- GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques. Pollution- méthodes- IBGN. 2^{ème} édition educagri. 215p.
- GRALL J. & HILY C., 2003.** Traitement de données stationnelles (Faune). *Robert. FT* 10(1). Doc.
- GOUSKOV N., 1942.** Reconnaissance hydrogéologique dans la région d'Ain Sefra et Geryville (Sud oranais) rapport inédit, S.E.S, Birmandraeis, Alger.
- GRANDAROVSKI BM., 1965.** Etude hydrogéologique de la région d'Ain Sefra et Geryville (Sud oranais) rapport inédit, S.E.S, Birmandraeis, Alger.
- GUIDECELLI J., DAKKI M. & DIA A., 1985.** Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22 :2094-2101.
- GUIDECELLI J., DIA A. & LEGIER P. 1980.** Etude hydrobiologique d'une rivière de région méditerranéenne, l'Argens (Var, France) : habitats, hydrochimie, distribution de la faune benthique. *Bijdragen tot de dierkunde*, 50 (2): 303-341.
- GUYOT G., 1999.** Climatologie de l'environnement. 2^e Edition Dunod, Paris, 525p.
- HAMZAOUI D., 2009-** Impact des changements climatiques sur la répartition de la faune Benthique de l'oued Saoura (wilaya de Bechar). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B., 80p.
- HELD U., 2010.** Piéges de corrélation: les coefficients de corrélation de Pearson et spearman. *Biostatiques Hoorten-§Zentrum, Univ. Spital. Zurich. Forum. Med Suisse.*
- HYNES H.B.N., 1970.** The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool. 555p.
- HOLMIERE D., 1988.** La dérive des invertébrés aquatiques sur la moyenne et basse Neste d'Aure (Hautes Pyrénées). Impact des aménagements Hydro-électriques. Thèse 3^{ème} cycle. Univ. P. Sabatier. Toulouse : 115p.
- HUSTON M 1979.** A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113 (1): 81 – 101
- ISERENTANT R. & SLOOVER J.R., 1976.** Le concept de bioindicateur, *Mém. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 7, p. 15-24.
- ILLIES J. & BOTOSANEAU L., 1963.** Problèmes et méthodes de classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Ent. Ver. Limnol.*, 12: 1 – 57.
- JÄCH M.A., 1984.** New and little know palearctic of the genus *Ochthebius* (subgen. *Hymenodes*) (Coleoptera, Hydraenidae). *Aquatic insects*, 6(2): 109-114.

- KADDOURI H., 1986.** Révision des *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de Tunisie (Coléoptera, Hydraenidae). Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Unive. Paul Sabatier : 155.
- KADI-HANIFI-ACHOUR H., 1998.** L'alfa en Algérie : Syntaxonomie, relation : milieu-végétation, dynamique et perspective d'avenirs. Thèse. Doc. USTHB.
- KHETTAR 2009.** Etude des peuplements de macroinvertébrés et des conditions de milieu de l'oued El Hammam (W. Mascara et Saida). Mémoire de Magister en Sciences de la Nature – FSB – USTHB : 86 p.
- KOLKWITZ R. & MASSON M., 1908.** Okologie der pflanzlich-saprobien. Ber. Dt. Bot. Ges., **26**: 505-519p
- KOLLI A., 1984.** Contribution à l'étude des minéralisations cuprifères des sédiments détritiques Mésozoïques de la région d'Ain Sefra (Monts des Kseur- Algérie). Thèse 3^{ème} cycle. Université de Bab Ezzouar. 226p.
- LAFONT M. 1983.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises (Annelides, Oligochètes). Bull. Mens de la Soc Linnéenne de Lyon 52. n°4. 104-135.
- LAVANDIER P., 1979.** Ecologie d'un torrent Pyrénéen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de doctorat d'Etat. Univer. Paul Sabatier Toulouse : 523p.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1979.** Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2^{ème} Edition Masson, Paris : 206 p.
- LEGIER P., 1979.** Recherches sur l'écologie des ruisseaux temporaires. Ecologie des ruisseaux temporaires de Provence et les informations qu'elle apporte sur la naissance, la maturation et la structure d'un écosystème d'eau courante. Thèse Doct. Etat. Marseille : 320.
- LEGIER P., 1984.** Importance de la dérive dans la mise en place des communautés d'invertébrés dans les cours d'eau temporaires de la Provence calcaire. *Ecologia Mediterranea*. **X (1-2)** : 44p.
- LESTAGE J.A., 1925.** Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H Guathier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord, **16** : 8-18.
- LOUNACI A., 1987.** Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse Magister, U.S.T.H.B., 133p.
- LOUNACI A., 2005.** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). 208p.
- LOUNACI-DAOUDI D., 1996.** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou : 152p.
- LOUNACI A. & VINÇON G., 2005.** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera), *Ephemera*, **6(2)** : 109-124.

- LOUNACI A., B. BROSSE S. THOMAS A.& LEK S., 2000(a).** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algerian stream: the Sebaou wadi. *Anns Limnol.*, **36 (2)**:123-133.
- LOUNACI A., BROSSE S., AIT-MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D. & MEBARKI M. 2000b.** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream : a species check-list of the Sebaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 136.
- MALICHY H. & LOUNACI A., 1987.** Beitrag zur taxonomie und faunistik der cherfliegen von Tunisien, Algerien und Moroko (Trichoptera). *Opusc. Zool. Flumin*, **14** : 1-20.
- MARGALEF R., 1951.** Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. Apl.*, Barcelona, 9: 5 – 27.
- MATHURIAU C., 2002.** Les macroinvertebrés des cours d'eau Andins du sud-ouest de la Colombie : ecologie et bioindication. Thèse de doctorat en hydrobiologie. Université PAUL SABATIER. (Toulouse). 309 p.
- 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 macroinvertebrés benthiques. Thèse de Magister
- MOHAMMED FEKHAOUI, MOHAMED DAKI & MOHAMED AZIZ EL AGBANI, 1993.** Faune benthique d'une rivière polluée: L'oued Sebou à l'aval de la ville de Fés (Maroc). *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, n°17,pp. 21-38.
- MOUBAYED Z., 1986.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorat es Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 496 p.
- MOUBAYED J., AIT-MOULOUD S. & LOUNACI A., 1992.** Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). *NachrBl. Bayer. Ent.*, 41 (1) : 21-29.
- MOUBAYED J., LOUNACI A. & LOUNACI-DAOUDI D., 2007.** Non-biting midges from Algeria, North Africa (Diptera, Chironomidae). *Ephemera*, **8 (2)**:93-99. Occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapires atlasiques. Thèse Magister. U.S.T.H.B / IST.
- NAVAS L., 1929.** Insectes Névroptères et voisins Barbarie. Septième série. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, **7 (20)** : 57-60.
- OLMI M., 1972.** The palearctic species of the genus *Dryops* Oliver (Coleoptera, Dryopidae). *Bull.Mus. Zool. Univ. Torino*, 5 : 69-132.
- OZENDA P., 1958.** La flore du sahara septentrional et central. CNRS, 487 p.
- PATTÉE E. & GOURBAUT N., 1981.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Tubellariés Triclades paludicoles (Planaires d'eau douce).Extrait du *Bull. mens. De la Soci. Limn. de Lyon*, 26 p.
- PEARSON W.D. & FRANCLIN D.R., 1968.** Some factors affecting drift rates of Baetis and Simuliidae in a large river. *Ecologie*. 49 (1): 75-81.
- PEGUY CH.P., 1970.** Précis de limatologie. Masson et Cie, Paris : 468p.

- PIELOU E.C., 1966.** Shannon 's formula as measure of specific diversity: its use and measure. *American Naturalist*, 100p
- PIELOU E. C., 1969.** An introduction to mathematical ecology. Wiley – Interscience, New-York : 286 p.
- POISSON R., 1938.** Hémiptères aquatiques Sandaliorrhyncha Born. De la faune française. II. Micronectinae. Etude systématique et biologique ; principales espèces paléarctiques. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 107 : 81-120.
- POISSON R., 1957.** Hétéroptères aquatiques. In P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, C.N.R.S. (Paris), 61 : 264p.
- QUEZEL P. & SANTA S., 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 2 tomes, 1170p.
- RAMADE F. 2003.** Element d'écologie: Ecologie fondamentale. 3ème edition. Dunod. Paris: 190 p.
- RICHARDS C., HOST G.E. & ARTHUR J.W., 1993.** Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwat. Biol.*, 29, 285-294.
- 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^e année, n° 4,8 et 9. 56p
- RIVOSECCHI L., 1984.** Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. DITTERI (Diptera) . Consiglio nazionale delle ricerche. 176p.
- RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. Dunod. 1383p.
- SAMRAOUI B. & MENAI R., 1999.** A contribution to the study of Algerian Odonata. *Int.J. Odonatology*, 2 (2): 145-165.
- SARTORI M. 1988.** Quelques compléments à la faune des Ephéméroptères de Suisse (Insecta, Ephemeroptera). *Bull. Soc. Ent., Suisse*, 61 : 339-347.
- SEKHI S., 2010.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés ces cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB, 117p
- SEURAT (L.G.). 1934.** Etudes zoologiques sur le Sahara Central. Mission du Hoggar III (Fév-Mai 1928). *Mem. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, 4: 5-195.
- SHANNON C. E. & WEAVER W., 1963.** The mathematical theory of communication. Urbane: University of Illinois Press: 117 p.
- SORENSEN T., 1948.** A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commens. *Biol. Skr.*, 5: 1 – 34.
- SOUTHWOOD (T.R.E) 1977.** Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal ecology*, 46 : 337-365.

- SOWA R., 1975.** Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. I. Distribution and quantitative analysis. *Acta Hydrbiol.*, 17 (3): 223-297.
- TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Association française de limnologie : 150p.
- TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1984.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. 2^{ème} edit. Assoc. fr. Limnologie édit., Paris, 155 pp.
- TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH. & USSEGLIO-POLATERA Ph. 2000.** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie. Ed CNRS- Paris. 588p.
- TATE C.M. & HEINY J.S., 1995.** The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.*, 33, 439-454.
- TEBIBEL (S.). 1991.** Hémiptères aquatiques d'Algérie : clés dichotomiques, inventaire des espèces, aperçu écologique, distribution en Algérie et dans le monde. Thèse Magister, U.S.T.H.B. Alger : 247p.
- THIEBAULT J., 1952.** Socle métamorphique en grande Kabylie : monographie régionale. XIX^{ème} congrès géologique international, Algérie, 1^{ère} série (4) : 43p.
- THIENNEMAN A., 1954.** Chironomus. Leben, Verbreitung wirtschaftliche Bedeutung des Chironomidae. In : *Die Bi. Gewasser*, Band XX, Stuttgart : 834p.
- THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLEDEC S. & OLIVIER J.M., 1997.** ADE4: A multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing*, 7: 75 – 83.
- THOMAS A.G.B., 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 330p.
- THOMAS A., 1998.** A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bull. Soc.hIST ; NAT ; Toulouse*, **134** : 13-20.
- THOMAS A. & GAGNEUR J., 1994.** Compléments et corrections à la faune des Ephéméroptères d'Afrique du Nord. 6. *Alainities sadani n.sp. d'Algérie* (Ephemeroptera, Baetidae) *Bull. Soc. Hist.nat. Toulouse*, **130** : 43-45.
- TONN W.M., 1990.** Climate change and fish communities : a conceptual framework. *Trans. An. Fish. Soc.* 119 : 337 – 352.
- TOUFFET J., 1982.** Dictionnaire essentiel d'écologie. Ouest-France, 108p.
- TOURENQ J.N., 1975.** Recherches écologiques sur les Chironomides (Diptera) de campagne. Thèse Doctorat : 424 p.
- TOWNSEND C.R., 1989.** The patch dynamics concept of stream ecology. *J.N.Am. Benthol.Soc.*, **8** (1) : 36-50.
- TOWNSEND C.R. & HILDREW A.G., 1994.** Longitudinal pattern in detritivores of acid streams: a consideration of alternative hypotheses. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 22, 1953-1958.

- TUFFERY G. & VERNEAUX J. 1967.** Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Tra. Div. Qual. Eaux P. Pisc., C.T.G.R.E.F.23p.Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 61p.
- USSEGLIO-POLATERA P. THOMAS S. BEISEL J.N. & MORETEAU J.C. 1999.** Illustration de la valeur indicatrice des caractéristiques biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à différentes échelles d'observation. *Annls Limnol.* 35 (1) : 71-80.
- VAILLANT F., 1955.** Recherches sur la faune macrique de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctorat, Université de Paris (Zool), 11 : 258p.
- VERNEAUX J., 1973.** Recherches écologiques sur le réseau du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse Doct. Etat, Université de Besançon : 260 p.
- VERNAUX J., 1980.** Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales : Les principales méthodes biologiques. Ed. Gauthier-Villars (Paris) 345p.
- VERNEAUX J., FAESSEL B. & MALESIEU M., 1976.** Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. Trav. Lab. Hydrobiol., Univ. Besançon et CTGREF, ronéo : 40p.
- VERNEAUX J. & COLL B., 1982.** Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de qualité générale (IBG). *Ann. Sci. Univ. Franche-Compté, Besançon*, 4 (3) : 11-22.
- VINÇON G., 1987.** Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau, en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse Docteur Ingénieur, Univ. Paul Sabatier Toulouse : 381p.
- VINCON G. et THOMAS A. G. B., 1987.** Etude hydrobiologique de la vallée d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques).I. Répartition et écologie des Ephemeroptères. *Annuls Limnol.* 23 (2): 95-113.
- VINCON G. & PARDO I. 1998. Three new *Leuctra* species from Tunisia (Plecoptera: Leuctridae). *Aquatic Insects*, 20 (2) : 109-123.
- WASSON J.G., DUMONT B. & TROCHERIE F. 1981.** Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvements des invertébrés benthiques dans les cours d'eau. CEMAGREF de Lyon, Division Qualité des eaux, Pêche et Pisciculture: 18p.
- WATERS T.F., 1961.** Standing crop and drift of stream bottom organisms. *Ecology*, 42,3: 532-537.
- WATERS T.F., 1965.** Interpretation of invertebrate drift in stream. *Ecology*. 43 : 324-334.
- WOODIWISS (F.S.). 1964.** The biological system of stream classification used by the trent river board. *Chemistry and industry*: 443-447.
- YAKOUB B., 1985.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI : 215p.
- YAKOUB B., 1996.** Le problème de l'eau en grand Kabylie. Le bassin versant de Sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Edition Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou: 210p.

- YANNICK G., 2004.** Méthodes d'évaluation de l'intégrité biotique du milieu aquatique basées sur les macroinvertébrés benthiques- rapport de stage. Env/ 0158.collection n° QE/146.
- YASRI N., 2009.** Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, USTHB, 96p.
- ZERGUINE K., SAMRAOUI B. & ROSSARO B., 2009.** A survey of chironomids from seasonal ponds of Numidie, Northeastern Algeria. *bioll. Zool. Agr. Bachic.* Ser. II, 41 (3): 167 – 174.
- ZWICK P. 1980.** Plecoptera. *Handbuch der Zoologie*, Berlin, 4 (2) 2/7 : 1-111.

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

Taxons/Stations	Code	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
Planaires																					
Dugesidae																					
<i>Dugesia</i>	<i>Dug</i>								5	272	12	8						297	0,21		4
OLIGOCHETES																					
Naididae	<i>Nai</i>		24		29	1090	132	2440	16	1094	1774	3672	1281	234	557	1200	1700	15243	10,81	78,6	14
Tubificidae	<i>Tub</i>	46	94	100	132	662	329	227	48	176	148	141	275	145	250	580	520	3873	2,75	19,97	16
Lumbricidae	<i>Lum</i>					49	7	33		58	42	36	50					275	0,19	1,42	7
Total		46	118	100	161	1801	468	2700	64	1328	1964	3849	1606	379	807	1780	2220	19391	13,76		
HIRUDINES																					
Erpobdellidae	<i>Erp</i>		103	21			26	49	67									266	0,19		5
MOLLUSQUES																					
Ancylidae																					
<i>ancylus</i>	<i>Anc</i>	100	172	113	584	162	87	23	40	67	83	47		3				1481	1,05	83,15	12
Bythinellidae																					
<i>bythinella</i>	<i>byt</i>		44	10		4	10		12									80	0,06	4,49	5
planorbidae																					
<i>Anisus</i>	<i>Ani</i>		16		6		18					10						50	0,03	2,81	4
Physidae																					
<i>Physa</i>	<i>Phy</i>									9	22	83	52			4		170	0,12	9,54	5
Total		100	232	123	590	166	115	23	52	76	105	140	52	3		4		1781	1,26		
CRUSTACES																					
Gammaridae																					
<i>Gammarus</i>	<i>Gam</i>		1720	8		12	353	49	2468	8								4618	3,27	96,59	7
Potamonidae																					
<i>Potamon</i>	<i>Pota</i>	14	31	10	20		59	3	16	10								163	0,11	3,41	8
Total		14	1751	18	20	12	412	52	2484	18								4781	3,38		
HYDRACARIENS																					
<i>Hydracaina</i>	<i>Hydc</i>	38	9	18	63	12	61	27	39	129	43	48	78	51	730	90		1436	1,02		15
EPHEMEROPTERES																					
Baetidae																					
<i>Acentrella</i>	<i>Ace</i>	360	338	402	588	14	765	458	597	500	374	198	92	233	45	529	36	5529	3,92	11,02	16
<i>Baetis</i>	<i>Bae</i>	633	1099	917	1352	3117	1177	5300	1054	1495	3005	3564	3724	1612	700	561	350	29660	21,04	59,11	16
<i>Centroptilum</i>	<i>Cen</i>	152	275	139	101	24	900	214	1120	84	96	96	174	346	105	355	48	4229	3	8,43	16
<i>Cloeon</i>	<i>Clo</i>													15	60	55		130	0,09	0,26	3
<i>Procloeon</i>	<i>Pclo</i>													10	3	3		16	0,01	0,03	3

Tableau VIII: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.(Suite)

Taxons/Stations	Code	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
Caenidae																					
<i>Caenis</i>	<i>Cae</i>				157	425		17	10	983	1278	591	372	311	155	116	121	4536	3,22	9,04	12
Ephemeraidae																					
<i>Ephemera</i>	<i>Eph</i>									4									0,003	0,008	1
Heptageniidae																					
<i>Ecdyonurus</i>	<i>Ecd</i>	51	30	15	107	86	3			49	20							361	0,25	0,72	8
<i>Heptagenia</i>	<i>Hep</i>	13			4					10								27	0,02	0,05	3
<i>Rhithrogena</i>	<i>Rhi</i>	9			42				16	4								71	0,05	0,14	4
Leptophlebiidae																					
<i>Habrophlebia</i>	<i>Hab</i>	1241	932	680	199	735	923	12	720				80					5522	3,92	11	9
<i>Choroterpes</i>	<i>Cho</i>									4	3	12	4	3	25			51	0,04	0,1	6
Potamanthidae																					
<i>Potamanthus</i>	<i>Pot</i>													22	8	6		36	0,02	0,07	3
Total		2459	2674	2153	2550	4401	3768	6001	3517	3133	4776	4461	4446	2552	1101	1625	555	50172	35,58		
PLECOPTERES																					
Capniidae																					
<i>Capnioneura</i>	<i>Cap</i>	18	3	4	34	3	13			12								87	0,06	1,83	7
Leuctridae																					
<i>Leuctra</i>	<i>Leu</i>	184	16	8	17	40	7		40	427								739	0,52	15,53	8
Nemouridae																					
<i>Amphinemura</i>	<i>Amp</i>	83	24	76	20		228											431	0,3	9,05	5
<i>Nemoura</i>	<i>Nem</i>						15											15	0,01	0,31	1
<i>Protonemura</i>	<i>Pro</i>	310	82	248	36	76	428	4	178	48								1410	1	29,63	9
Perlidae																					
<i>Perla</i>	<i>Per</i>	330	70	187	506		342											1435	1,02	30,15	5
Perlodidae																					
<i>Afroperlodes</i>	<i>Afr</i>	70	124	6		14	35											249	0,17	5,23	5
<i>Isoperla</i>	<i>Iso</i>	22		6	269	12	64			3								376	0,27	7,9	6
Taeniopterygidae																					
<i>Brachyptera</i>	<i>Bra</i>						17											17	0,01	0,36	1
Total		1017	319	535	882	145	1149	4	218	490								4759	3,36		
ODONATES																					
Achnidae																					
<i>Boyeria</i>	<i>Boy</i>	5	5	3		4	9		6									32	0,02	42,1	6
Gomphidae																					

Tableau VIII: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.(Suite)

Taxons/Stations	Code	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
<i>Gomphus</i>	<i>Gom</i>						8			22		10				2	2	44	0,03	57,89	5
Total		5	5	3		4	17		6	22		10				2	2	76	0,05		
HETEROPTERES																					
Corixidae																					
<i>Micronecta</i>	<i>Mic</i>						8			48	5	3		8	3			75	0,05	30,24	6
Mésoveliidae																					
<i>Mesovelia</i>	<i>Mes</i>	16	3	7	6		15	7	9									63	0,04	25,4	7
Hebridae																					
<i>Hebrus</i>	<i>Heb</i>	7	5		3		26											41	0,03	16,53	4
Aphelocheiridae																					
<i>Aphelocheirus</i>	<i>Aph</i>		3				3	7	4	5		5						27	0,02	10,89	6
Naucoridae																					
<i>Naucoris</i>	<i>Nau</i>							3										3	0,002	1,21	1
Hydrometridae																					
<i>Hydrometra</i>	<i>Hydo</i>	6	6															12	0,008	4,84	2
Gerridae																					
<i>Gerris</i>	<i>Ger</i>	4	9		5		5			4		8						35	0,02	14,11	6
Total		33	26	7	14		57	17	13	57	5	8		8	3	0		248	0,15		
COLEOPTERES																					
Curculionidae																					
<i>Curculionidae</i>	<i>Cur</i>	7		3	23				5									38	0,03	0,44	4
Dryopidae																					
<i>Dryops</i>	<i>Dry</i>						5								3	5	4	17	0,01	0,19	4
<i>Helichus</i>	<i>Hel</i>	6								5								11	0,008	0,13	2
Eubridae																					
<i>Eubria</i>	<i>Eub</i>							4										4	0,003	0,05	1
Hydrochidae																					
<i>Hydrochus</i>	<i>Hydr</i>	18				3	4		4			8						37	0,03	0,43	5
Hygrobiidae																					
<i>Hygrobia</i>	<i>Hyg</i>		5	5	107	5					4	3						129	0,09	1,51	6
Haliplidae																					
<i>Haliplus</i>	<i>Hal</i>													4	3			7	0,005	0,08	2
<i>Peltodytes</i>	<i>Pel</i>													45	5	3	15	68	0,05	0,79	4
Helodidae																					
<i>Helodes</i>	<i>Helo</i>		6															6	0,004	0,07	1

Tableau VIII: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.(Suite)

Taxons/Stations	Code	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
Hydraenidae																					
<i>Hydraena</i>	<i>Hyda</i>	70	48	44	825	50	541	16	49	696	6	12		11	15	5	3	2391	1,69	27,96	15
<i>Ochtebius</i>	<i>Och</i>										8			16	50	4	3	81	0,06	0,95	5
Hydrophilidae																					
<i>Hydrophilus</i>	<i>Hydp</i>	653	9	105	228	5	642	6	33		11	3		16	65	5	4	1785	1,26	20,87	14
Gyrinidae																					
<i>Girinus</i>	<i>Giri</i>		12		11													23	0,02	0,27	2
Dytiscidae																					
<i>Agabus</i>	<i>Aga</i>				36	5												41	0,03	0,48	2
<i>Bidessus</i>	<i>Bid</i>									3	9	17	75	60	42	8	4	218	0,15	2,55	8
<i>Dytiscus</i>	<i>Dyt</i>	21	7	5	36	3	54											126	0,09	1,47	6
<i>Eretes</i>	<i>Ere</i>	3																3	0,002	0,03	1
<i>Hydrovatus</i>	<i>Hydv</i>				9													9	0,006	0,1	1
<i>Laccophilus</i>	<i>Laco</i>				96	18		6		4	3			6				133	0,09	1,55	6
<i>Stictonectes</i>	<i>Sti</i>		3						3									6	0,004	0,07	2
<i>Yola</i>	<i>Yol</i>									3	8		5		3			19	0,001	0,22	4
Helophoridae																					
<i>Helophorus</i>	<i>Hel</i>	5		11				4	3									23	0,002	0,27	4
Hydrobiidae																					
<i>Laccobius</i>	<i>Lac</i>													105	62	85	4	256	0,18	2,99	4
Elmidae																					
<i>Elmis</i>	<i>Elm</i>	5	19		173		22		41									260	0,18	3,04	5
<i>Limnius</i>	<i>Lim</i>	46	13	30	259	12	33	3	32	1024	40	36	18	35	42	4	3	1630	1,15	19,06	16
<i>Oulimnius</i>	<i>Oul</i>				318		22	4			104	19	23	3	5	4	3	505	0,36	5,91	10
<i>Normandia</i>	<i>Nor</i>				7		46		3	44	3	4	3	3				113	0,08	1,32	8
<i>Esolus</i>	<i>Eso</i>			6	80			5	12	48	9		3	35	124	6	7	335	0,24	3,92	11
<i>Stenelmis</i>	<i>Ste</i>										17	4	4	3	3			31	0,02	0,36	5
<i>Riolus</i>	<i>Rio</i>	10																10	0,01	0,12	1
<i>Limnebius</i>	<i>Limn</i>						21	5		38								64	0,04	0,75	4
<i>Potamophilus</i>	<i>Potm</i>								4									4	0,003	0,05	1
<i>Macronychus</i>	<i>Mac</i>				36													36	0,02	0,42	1
<i>Dupophilus</i>	<i>Dup</i>				30		4											34	0,02	0,4	2
Noteridae																					
<i>Noterus</i>	<i>Not</i>							20										20	0,01	0,23	1

Tableau VIII: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.(Suite)

Taxons/Stations	Code	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
Chrisomelidae																					
<i>Macrolea</i>	<i>Mac</i>	6			16		6		4			4	6					42	0,03	0,49	6
Staphilinidae																					
<i>Coerostoma</i>	<i>Coe</i>			6														6	0,004	0,07	1
<i>Staphilinus</i>	<i>Sta</i>	3	6	4		8	8											29	0,02	0,34	5
TRICHOPTERES																					
hydropsychidae																					
<i>Hydropsyche</i>	<i>Hyd</i>	164	164	189	836	49	156	128	205	268	331	425	332	40	4	29	50	3370	2,39	60,74	16
Hydroptilidae																					
<i>Ecnomus</i>	<i>Ecn</i>										200	120	78	4	3	3	3	411	0,29	7,41	7
<i>Hydroptila</i>	<i>Hydo</i>														3	4	4	11	0,008	0,2	3
<i>Ithytrichia</i>	<i>Ith</i>	51		6	6		41		86				68					258	0,18	4,65	6
Philopotamidae																					
<i>philopotamus</i>	<i>Phi</i>	4	61				8		14									87	0,06	1,57	4
Psychomiidae																					
<i>Psychomyia</i>	<i>Psy</i>			30	72		11											113	0,08	2,04	3
Rhyacophilidae																		0			
<i>Rhyacophila</i>	<i>Rhya</i>		78	58	143	39	124	69	101	107	39	34	12	4	3		4	815	0,58	14,69	14
Polycentropodidae																					
<i>Polycentropus</i>	<i>poly</i>	20	44	13	23			3										103	0,07	1,86	5
Sericostomatidae																					
<i>Sericostoma</i>	<i>Seri</i>	10					12											22	0,01	0,39	2
Glossosomatidae																					
<i>Agapetus</i>	<i>Agap</i>		21					72	95									188	0,13	3,39	3
<i>Glossosoma</i>	<i>Glo</i>	20	17															37	0,03	0,67	2
Brachycentridae																					
<i>Micrasema</i>	<i>Mic</i>	5			50				64									119	0,08	0,02	3
Phryganeidae																					
<i>Trichstegia</i>	<i>Tri</i>	14																14	0,001	0,25	1
Total		288	385	296	1130	88	352	272	565	375	570	579	490	48	13	36	61	5548	3,9		
DIPTERES																					
Anthomyiidae	Ant				4		5	13		4	4	11	20				50	111	0,08	0,25	8
Athericidae	Ath	22	26	11	44	18	45			21	7	7	6	3				210	0,15	0,47	11
Blephariceridae	Ble	15	10	38	29	10	100	20	405	176	45							848	0,6	1,92	10

Tableau VIII: Répartition de la faune benthique dans les stations d'étude.(Suite)

Taxons/Stations	Code	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK	Ab	Ab r1	Ab r2	Oc
Ceratopogonidae	Cer	86	57	92	64	145	100	12	55	50	129	117	29	57	3	6	45	1047	0,74	2,37	16
Cylindrotomidae	Cyl										8							8	0,005	0,02	1
Chironomidae	Chi	530	381	450	340	1080	337	8045	196	2200	2680	2700	3800	536	879	1215	2418	27787	19,72	62,97	16
Dixidae	Dix	94	78	52	31	14	28		8	3				17	4	9	3	341	0,24	0,77	12
Dolichopodidae	Dol		11			5												16	0,01	0,04	2
Empididae	Emp				10	3	7								7	4		31	0,02	0,07	5
Ephydriidae	Eph			17			36	8				4						65	0,04	0,15	4
Limoniidae	Lim	23	59	270	22	36	77	4	12	11				54	109	32	37	746	0,53	1,69	13
Psychodidae	Psyc	19	19	12	10	17	6	16	16					6	45	17		183	0,13	0,41	11
Ptychopteridae	Pty							58				9	11					78	0,05	0,17	3
Simuliidae	Sim	130	72	78	93	4080	433	201	1537	303	32	1800	1674	69	111	760	279	11652	8,27	26,41	16
Stratiomyidae	Str	12	68	52	146	17	44	17	47	18		13	11	3	6		4	458	0,32	1,04	14
Tabanidae	Tab	6	34	12	16	54	54	15		3	7	5		13	75	8	6	308	0,22	0,7	14
Tipulidae	Tip	5	3	55	6	20	51	14	12	19	8	11	18		5	3	6	236	0,17	0,53	15
Total		942	818	1139	815	5499	1323	8423	2288	2808	2920	4677	5569	758	1244	2054	2848	44125	31,29		
PLANIPENNES																					
Neurorthidae																					
<i>Neurorthus</i>	<i>Neu</i>	90	27		20		58		3									198	0,14		5
Totaux		5885	6595	4632	8535	12230	9214	17640	9509	10301	10605	13882	12378	4141	4320	5720	5736	140906			
Occurrence		56	55	48	60	43	65	43	47	48	38	40	32	38	39	34	30				716

Ab : Abondance des taxons

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

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

Oc : Occurrence.

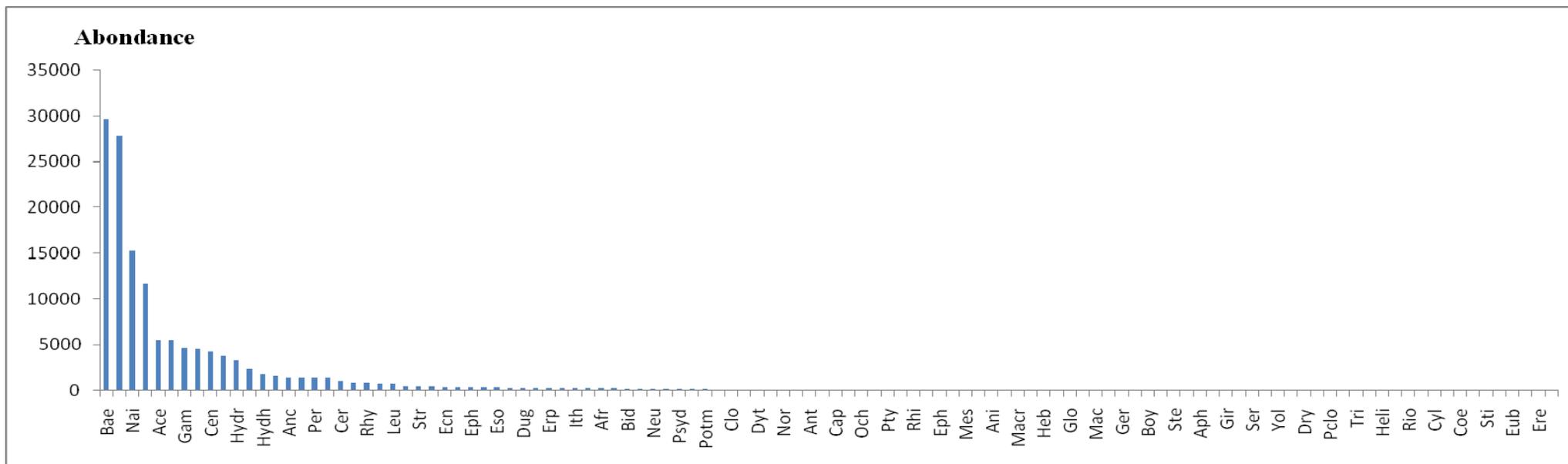


Figure 11 : Abondance des taxons

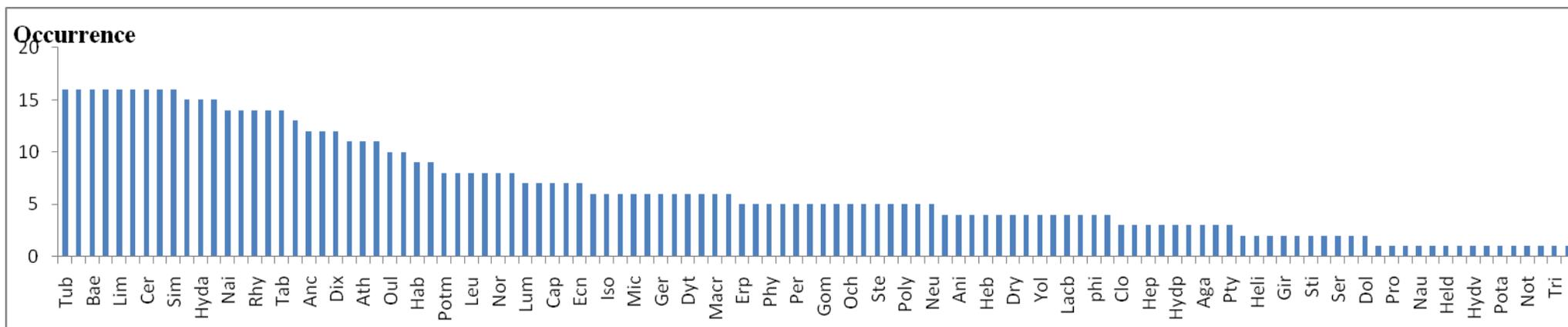


Figure 12 : Occurrence des taxons.

INTRODUCTION

CHAPITRE I

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA RÉGION D'ÉTUDE

CHAPITRE II

SITES ET MÉTHODES D'ÉTUDE

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Annexe I : Liste des 138 taxons (extrait de la norme AFNOR T 90-350, 1992).

<u>INSECTES</u>	HETEROPTERES	Stratiomyidae	Physidae
PLECOPTERES	Aphelocheiridae (3)	Syrphidae	Planorbidae
Capniidae (8)	Corixidae	Tabanidae	Valvatidae
Chloroperlidae (9)	Gerridae	Thaumaleidae	Viviparidae
Leuctridae (7)	Hebridae	Tipulidae	ACHETES (1)
Nemouridae (6)	Hydrometridae	ODONATES	Erpobdellidae
Perlidae (9)	Naucoridae	Aeschnidae	Glossiphonidae
Perlodidae (9)	Nepidae	Calopterygidae	Hirudinae
Taeniopterygidae (9)	Notonectidae	Coenagrionidae	Piscicolidae
TRICHOPTERES	Mesoveliidae	Cordulegasteridae	TRICLADES
Beraeidae (7)	Pleidae	Corduliidae	Dendrecaelidae
Brachycentridae (8)	Veliidae	Gomphidae	Dugesiiidae
Ecnomidae	COLEOPTERES	Lestidae	Planariidae
Glossosomatidae (7)	Curculionidae	Libellulidae	OLIGOCHETES (1)
Goeridae (7)	Donaciidae	Platycnemididae	<i>NEMATHELMINTHES</i>
Helicopsychidae	Dytiscidae	MEGALOPTERES	<i>HYDRACARIENS</i>
Hydropsychidae (3)	Eubridae	Sialidae	<i>HYDROZOAIRE</i>
Hydroptilidae (5)	Elmidae (2)	PLANIPENNES	<i>SPONGIAIRES</i>
Lepidostomatidae (6)	Gyrinidae	Osmylidae	<i>BRYOZOAIRE</i>
Leptoceridae (4)	Haliplidae	<i>Sysyridae</i>	<i>NEMERIENS</i>
Limnephilidae (3)	Helodidae	HYMENOPTERES	
Molannidae	Helophoridae	LEPIDOPTERES	
Odontoceridae (8)	Hydraenidae	<i>Pyalidae</i>	
Philopotamidae (8)	Hydrochidae	CRUSTACES	
Phryganeidae	Hydrophilidae	BRANCHIOPODES	
Polycentropodidae (4)	<i>Hydroscaphidae</i>	AMPHIPODES	
Psychomyidae (4)	<i>Hygrobiiidae</i>	Gammaridae (2)	
Rhyacophilidae (4)	<i>Limnebiidae</i>	ISOPODES	
Sericostomatidae (6)	<i>Spercheidae</i>	Asellidae (1)	
<i>Thremmatidae</i>	DIPTERES	DECAPODES	
EPHEMEROPTERES	<i>Anthomyidae</i>	Astacidae	
Baetidae (2)	<i>Athericidae</i>	Atyidae	
Caenidae (2)	Blephariceridae	Grapsidae	
Ephemerllidae (4)	Ceratopogonidae	Cambaridae	
Ephemeridae (6)	Chaoboridae	MOLLUSQUES (2)	
Heptageniidae (5)	Chironomidae (1)	BIVALVES	
Leptophlebiidae (7)	Culicidae	Curbiculidae	
Oligoneuriidae	Dixidae	Dreissenidae	
Polymitarcidae (5)	Dolichopodidae	Sphaeriidae	
Potamanthidae (5)	Empididae	Unionidae	
Prosopistomatidae	Ephydriidae	GASTEROPODES	
Siphonuridae	Limoniidae	Ancylidae	
	Psychodidae	Bithynidae	
	Plychopteridae	Bythinellidae	
	Ragionidae	Hydrobiidae	
	Scatophagidae	Lymnaeidae	
	Sciomyzidae	Neritidae	
	Simuliidae		

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

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	□t	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	Gi	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Chloroperlidae Perlidae 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 Goeridae 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	10	9	8	7	6	5
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 (1) Ephemerellidae (1) Hydropsychidae Aphelocheiridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Beatidae (1) Caenidae(1) Elmidae (1) Gammaridae (1) Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae (1) Asellidae (1) Achète Oligochètes (1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Annexe 3 : Alt : Altitude, Abond : abondance, R.taxo : richesse taxonomique, I.Sh : Indice de Schannon, I.Marg : Indice de Margalef et E : Equitabilité.

Station	TR	AA	AI	W1	A1	D1	W2	A2	D2	A3	A4	BH	FR	A5	TA	BK
Alt.	1115	1080	1010	950	920	900	680	380	350	300	200	220	160	140	100	60
Abond	5879	6593	4638	8535	9509	9209	12237	10306	17641	10877	13902	4141	3597	12386	5720	5736
R.taxo	55	55	49	60	47	64	43	48	43	38	40	38	39	32	34	30
I. Sh	4,19	3,88	4,13	4,59	3,56	4,55	2,97	3,76	2,18	3,03	2,83	3,31	3,57	2,76	3,20	2,40
I.Marg	4,15	3,84	4,10	4,56	3,54	4,52	2,95	3,74	2,17	3,01	2,82	3,28	3,54	2,75	3,18	2,39
E	0,72	0,67	0,74	0,78	0,64	0,76	0,55	0,67	0,40	0,58	0,53	0,63	0,68	0,55	0,63	0,49

Annexe 5 : faune benthique de la première campagne (mars-avril).

Taxon/stations	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR
PLANAIRE														
Dugesidae														
<i>Dugesia</i>										12				
OLIGOCHETES														
Naididae					1vi de	78	189		48	60	260	340	50	71
Tubificidae	11	31	28	24	31	148	30	10	23	20	14	65	25	55
Lumbricidae						7	9		11	14				
Total	11	31	28	24	41	233	228	10	82	94	274	405	75	126
HIRUDINEES														
Erpobdellidae		54				23	6	4						
MOLLUSQUES														
Ancylidae														
<i>ancylus</i>	12	54	3	16		12			10	35				
Bythinellidae														
<i>bythinella</i>		28												
Planorbidae														
<i>Anisus</i>														
Physidae														
<i>Physa</i>														
Total	12	82	3	16		12			10	35				
CRUSTACES														
Gammaridae														
<i>Gammarus</i>	0	529	8					180	8					
Potamonidae														
<i>Potamon</i>	0		6			3								
HYDRACARIENS														
<i>Hydracarina</i>			18			10			12	38			5	
EPHEMEROPTERES														
Baetidae														
<i>Acentrella</i>	88	4	88	180	14	586	47	90	0	0	0	25	125	15
<i>Baetis</i>	308	204	19	122	187	149	200	103	250	120	150	148	237	70
<i>Centroptilum</i>	38	55	35	92	0	22	0	0	0	96	33	0	100	22
<i>Cloeon</i>													5	20
<i>Procloeon</i>													4	
Caenidae														
<i>Caenis</i>	0	0	0	0		0	8	10	12	86	29	0	52	26
Ephémèridae														
<i>Ephémèra</i>														
Heptageniidae														
<i>Ecdyonurus</i>	0	0	0	25		0	0	0	19	0	0	0		
<i>Heptagenia</i>	5	0	0	0		0	0	0	10		0	0		
<i>Rhithogéna</i>	4	0	0	24		0	0	16	0	0	0	0		

Taxon/stations	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR
Curculionidae														
Dryopidae														
<i>Dryops</i>						5								
<i>Helchus</i>														
Eubridae														
<i>Eubria</i>							4							
Hydrochidae														
<i>Hydrochus</i>														
Hygrobiidae														
<i>Hygrobia</i>				7										
Haliplidae														
<i>Haliplus</i>														
Helodidae														
<i>Helodes</i>		6												
Hydraenidae														
<i>Hydraena</i>				5		3					12		5	4
<i>Ochtebius</i>										8			10	25
Hydrophilidae														
<i>Hydrophilus</i>	8	9				22							3	22
<i>Girinus</i>														
Dytiscidae														
<i>Agabus</i>														
<i>Bidessus</i>														
<i>Dytiscus</i>						4								
<i>Eretes</i>														
<i>Hydrovatus</i>														
<i>Laccophilus</i>														
<i>Stictonectes</i>														
<i>Yola</i>														
Helophoridae														
<i>Helophorus</i>							4	3						
Hydrobiidae														
<i>Laccobius</i>													35	12
Elmidae														
<i>Elmis</i>		10		12				7						
<i>Limnius</i>	5	8		9		14	3		4					
<i>Oulimnius</i>				6						9				
<i>Normandia</i>				7		3								
<i>Esolus</i>														
<i>Stenelmis</i>														
<i>Riolus</i>						13								
<i>Limnebius</i>														
<i>Potamophilus</i>														
<i>Macronychus</i>				4					3					

Taxon/stations	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR
<i>Dupophilus</i>														
Noteridae														
<i>Noterus</i>														
Chrisomelidae														
<i>Macrolea</i>														
Staphilinidae														
<i>Coerostoma</i>														
<i>Staphilinus</i>						3								
Total	16	33		50		67	14	7	7	22				
TRICHOPTERES														
hydropsychidae														
<i>Hydropsyche</i>	12	11	18	200	28	30		8	4	5	35	68	10	4
Hydroptilidae														
<i>Ecnomus</i>														
<i>Hydroptila</i>														
<i>Ithytrichia</i>	11					3								
Philopotamidae														
<i>philopotamus</i>		25												
Psychomyidae														
<i>Psychomyia</i>														
Rhyacophilidae														
<i>Rhyacophila</i>		20	12	6	3	46		11	4					
Polycentropodidae														
<i>Polycentropus</i>		8	5											
Sericostomatidae														
<i>Sericostoma</i>														
Glossosomatidae														
<i>Agapetus</i>		12						80						
<i>Glossosoma</i>														
Brachycentridae														
<i>Micrasema</i>														
Phryganeidae														
<i>Trichstegia</i>														
Total	23	115	35	206	31	82		99	8	5				
DIPTERES														
anthomyidae														
Athericidae	0	0	0	14		12	0	0	11	4				
Blephariceridae	15	0	26	17		66	9	148	18					
Ceratopogonidae	12	0	18	8		20	0	12	4	15			20	
Cylindrotomidae										4				
Chironomidae	124	38	168	43	89	49	124	28	68		46	170	71	154
Dixidae	0	0	0	15		14	0	0	0					
Dolichopodidae														
Empididae	0	0	0	10		0	0	0	0					7

Taxon/stations	TR	AA	AI	O1	O2	D1	D2	A1	A2	A3	A4	A5	BH	FR	TA	BK
<i>Capnioneura</i>	18					4										
Leuctridae																
<i>Leuctra</i>	48	5	8			3		22	410	3						
Nemouridae																
<i>Amphinemura</i>	28		23			130										
<i>Nemoura</i>																
<i>Protonemura</i>	180	54	95	6		200		150	48							
Perlidae																
<i>Perla</i>	130	10	54	86		180				3						
Pérlodidae																
<i>Afroperlodes</i>		18														
<i>Isoperla</i>	8															
ODONATES																
Aechnidae																
<i>Boyeria</i>	5								5							
Gomphidae																
<i>Gomphus</i>						8			5		10					
HETEROPTERES																
Gerridae																
<i>Gerris</i>	4	5							4		4					
Corixidae																
<i>Micronecta</i>						5										
Mésoveliidae																
<i>Mésovelina</i>	16			3												
Hebridae																
<i>Hebrus</i>				3												
Total																
COLEOPTERES																
Curculionidae	7			3												
Hydrobiidae																
<i>Laccobius</i>												15	16	8		
Hydrochidae																
<i>Hydrochus</i>											8					
Hygrobiidae																
<i>Hygrobia</i>		5	5	100						4						
Hydraenidae																
<i>Hydraena</i>	30	48	22	700		450	7	40	600		2			4		
Hydrophilidae																
<i>Hydrophilus</i>	315		33	150		420	6	12					10	35	5	4
Dytiscidae																
<i>Bidessus</i>										5	5	17	13	9		
<i>Dytiscus</i>	8	7				32										
<i>Hydrovatus</i>				9												
<i>Laccophilus</i>				95			3		4	3			6			

