

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
Laboratoire de gestion des écosystèmes naturels

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
Master en Pathologie des Ecosystèmes

Par
ZENAGUI Ibrahim

Thème

*Contribution à la mise en évidence
des groupes Trophiques Dans La
Communauté Hyporhéïque*

Soutenu devant le jury composé de :

Présidente	Melle Taleb A.	Professeur	Université de Tlemcen
Promoteur	Mr Mahi A	Maitre assistant	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mme. Bouzid S.	Maitre assistant	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2012-2013

Remerciements

*Avant tout, je remercie **DIEU** le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage afin que je puisse accomplir ce modeste travail.*

*Mes remerciements iront en premier a mon encadreur **Mr Mahi Abdel Hakim**, Maitre assistant à l'université de Tlemcen, qui ma consacré le meilleur de son temps, Je le remercie pour l'aide compétente qu'il m'a apportée, et pour ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements a **Mlle Taleb Amina**, Professeur à l'université de Tlemcen, qui ma fait l'honneur de présider ce jury.*

*Mes vifs remerciements vont également à **Mme Bouzid Samia**, Maitre assistant à l'université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je remercie mes collègues et amies **Hamid, Hannan, Zineb, Yasser**, pour leur aide sur le terrain.*

*Je souhaite aussi remercie l'équipe du laboratoire de gestion des écosystèmes naturels, notamment : le professeure **BELAIDI Nouria** et les étudiants **Zettam Amine, Benhadji Nadhira**, pour leurs aides décisives dans l'identification des espèces, Sans oublier la secrétaire **Asma**, et tous ceux qui m'ont été d'un apport de près ou de loin a l'élaboration de ce travail*

Abrahim

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu le tout Puissant, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

A celle qui m'a toujours aidé, écouté, soutenu et encouragé tout au long de mon parcours, Ma très chère Mère, Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à terme mes études. Que Dieu, te garde et te protège.

A Un homme qui m'a beaucoup donné, Mon très cher Père, Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère sœur Soumia et mes frères Mohamed et Zaki.

A mes amis Amine, Youcef, Karim, Walid, Fethalah, Réda, Salim.

A mes amies Sarra, Soumia.

Aux étudiants de Master Pathologie des écosystèmes promotion 2012/2013.

Abrahim

Résumé

Les liens trophiques jouent un rôle primordial dans la régulation des flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes.

Notre travail a pour but de classifier les macroinvertébrés récoltés au niveau de milieu hyporhéique dans des groupes trophiques, cette classification est basée sur le mode alimentaire de ces organismes

L'échantillonnage de la faune a été effectué dans la station T3 (haute Tafna) durant 2 campagnes de prélèvement, La collection récoltée durant la période d'échantillonnage, composée de 23 taxons, est dominée par les Annélides, où les Oligochètes sont les plus dominants.

Cette étude a montré aussi une dominance de deux groupes trophiques : les collecteurs et les filtreurs.

Mots clés : macroinvertébrés, hyporhéique, groupes trophiques, Haute Tafna.

Summary

Trophic links play a crucial role in regulating the flow of matter and energy in ecosystems.

Our work aims to classify macroinvertebrates collected at the hyporheic zone in trophic groups; this classification is based on the eating habits of these organisms

The sampling of the fauna was performed in the T3 station (Tafna high) during two companions sample ,collected during the sampling period, composed of 23 taxa collection is dominated by Annelida, Oligochaeta which are most dominant.,

This study also showed a dominance of two trophic groups: collectors and filter.

Keywords: macroinvertebrates, hyporheic, trophic groups, Tafna high.

ملخص

روابط التغذية تلعب دورا حاسما في تنظيم تدفق المادة والطاقة في النظم الإيكولوجية.

يهدف عملنا إلى تصنيف الحيوانات اللافقارية التي تم جمعها في الوسط الشبه الجوفي في مجموعات الغذائية، ويستند هذا التصنيف على عادات الأكل لهذه الكائنات.

تم أخذ مجموعة عينات من الكائنات الحية في المحطة "ت3" (تافنا العليا) خلال حملتين من العينات، العينة التي تم جمعها خلال فترة أخذ العينات تتألف من 23 صنف يهيمن عليها العلقيات، حيث أن صنف الديدان المتعددة الأهداب هو الأكثر هيمنة.

وأظهرت هذه الدراسة أيضا هيمنة مجموعتين غذائيتين الجامعة و المصفية.

الكلمات المفتاحية: الحيوانات اللافقارية، الوسط الشبه الجوفي، مجموعات الغذائية، تافنا العليا.

Sommaire

Introduction	1
Etude du milieu physique	3
I.Présentation du bassin versant de la Tafna :	3
I.1.Réseau hydrographique.....	3
I.2. Aperçu géologique :	5
I.3. Aperçu bioclimatique :	7
I.4. Description et localisation de la station étudiée	10
Matériels et méthode	12
II.1.Analyse physico-chimique	12
II.2. Méthode de prélèvement dans le milieu hyporhéique.....	12
II.2.1. Description de la pompe	13
II.2.2 Tri et détermination :	15
II.2.3 Traitements des données	15
Résultats et interprétations	16
III.1 .Analyses des paramètres physico-chimiques	16
III.1.1. La température.....	16
III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	16
III.1.3. La conductivité électrique.....	16
III.1.4. L'oxygène dissous	16
III.2.Résultats faunistiques	20
III.2.1.Composition faunistique globale	21
III.2.2. Composition faunistiques par Habitat	23
III.2.2.1. Mouille	23
III.2.2.2. Seuil	25
III.2.3. Caractéristiques de la biocénose étudiée	27
III.2.3.1.Abondance totale et la richesse taxonomique	27
III.2.3.2.Diversité spécifique	27
III.3. les groupes trophiques	30
III.3.1. Répartition globale des groupes trophiques.....	30
III.3.2. Groupes trophiques en Mouille :	30
III.3.3. Groupes trophiques en Seuil	30
Discussion	35
Conclusion	38
Références bibliographiques	39

Liste des Figures

Figure 1 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Tafna (Belaidi et al, 2010).....	4
Figure 2 : Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (ANAT, 2009).....	6
Figure 3 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période 1970-2010 (Station de Beni Bahdel)	8
Figure 4 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1970-2010 (Station de Beni Bahdel)	8
Figure 5 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Beni Bahdel (1970/2010).	9
Figure 6 : Localisation de la station d'étude.....	11
Figure 7 : Schéma de la pompe Bou-Rouch (PASCALIS, 2006).....	14
Figure 8 : Valeurs des températures enregistrées dans les deux habitats étudiés	17
Figure 9 : Valeurs de pH enregistrées dans les deux habitats étudiés.....	17
Figure 10 : Valeurs de conductivité électrique enregistrées dans les deux habitats étudiés... ..	18
Figure 11: Valeurs de l'oxygène dissous enregistrées dans les deux habitats étudiés	18
Figure 12 : Composition globale de la faune interstitielle récoltée.....	22
Figure 13 : Composition faunistique de la faune récoltée en mouille.....	24
Figure 14: Composition faunistique de la faune récoltée en seuil.....	26
Figure 15: Indice de diversité et Equitabilité pour les deux habitats étudiés.....	29
Figure 16: Abondance totale pour les deux habitats étudiés.....	29
Figure 17: Richesse taxonomique pour les deux habitats étudiés.....	29
Figure 18: code des groupes fonctionnels établis à partir de CUMMINS (1973). (IVOL-Rigaut, 1992).....	32
Figure 19: les groupes fonctionnels nutritionnels pour les deux habitats.....	33
Figure 20: les groupes fonctionnels nutritionnels en mouille.....	33
Figure 20: les groupes fonctionnels nutritionnels en seuil.....	34

Liste des Tableaux

Tableau 1: Températures moyennes mensuelles	7
Tableau 2: Précipitations moyennes mensuelles.	7
Tableau 3 : Valeurs de paramètres physico-chimiques de l'eau.....	19
Tableau 4 : Tableau faunistique représenté avec les abondances relatives.....	20
Tableau 5 : Descripteurs de diversité estimés pour les deux sites.....	27

INTRODUCTION

L'hydrobiologie est la science qui étudie les organismes qui vivent dans tous les milieux aquatiques, y compris le milieu hyporhéique. Ce dernier peut être conceptuellement défini comme l'espace interstitiel saturé en eau, situé sous le lit du cours d'eau et adjacent à ce dernier, et contenant une certaine proportion d'eau de surface provenant du chenal (White 1993).

A travers le monde plusieurs auteurs sont intéressés à l'étude des écosystèmes aquatiques hyporhéique : ANGELIER (1953), RUFFO (1961), YACOUBI KHEBIZA (1987), ainsi qu'en Algérie : GANGEUR et CHAOUI-BOUDGHEN (1991), BELAIDI et al (2004).

La zone hyporhéique est occupée par une grande diversité d'invertébrés aquatiques, appelée « hyporheos » (Orghidan 1959 ; Williams & Hynes 1974).

La distribution de ces organismes dans le milieu hyporhéique est hétérogène et liée à plusieurs facteurs tels que la profondeur, la qualité et la disponibilité des aliments, la teneur en matière organique des sédiments, la température d'eau et la concentration en oxygène dissous (Merritt et Cummins, 1996).

D'après Foulquier (2006), les relations trophiques jouent un rôle prépondérant dans la régulation des processus de production et de dégradation de la matière organique et les transferts d'énergie entre les organismes d'une part, et entre les écosystèmes d'autre part.

Dans le monde, l'étude des relations trophiques dans les communautés des macroinvertébrés aquatiques a fait l'objet de nombreux travaux, citons ceux de Cummins (1974), Cummins et Klug (1979), Hawkins et al (1982), Minshall et al (1983), Merritt et Cummins (1984), Ivory-Rigault (1992).

Dans ce même contexte, notre étude conjointe de la composition taxonomique de milieu hyporhéique d'une part et la classification selon le mode d'alimentation des macroinvertébrés d'autre part. Cette classification est basée sur les travaux de Cummins (1973) et permet de classer les espèces récoltées dans des groupes trophiques.

Ce mémoire comprend trois chapitres :

- ❖ le premier chapitre correspond à une étude du milieu physique.
- ❖ le deuxième chapitre concerne le matériel utilisé et les méthodes appliquées.
- ❖ le troisième chapitre regroupe les résultats obtenus et leurs interprétations.

CHAPITRE I
ETUDE DU MILIEU
PHYSIQUE

I. Présentation du bassin versant de la Tafna :

Le bassin versant de la Tafna (fig.1) est située au Nord Ouest du territoire algérien, entre 1°00' et 1°45' longitude Ouest et 32°40' et 35° 20' latitude Nord. Il s'étend sur la totalité de la wilaya de Tlemcen et déborde sur le royaume du Maroc, avec une superficie de 7245 km².

Son principal cours d'eau est l'Oued Tafna, long de 170Km et prend sa source dans les monts de Tlemcen au niveau de la grotte de Ghar Boumaaza (Sebdou) à environ 1100 Km d'altitude, et vient de jeter dans la méditerranée au niveau de la plage de Rachgoune.

Les principaux affluents de l'Oued Tafna sont :

- ❖ Oued Isser : affluent rive droite de la Tafna, long de 118 km. Il reçoit l'Oued Chouly à 870 m d'altitude et Oued Sikkak au niveau de la plaine de Remchi à 80 m d'altitude.
- ❖ Oued Khemis : affluent rive gauche de la Tafna, long de 36 km. Il atteint la Tafna au niveau du barrage de Beni Bahdel à 660 m d'altitude.
- ❖ Oued Mouilah : affluent rive gauche de la Tafna et le plus important avec un sous-bassin de 1680 km². Il conflue avec la Tafna à 260 m d'altitude au niveau de la plaine de Maghnia.

I.1. Réseau hydrographique

La disposition du relief, ainsi que l'abondance des roches imperméables ont combinés leurs effets et ont permis la naissance d'un réseau hydrographique important.

L'écoulement dans les oueds du bassin versant de la Tafna est caractérisé par :

- Une forte dépendance par rapport aux précipitations ;
- Une forte irrégularité inter mensuelle et inter annuelle ;
- Des crues à très fort débit instantané à différentes périodes de retours, pouvant engendrer des inondations.
- Un débit d'étiage très faible à nul, s'étalant du mois de juin jusqu'à septembre (Ammar, 2012)

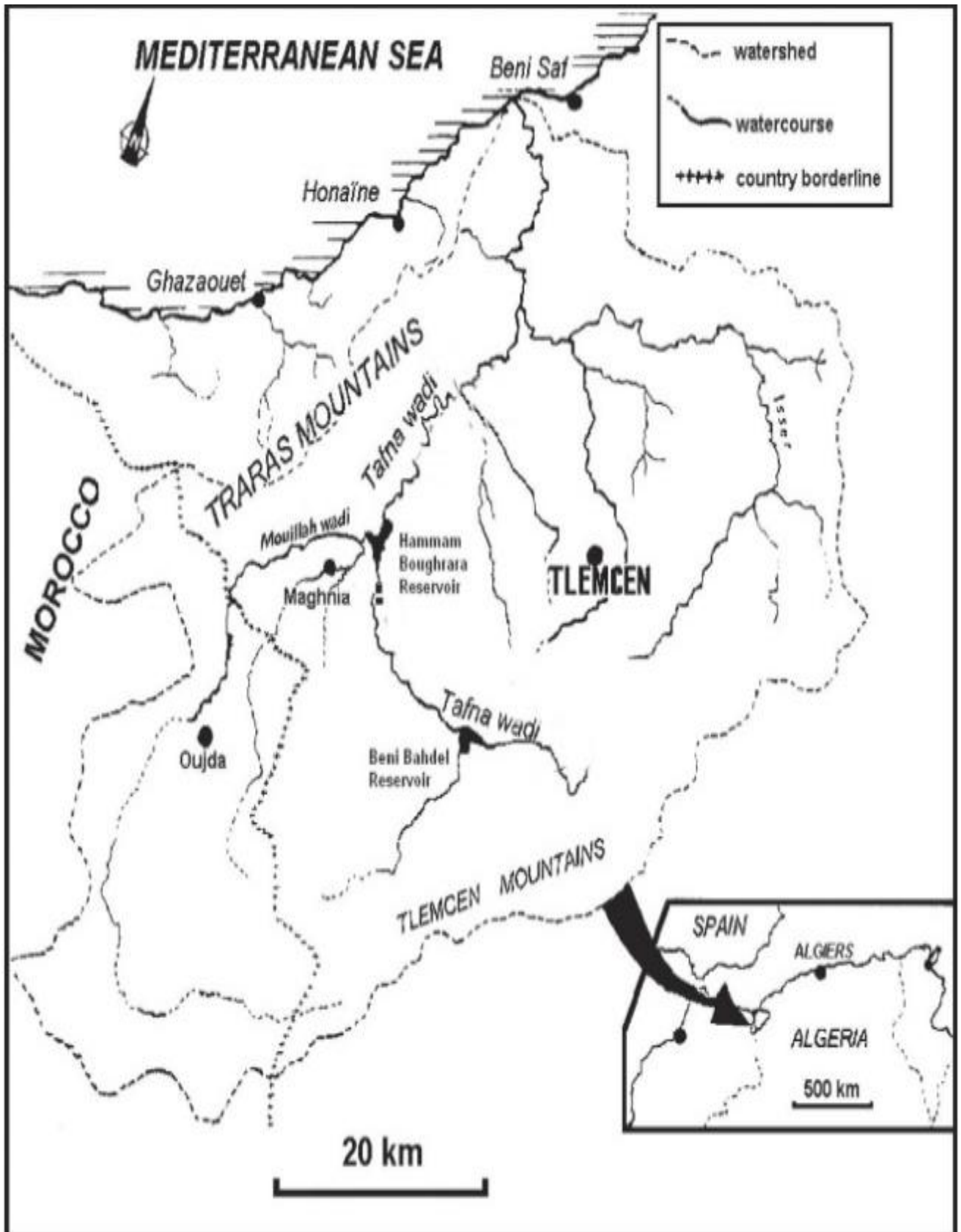


Figure 1 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Tafna (Belaidi et al, 2010).

I.2. Aperçu géologique :

Le bassin de la Tafna se subdivise en deux parties essentielles (fig.2):

La première partie est l'amont du bassin, représentée par les versants nord et sud des monts de Tlemcen.

Ils font partie de la formation jurassique supérieure, constituée de dolomies riches en carbonates magnésiens. Ces formations recèlent les plus grands aquifères de la région (Collignon, 1986)

La deuxième partie est le bassin aval, orienté vers le Nord. Il comprend la moyenne et la basse Tafna. Il appartient au miocène (formation tertiaires) caractérisés par des marnes et des grés (Gentil, 1903).

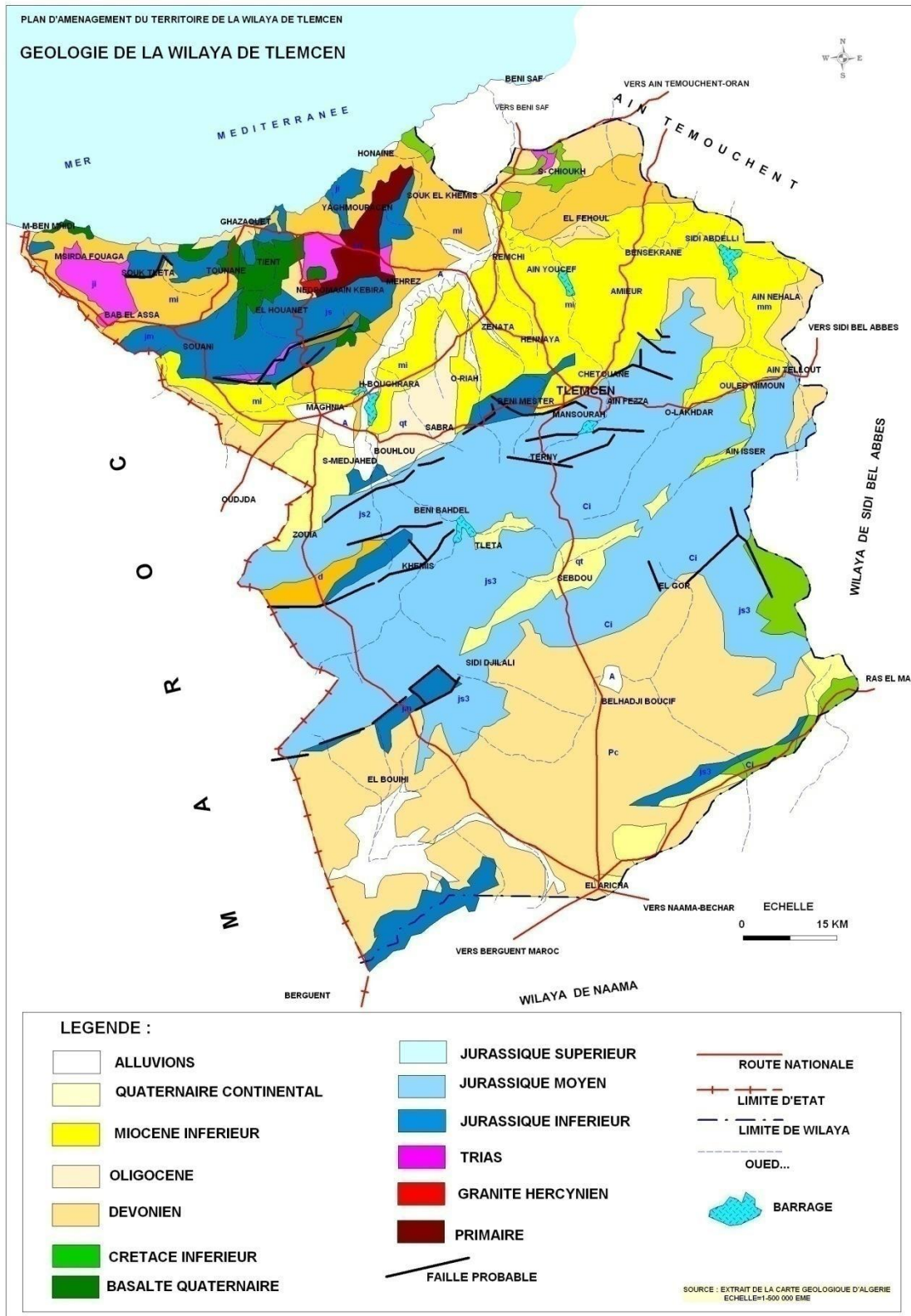


Figure 2 : Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (ANAT, 2009).

I.3. Aperçu bioclimatique :

Le climat est un facteur déterminant qui se place en amont dans toutes études relatives au fonctionnement des systèmes écologiques (Thinthoin, 1948).

Les données météorologiques ont été retenues de la station ANRH de Tlemcen.

I.3.1. Température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

Le tableau (1) représente les valeurs des températures mensuelles de la station de Béni Bahdel de la période allant du mois de Janvier 1970 au mois de Décembre 2010.

Tableau n°1: Températures moyennes mensuelles.

	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
Beni Bahdel (1970-2010)	10,26	10,97	13,28	15,39	18,69	23,66	27,72	26,49	23,29	19,71	13,41	10,41

Les valeurs des températures moyennes mensuelles de la station Beni Bahdel (fig.3) montrent que le mois de juillet est le plus chaud avec une température de 27,72°C, alors que le mois le plus froid est celui de Janvier avec une température de 10,26°C.

I.3.2. Précipitations :

La pluviosité est définie par Djebaili (1978) comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. Elles représentent la quantité d'eau apportée par les pluies, et elles sont exprimées en millimètres (mm).

Le tableau (2) représente les valeurs des précipitations mensuelles de la période allant du mois de Janvier 1970 au mois de Décembre 2010.

Tableau n°2: Précipitations moyennes mensuelles.

	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
Beni Bahdel (1970-2010)	56,9	56	64	45,4	37,6	6,5	3,6	5,4	20,6	29,4	49,9	52,7

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles (fig.4) montrent que le mois le plus pluvieux est celui de Mars (64 mm) tandis que le mois le plus sec est celui de Juillet (3,6 mm).

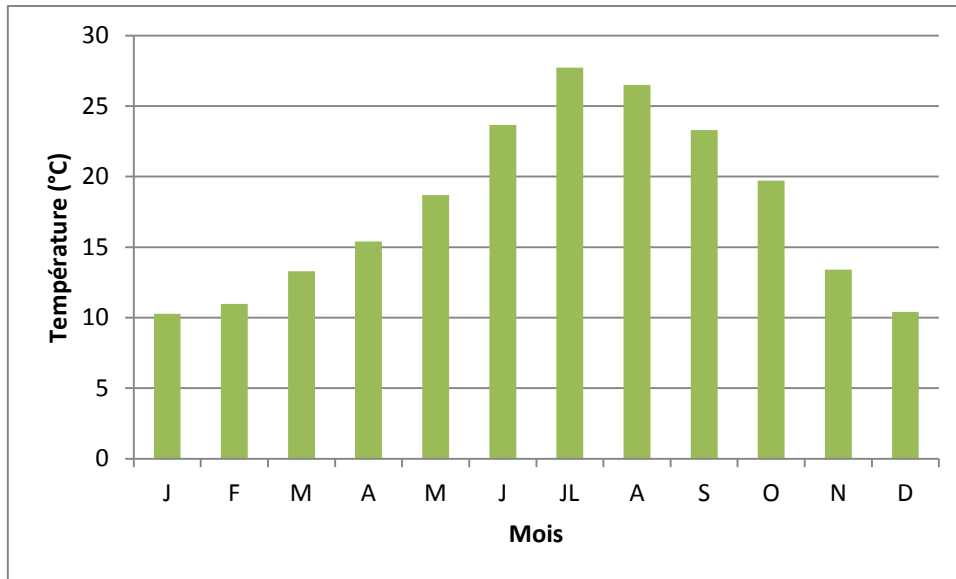


Figure 3 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période 1970-2010 (Station de Beni Bahdel).

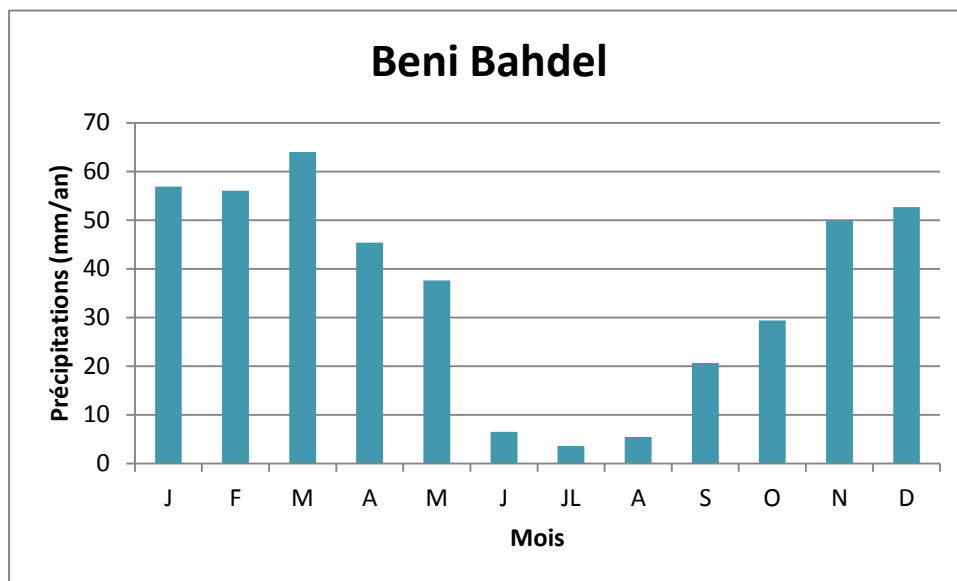


Figure 4: Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1970-2010 (Station de Beni Bahdel).

I.3.3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) :

Cet indice sert à déterminer la période sèche d'une région. Son principe est basé sur une représentation graphique où l'échelle des précipitations est égale au double de l'échelle des températures ($P=2T$).

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (fig.5) fait apparaître que la période sèche dure 6 mois et s'étend du mois de Mai à Octobre.

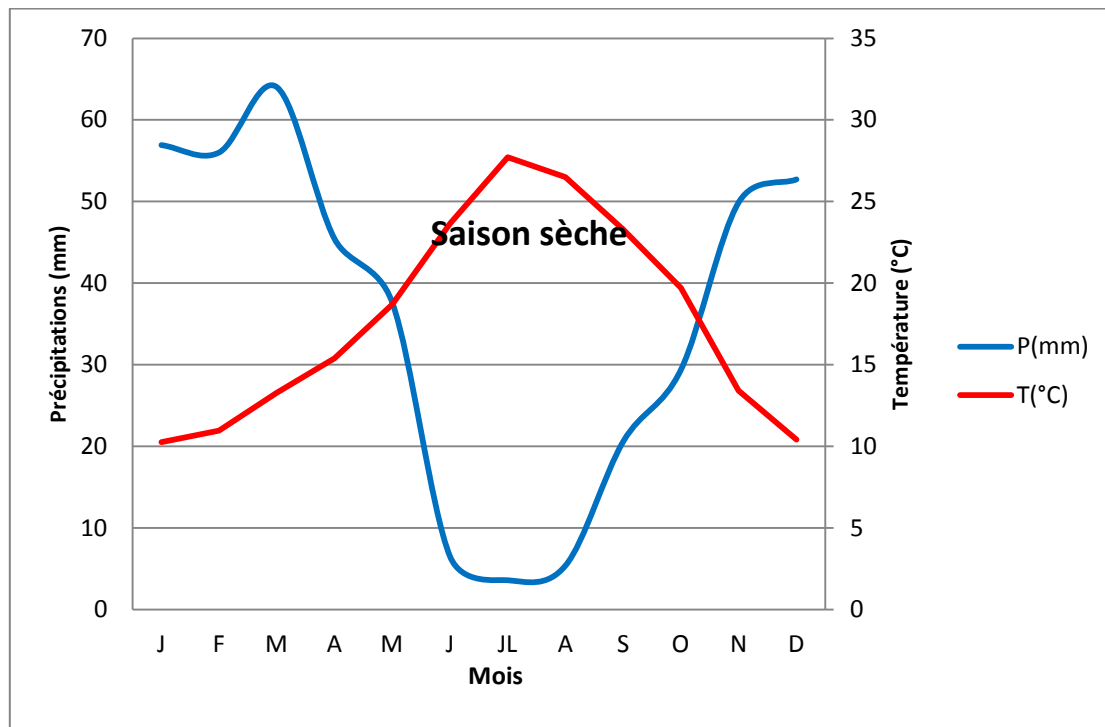


Figure 5 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Beni Bahdel (1970/2010).

I.4. Description et localisation de la station étudiée :

La station étudiée se situe juste en amont du barrage de Beni Bahdel, près d'un pont sur la route reliant Tlemcen et Khemis, à une altitude de 665 m, à une longitude de $1^{\circ} 27' 45''$ ouest et une latitude de $34^{\circ} 43' 17''$ nord (fig 6).

Cette station est caractérisée par :

- un courant moyen à rapide.
- le substrat est formé de galets et de blocs dans les endroits à courant rapide et dans les zones calmes le substrat est formé du sable ou de vase.
- un couvert végétale riverain dense, la végétation est constitué d'arbres tels que *Populus alba* (peuplier blanc), *Ficus carica* (figuier) et des arbustes tels que *Nerium oleander* (laurier rose).

Deux habitats ont été choisis dans la station d'étude dont la distance entre les deux points a été estimée à environ 500 m.

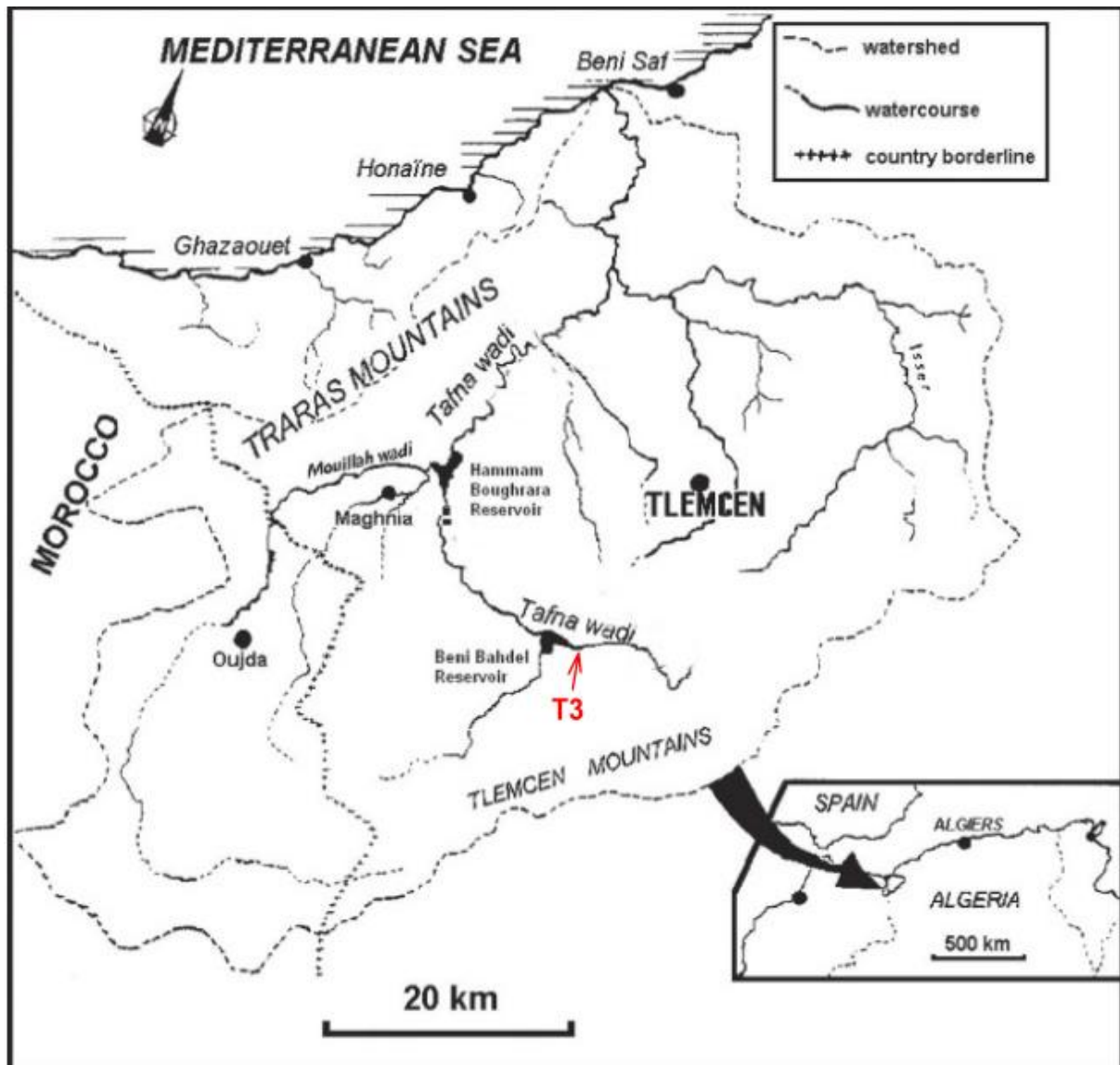


Figure 6 : Localisation de la station d'étude (Belaidi et al, 2010).

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements sont effectués, selon un profil en long d'un oued, dans deux habitats représentés par un seuil et une mouille, séparés de 500 mètre environ. Dans ce cadre, deux campagnes de prélèvement ont été réalisées, le 05/04/2013 et le 22/06/2013.

1. Analyse physico-chimique :

Quelques paramètres physico-chimiques ont été mesurés in situ en milieu superficiel et hyporhéique à l'aide d'un appareil multi paramètres durant les deux campagnes de prélèvements. Il s'agit de température de l'eau, la conductivité, le pH et l'oxygène dissous,

a) **La température :**

La température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des sels, surtout les gaz (RODIER, 1976). La température de l'eau a été régulièrement relevée en utilisant un thermomètre, exprimée en degrés Celsius (°C).

b) **La conductivité électrique :**

La conductivité représente la capacité de l'eau à conduire l'électricité. La mesure de la conductivité donne une évaluation globale des ions, essentiellement minéraux présents dans l'eau (Boutoux, 1993). Elle est relevée par un conductivimètre et exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

c) **Le potentiel hydrogène (pH) :**

Le pH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité dont le facteur le plus important est la concentration en anhydride carbonique lié à la minéralisation (RODIER, 1976). Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

d) **L'Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est un facteur essentiel pour la survie des êtres vivants. Sa solubilité dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la minéralisation de l'eau. Il a été mesuré à l'aide d'un oxymètre et exprimé en mg/L ou pourcentage de saturation (%).

2. Méthode de prélèvement dans le milieu hyporheique :

Les prélèvements dans le milieu hyporhéique ont été réalisés selon la méthode de sondage tubé « BOU-ROUCH » qui permet d'accéder aux peuplements des sous-écoulements des cours d'eaux. La pompe permet d'aspirer le milieu interstitiel s'étant reconstitué autour de la crépine, le premier prélèvement aspire d'importantes quantités des matériaux solides ainsi que les animaux qui s'y étaient installés (BOU, 1974).

Cependant, pour chaque habitat un volume de 20L pour deux profondeur 30 cm et 60 cm a été prélevé.

2.1. Description de la pompe :

La pompe est constitués par :

a. La sonde :

Elle est constituée par un simple tube d'acier comprimé (tube mécanique) d'un diamètre extérieur de 39 mm terminé par une pointe pyramidale en acier forgé. La sonde est enfoncée par percussion à l'aide d'une masse. (BOU, 1974).

b. la pompe :

Le corps de la pompe contient un piston, clapet et un levier. Dans la partie inférieure on trouve un verrou qui permet la fixation à la sonde.

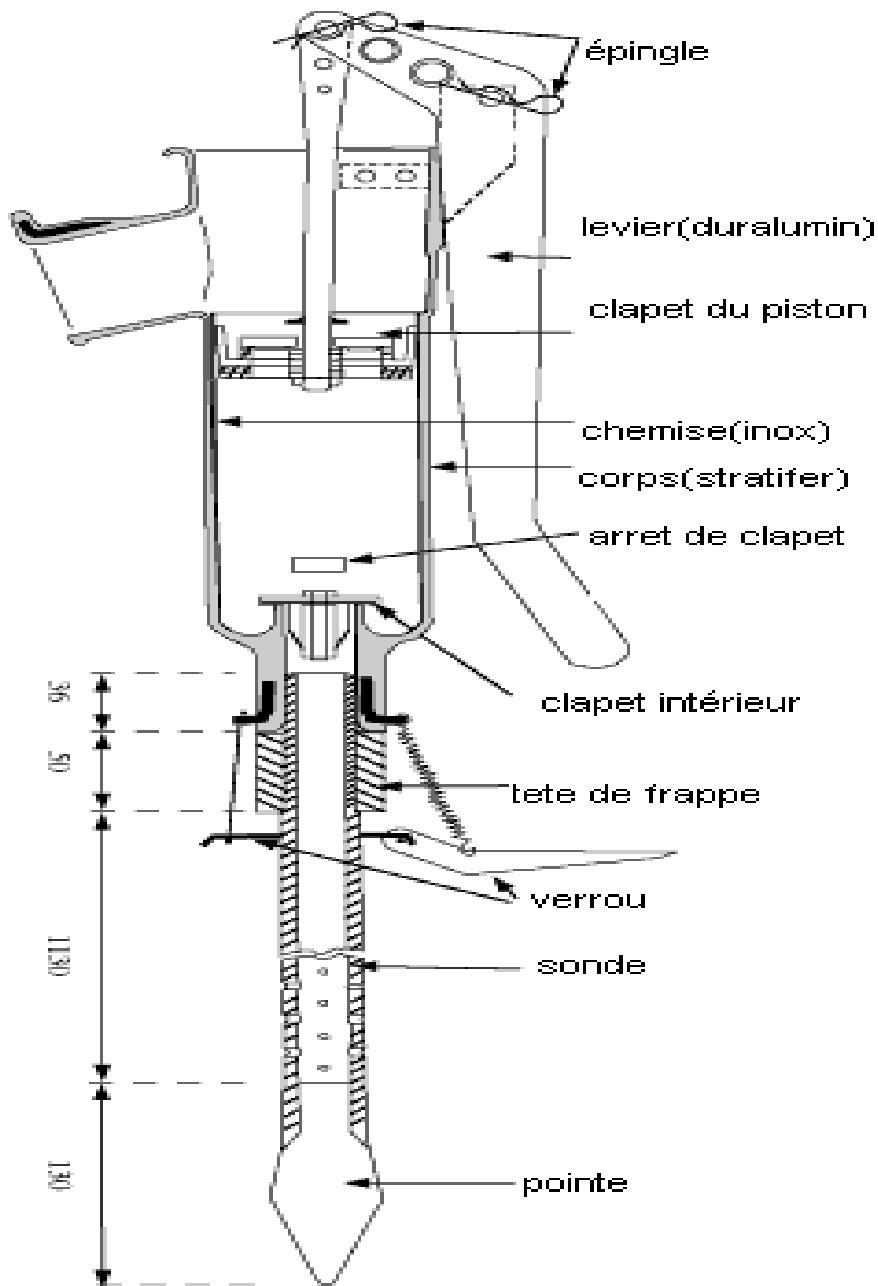


Figure 7. Schéma de la pompe Bou-Rouch (PASCALIS, 2006).

2.2. Tri et détermination

Au laboratoire, les échantillons sont lavés et triés à la loupe binoculaire. Les déterminations ont été réalisées à l'aide d'une clef de détermination des macroinvertébrés aquatiques (Tachet et al, 1980). Pour les oligochètes leur identification est réalisée au microscope optique.

Le niveau de détermination n'étant pas le même pour tous les groupes zoologiques, nous parlerons de « taxon » pour désigner une unité systématique.

2.3. Traitement des données :

Les données faunistiques ont été traités à l'aide de :

- L'indice de diversité de SHANNON-WEAVER :

Cet indice a l'avantage de faire intervenir l'abondance des différentes espèces (DAJOZ, 1985). De tous les indices, la formule de SHANNON-WEAVER est probablement l'indice le plus utilisé qui coordonne à la fois l'abondance et la richesse spécifique (GRAY et al, 1994).

$$H' = - \sum (P_i \times \log_2 P_i) \text{ où } P_i = N_i/N$$

P_i : l'abondance proportionnelle de l'espèce.

n_i : nombre d'individus d'une espèce (taxon).

N : nombre total d'individus de toutes les espèces (taxon).

- l'indice de l'équitabilité :

L'indice d'équitabilité de PIELOU (Pielou, 1966) représente le rapport de H' sur l'indice maximal théorique dans le peuplement (H_{max}).

$$E = H'/H_{max} \text{ où } H_{max} = \log_2(S)$$

H' : l'indice de Shannon-Weaver.

H_{max} : le logarithme du nombre total d'espèce (S) dans l'échantillon.

S : le nombre totale des espèces.

L'équitabilité varie de 0 à 1 : elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une même espèce et elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Barbault, 2008).

CHAPITRE III
RESULTATS ET
INTERPRETATION

1. Analyses des paramètres physico-chimiques :

Les analyses des paramètres physico-chimiques ont été effectuées en parallèle avec les prélèvements de la faune. Les résultats sont regroupés dans le tableau 3.

1.1. La température :

La température de l'eau superficielle présente des variations importantes allant de 19,3°C à 13,7°C en moyenne. Cependant, celles de seuil, influencées par la vitesse du courant, sont plus faibles que celles de mouille.

En revanche, La température de l'eau interstitielle varie peu allant de 18,2°C à 17,8°C en moyenne.

1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH de l'eau est neutre à alcalin pour l'ensemble des points (entre environ 7 et 8). Cette alcalinité est due aux terrains calcaires traversés par l'oued (AUTHIER, 1981).

Les valeurs du pH du milieu hyporhéique (entre 7,58 et 7,84 en moyenne) suivent celles du milieu superficiel (entre 8,09 et 8,27 en moyenne) pour les deux habitats.

1.3. La conductivité électrique:

La conductivité électrique constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau. Une conductivité élevée traduit une quantité de sel ionisable dissoute très importante (RODIE, 1976). Elle dépend de la concentration ionique ainsi que la température des eaux (Hebert et Légaré, 2000). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente.

Les valeurs enregistrées de la conductivité dans le milieu superficiel présentent de faibles variations. Elles varient de 835,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en moyenne en mouille à 788,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en moyenne en seuil. Tandis qu'elles présentent des variations importantes dans le milieu hyporhéique, allant de 1038,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en moyenne en mouille à 808,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en moyenne en seuil.

1.4. L'oxygène dissous :

Les valeurs de l'oxygène dissous enregistrées dans le milieu superficiel en seuil (7,57 mg/l) sont plus importantes par rapport à celles enregistrées en mouille (6,29 mg/l). Cela est dû en grande partie à la vitesse du courant qui facilite la dissolution de l'oxygène dans l'eau. Cependant, le taux d'O₂ dissous dépend des échanges eau/atmosphère (conditionne par la température et la pression), de l'oxydation et de la dégradation de la matière organique.

D'autre part, la concentration de l'eau en oxygène dissous dans le milieu interstitiel suit celle du milieu superficiel.

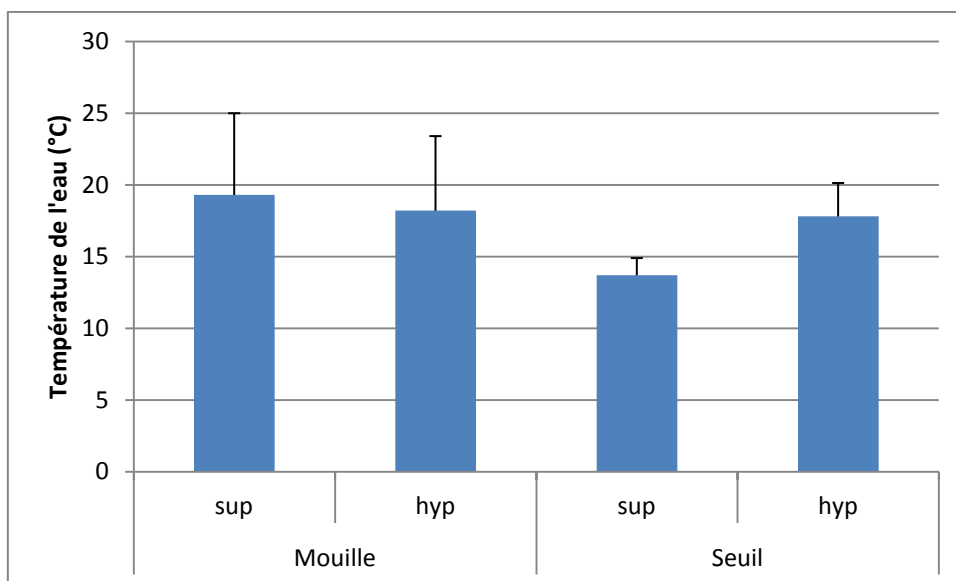


Figure N°8 : Valeurs des températures enregistrées dans les deux habitats étudiés

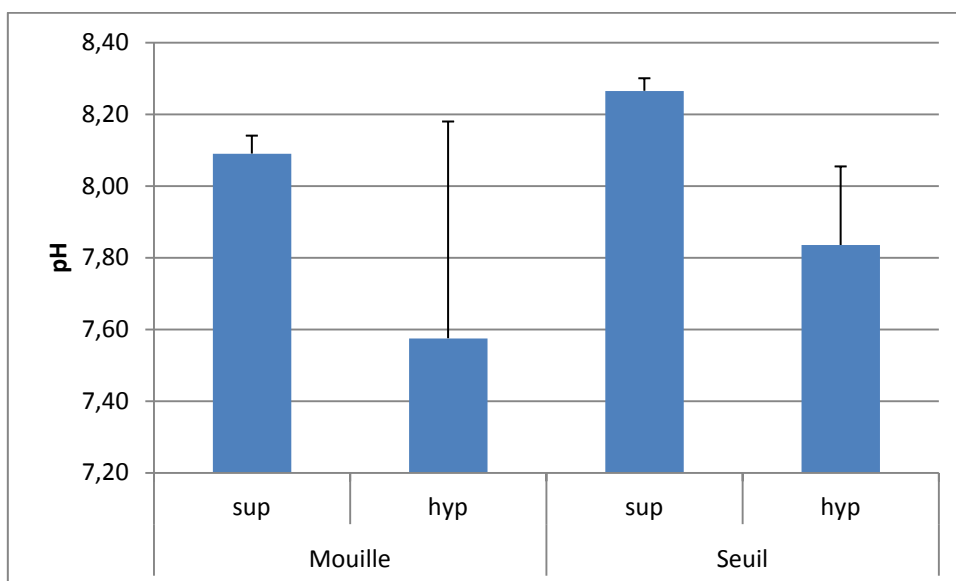


Figure N°9 : Valeurs de pH enregistrées dans les deux habitats étudiés

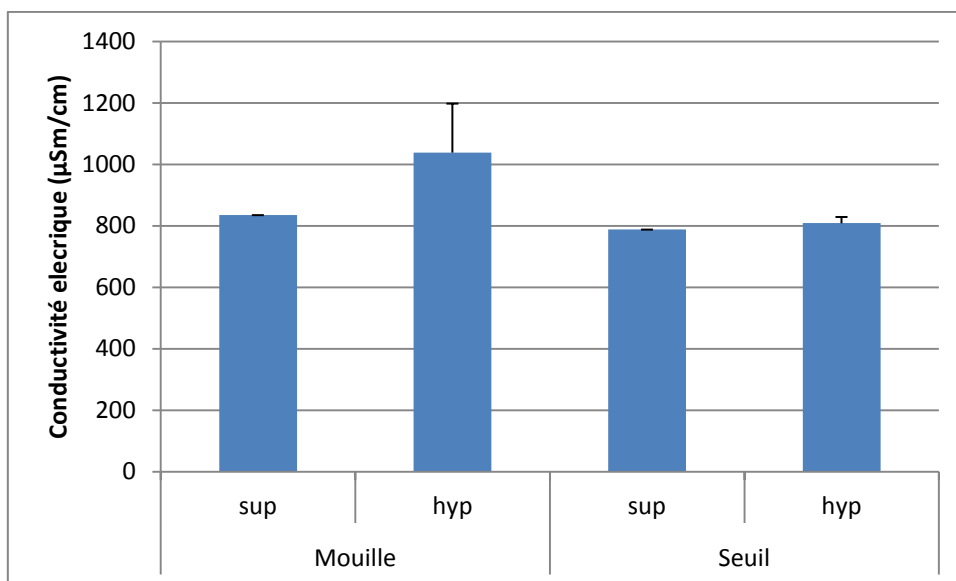


Figure N°10 : Valeurs de conductivité électrique enregistrées dans les deux habitats étudiés

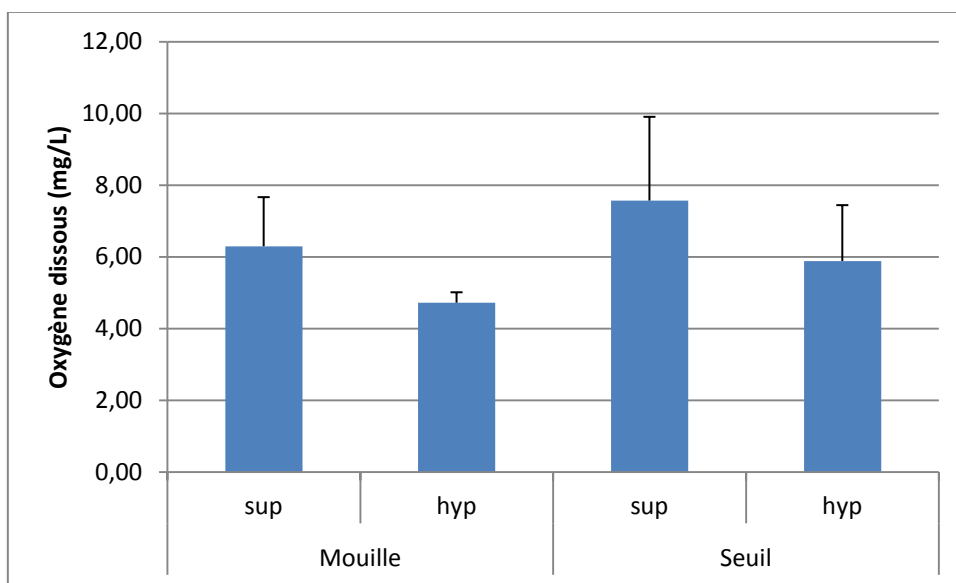


Figure N°11 : Valeurs de l'oxygène dissous enregistrées dans les deux habitats étudiés

Tableau 3 : Valeurs de paramètres physico-chimiques de l'eau.

		mouille		seuil	
		Milieu superficiel	Milieu hyporehique	Milieu superficiel	Milieu hyporehique
Température de l'eau (°C)	Moy	19,3	18,2	13,7	17,8
	Ecart-type	5,70	5,21	1,20	2,34
pH	Moy	8,09	7,58	8,27	7,84
	Ecart-type	0,05	0,60	0,04	0,22
Conductivité (µs/cm)	Moy	835,00	1038,50	788,00	808,50
	Ecart-type	0	159,5	0	20,5
Oxygène dissous (mg/L)	Moy	6,29	4,72	7,57	5,88
	Ecart-type	1,37	0,29	2,34	1,56

2. Résultats faunistiques :

Tableau 4 : Tableau faunistique représenté avec les abondances relatives.

Profondeur Taxons	Mouille		Seuil	
	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm
Emb : Annélides				
Cl : Oligochètes				
F : Lumbriculidae	+		+	+
F : Enchytraeidae	+	+	+	+
F : Naididae			+	
F : Tubificidae			+	+
Emb : Mollusque				
Cl : Gastéropodes				
F : Bythinellidae				+
F : Planorbidae			+	+
F : Hydrobiidae		+	+	
Emb : Arthropodes				
Cl : Crustacées				
O : Amphipodes				
F : Gammaridae	+			
O : Copépodes				
F : Cyclopoidae	+	+	+	
O : Ostracodes				
Cl : Insectes				
O : Ephéméroptères				
F : Baetidae		+	+	+
F : Heptageniidae			+	
F : Caenidae			+	
O : Odonates				
F : Aeschnidae	+			
O : Coléoptère				
F : Hydraenidae	+			
O : Trichoptères				
F : Helicopsychidae				
O : Diptères				
F : Chironomidae				
s/F : Orthoclaadiinae	+			+
s/F : Chironominae				
Tr : Chironomini	+	+	+	+
s/F : Chironominae				
Tr : Tanytarsini			+	
F : Ceratopogonidae			+	
F : Chaoboridae				+
F : Simuliidae			+	+
Cl : Arachnides				
F : Hydracariens	+	+		

2.1. Composition faunistiques globale :

Après identification des macroinvertébrés récoltés, une liste faunistique a été établie (Tableau4). Les individus inventoriés dans la présente étude sont pour la plupart déterminés jusqu'à la famille.

La faune hyporheique récoltée est composée de 23 taxons et de 1016 individus.

Les Annélides avec 51% du nombre total d'individus forment le groupe dominant, sont représentés par les Enchytraeidae qui sont les plus abondants (57%), suivis par les Lumbriculidae (28%) et Les Tubificidae (14%) (fig.12).

Les Crustacées représentent 24% de la faune récoltée, avec la dominance des Copépodes Cyclopoidae (53%), suivis par les Ostracodes (46%). Alors que les Amphipodes Gammaridae sont très rares (1%). (fig.12).

Les insectes comptent 19% du nombre total d'individus récoltés, avec la dominance des Chironomidae (74%). Les Ephéméroptères représentés par les Baetidae (10%) et Heptageniidae (5%) sont faiblement représentés (fig.12).

Le groupe des Mollusques (5%) est dominé par les Planorbidae (84%) suivi par les Hydrobiidae (9%) et les Bythinellidae (7%) (fig.12).

Quant aux Hydracariens, ils sont faiblement représentés avec moins de 1 % de la faune récoltée.

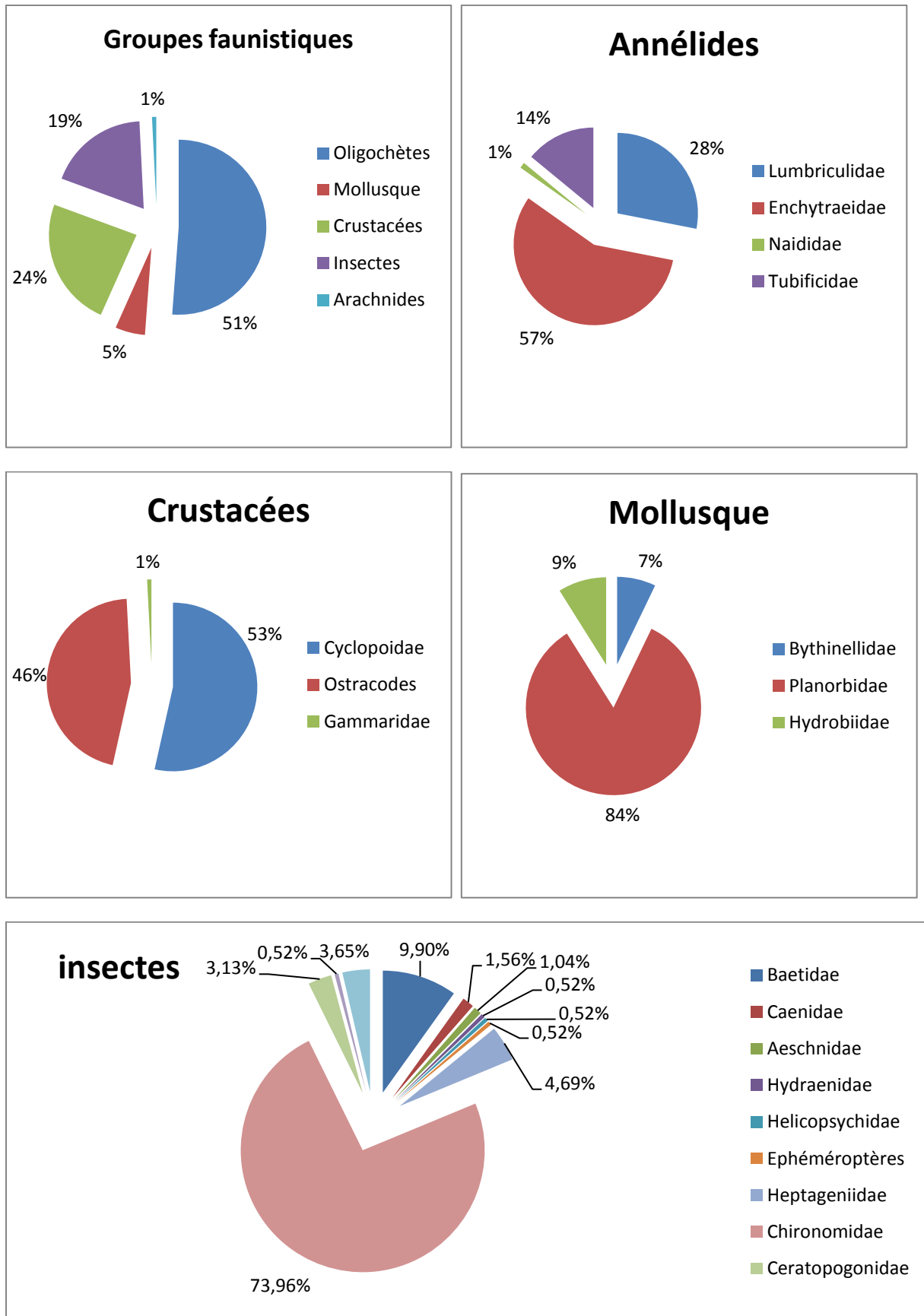


Figure 12: Composition globale de la faune interstitielle récoltée.

2.2. Composition faunistiques par Habitat :

2.2.1. Mouille :

La faune hyporheique récoltée en mouille compte 239 individus répartis sur 11 Taxons. Elle est dominée par les Crustacées avec 71% de la faune interstitielle de cet habitat. Ce groupe est représenté par les Copépodes Cyclopoidae qui sont les plus abondants (77%), suivis par les Ostracodes (22%), et les Amphipodes Gammaridae avec (1%) (fig.13).

Les Annélides (20%) sont représentés par les Enchytraeidae (60%) et Les Lumbriculidae (40%) (fig.13).

Les insectes qui forment 7% du nombre total d'individus récoltés en mouille, sont dominés par les Diptères Chironomidae (70%), suivis par les odonates Aeschnidae et les diptères Ceratopogonidae avec 12% chacun (fig.13).

Les Mollusques Hydrobiidae et les Arachnides Hydracariens sont faiblement représentés avec respectivement 2% et 1%.

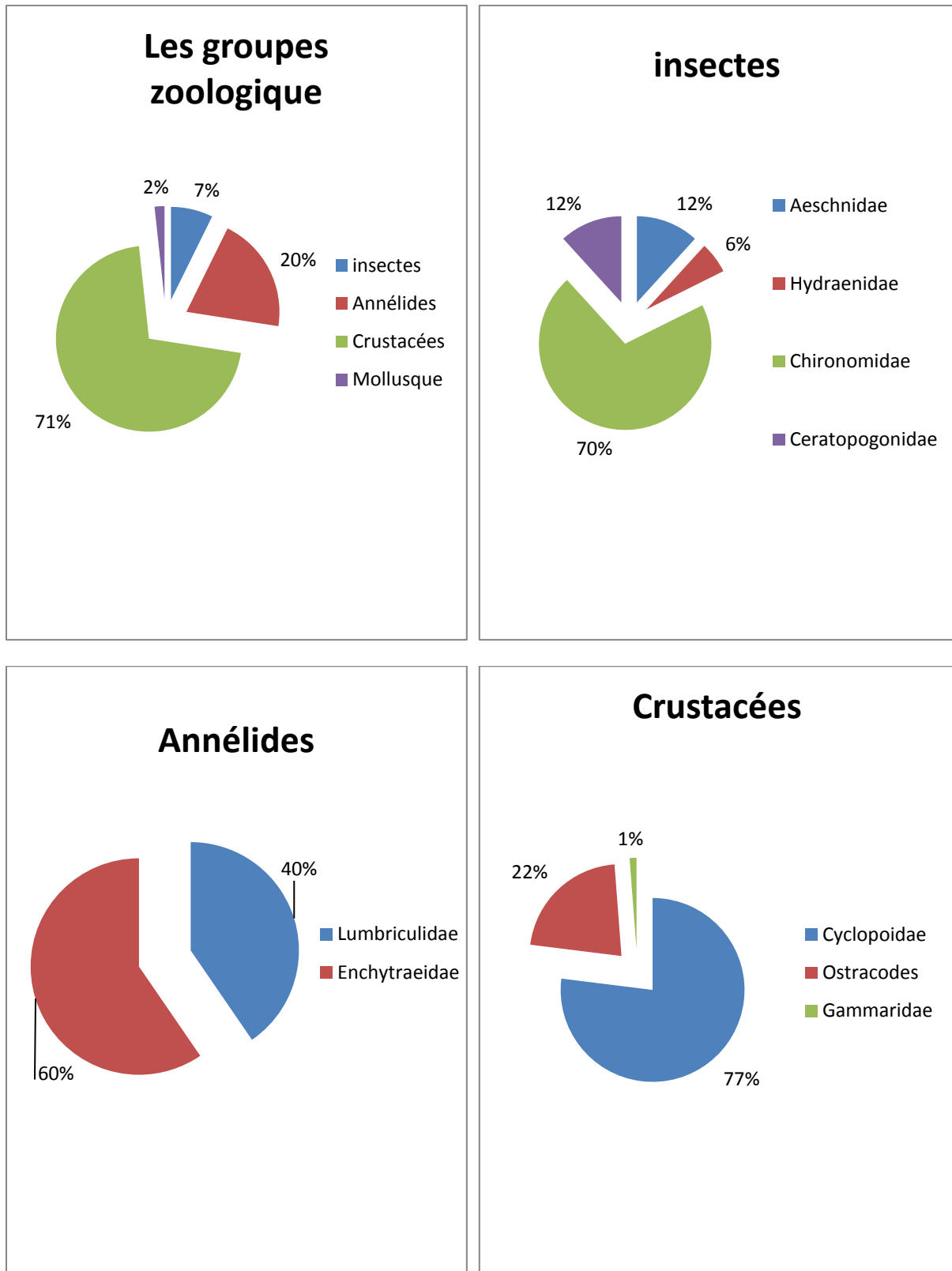


Figure 13: Composition faunistique de la faune récoltée en mouille.

2.2.2. Seuil :

La faune récoltée en seuil compte un effectif total de 777 individus répartis sur 19 Taxons. Cependant, le groupe des Annélides est le plus abondant (61%), suivis par les Insectes (22%), les Crustacés (10%) et les Mollusques (7%) (fig.14).

Les Annélides sont représentés par les Enchytraeidae qui sont les plus abondants (57%), suivis par les Lumbriculidae (27%), et les Tubificidae (15%) (fig.14).

Les Insectes sont représentés par 9 Taxons avec une dominance des Diptères Chironomidae (74%). En revanche, les autres taxons représentent moins de 13% (fig.14).

Quant aux Crustacées, les Ostracodes forment le groupe le plus dominant (96% des Crustacées) alors que les Copépodes Cyclopoidae sont les moins abondants (4%) (fig.14).

En fin, les Mollusques se représentent en 3 Taxons ; les Planorbidae (90%), les Bythinellidae (8%), et les Hydrobiidae (2%) (fig.14).

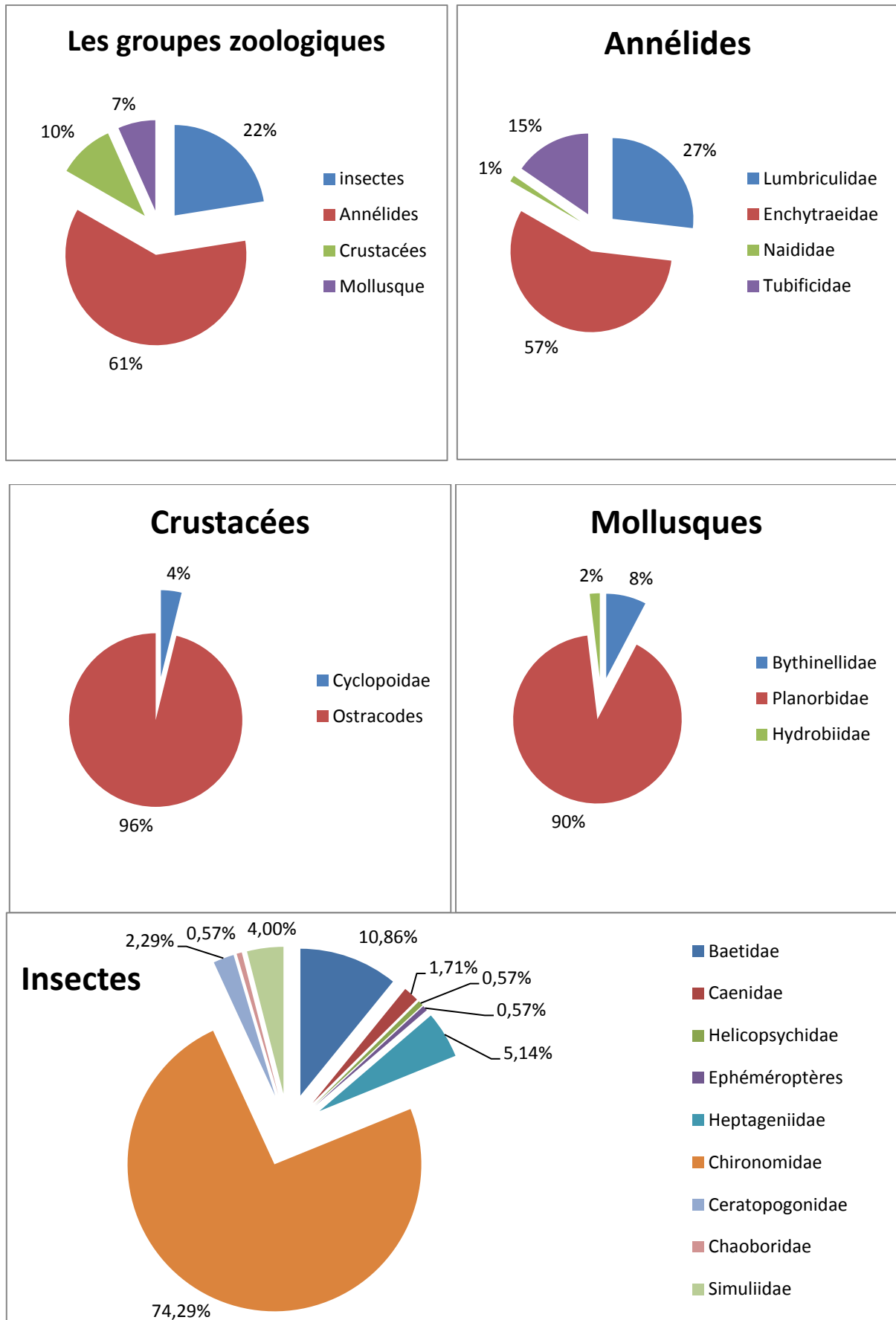


Figure 14: Composition faunistique de la faune récoltée en seuil.

2.3. Caractéristiques de la biocénose étudiée :

2.3.1. Abondance totale et la richesse taxonomique :

L'abondance totale et la richesse taxonomique présentent des variations spatiales importantes entre la mouille et le seuil. Ainsi, en seuil on compte 777 individus et 19 taxons contre 239 individus et 11 taxons récoltés en mouille. Cela, est du aux caractéristiques de chaque habitat, notamment la vitesse du courant qui est la cause d'une migration en profondeur de certaines espèce d'origine épigée, telles que des éphéméroptères (Baetidae, Caenidae) et des cératopogonidés qui apparaissent en milieu interstitiel qu'en seuil suite à des conditions défavorables liées à une vitesse de l'eau importante.

Cette différence se voit entre les deux habitats, même entre les deux profondeurs choisis (30 cm et 60 cm).

2.3.2. Diversité spécifique :

Afin d'étudier la structure d'une communauté, des formules synthétiques sont proposés.

La description du peuplement hyporheique dans la présente étude portera sur l'étude de la richesse et de la diversité taxonomique retrouvées. Deux descripteurs ont été retenus à savoir l'indice de diversité de SHANNON-WEAVER (H') et l'équitabilité de PIELOU E. Les résultats sont mentionnés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Descripteurs de diversité estimés pour les deux sites.

	N	S	H'	H' Max	E
Mouille	239	11	2,249	3,585	0,627
Seuil	777	19	2,881	4,322	0,667

Avec :

N : nombre total d'individus

S : richesse spécifique

H' : indice de diversité

E : équitabilité

La valeur de l'indice de diversité H' varie entre 2,249 enregistré en mouille et 2.881 enregistré en seuil.

L'équitabilité qui traduit également la régularité du peuplement renseigne sur la stabilité du milieu et la régularité des peuplements qui vivent dans les milieux (BOUKLIKHA, 2010).

La valeur de l'équitabilité est de 0.627 en mouille et de 0.667 en seuil (fig.15) traduisant une répartition plus ou moins équitable entre les taxons.

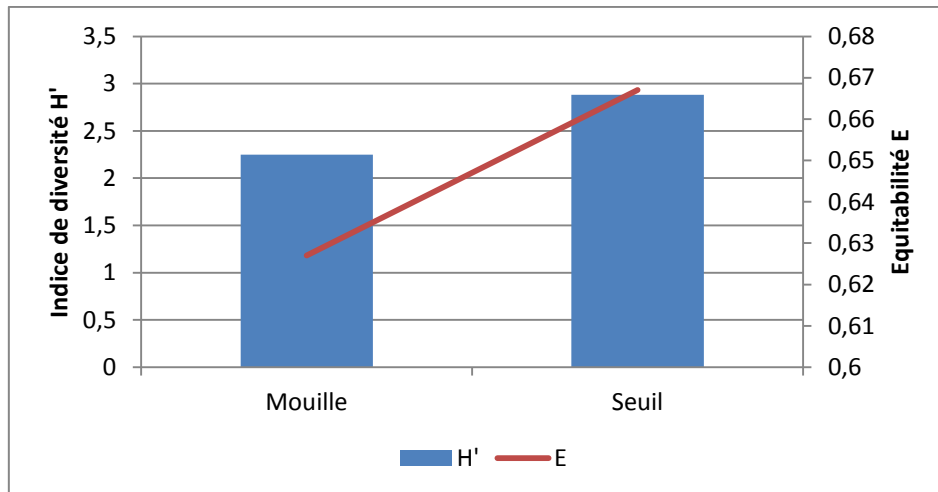


Figure 15 : Indice de diversité et Equitabilité pour les deux habitats étudiés

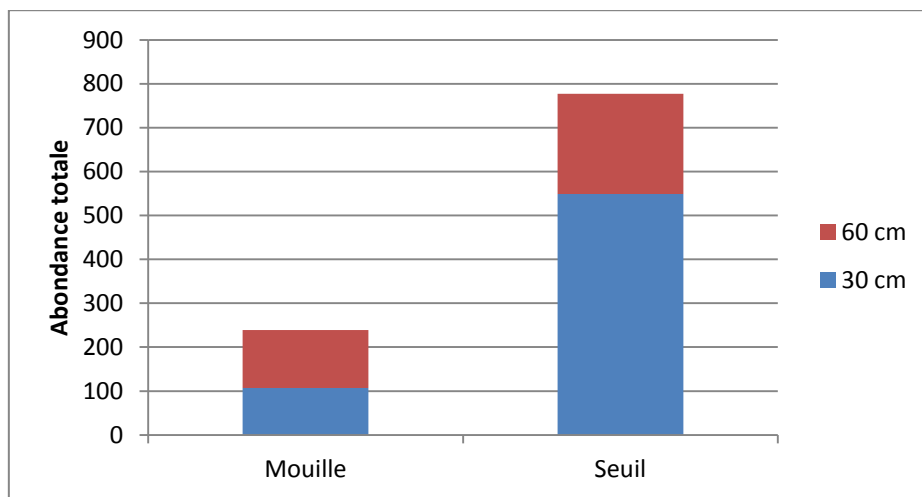


Figure 16: Abondance totale pour les deux habitats étudiés.

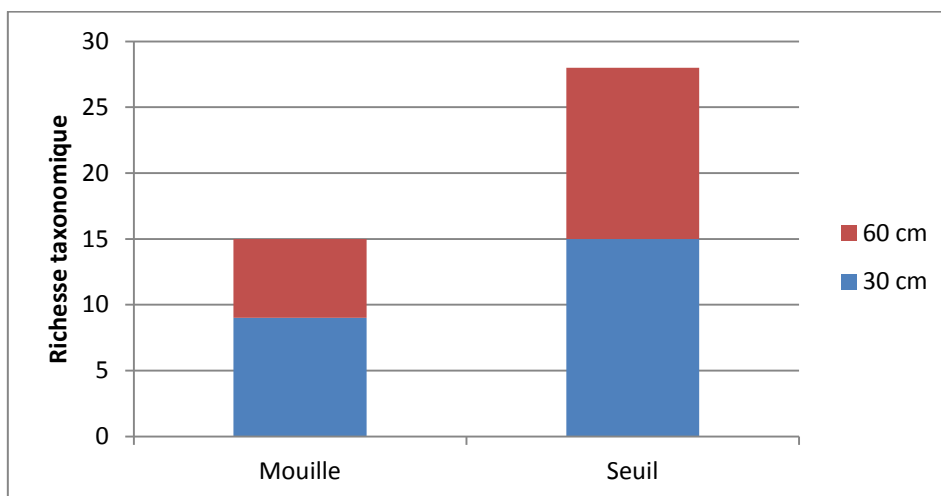


Figure 17: Richesse taxonomique pour les deux habitats étudiés.

3. les groupes trophiques :

Les groupes trophiques décrivent le mode d'alimentation des macroinvertébrés. L'un des précurseurs, Cummins (1973) a proposé une classification de la macrofaune benthique par catégorie trophique. Chacune de ces catégories est le compromis entre les adaptations morphologiques des invertébrés et les types et tailles des particules de ressources nutritionnelles.

Il n'existe actuellement pas de classification en groupes fonctionnels trophiques telle que celle proposée par Cummins & Klug (1979) pour les invertébrés des cours d'eau de surface. (FOULQUIER, 2006).

On distingue :

- les prédateurs : ils capturent d'autres invertébrés et parfois de petits vertébrés (ex classique de la larve de dytique dévorant une larve d'amphibien ou un alevin) ; la taille des proies est $> 103\mu$. Les prédateurs sont équipés ou présentent des adaptations particulières leur permettant de chasser, de piquer, de sucer, d'accrocher leur proies : les pièces buccales sont en générales très robustes et transformées par exemple en masque ou labium préhensile chez les Odonates. De même, les membres antérieurs favorisent la capture : exemple chez la Nèpe ou scorpion d'eau, ou chez le Gerris qui une fois la proie saisie la pique de son rostre et aspire les tissus et liquides. Certaines Sangsues (sangsues médicinales) sont hématophages : dotées d'une mâchoire puissante elles émettent lorsqu'elles ont mordu leur proies (vertébrés) un liquide anticoagulant. les Glossiphoniidae sucent l'hémolymphe des Mollusques et des Arthropodes aquatiques.

- les racleurs : à l'aide de leurs pièces buccales, ils raclent ou brossent les algues de l'epilithon ainsi que les éléments minéraux et organiques associés. La taille des particules ingérées est $< 103\mu$. (ex de la radula chez les Mollusques).

- les déchiqueteurs : ils se nourrissent de plantes vasculaires vivantes (macrophytes, bryophytes) et de matière organique grossière de taille $> 103\mu$. Pour broyer, découper ces grosses particules, les déchiqueteurs sont également équipés de pièces buccales particulières.

- les collecteurs : ils récoltent la matière organique fine qui dérive dans la colonne d'eau soit à l'aide d'un filet comme les larves d'*Hydropsyche* soit à l'aide de branchies filtrantes (ex des prémandibules en forme de double éventail déployé dans le courant par les Simulies).

- les collecteurs-racleurs (régime mixte partagé entre deux types)

- les indifférenciés : ce sont les invertébrés pour lesquels on peut difficilement établir le groupe trophique d'appartenance, soit les familles pour lesquelles les modes sont variables en fonction de la sous-famille, de la tribu (exemple des Chironomidae).

Suite à la situation donnée aux oligochètes aux chironomidés dans le classement des groupes trophiques proposée par Cummins (1973) qui les a classés parmi les indifférenciés, nous avons utilisés le travail de Ciric (2012) afin de classer les familles et les tribus appartenant à ces rangs taxonomiques. Cependant, pour les oligochètes nous arrivées à la famille. Quant aux chironomidés, nous sommes arrivés au tribu.

3.1. Répartition globale des groupes trophiques :

La faune récoltée est répartie sur 7 groupes trophiques. L'analyse de la figure 19 montre que les collecteurs sont le groupe trophique le plus abondant avec 64,93%. Ceci est dû à un effectif important des Oligochètes et des larves d'insectes représentés par les Chironomidae (s.F. Chironominae).

Les filtreurs représentent 23,74% des groupes trophiques suivis par les racleurs avec 7,78%. Alors que les autres groupes sont représentés par moins d'environ 2% (fig.19).

3.2. Groupes trophiques en Mouille :

Les macroinvertébrés récoltés en mouille se répartissent en 6 groupes trophiques, dont les filtreurs présentent le groupe le plus important avec 68,20% représentés exclusivement par des copépodes (Cyclopoidae) et des ostracodes, suivis par les collecteurs avec 24,27%. Les autres groupes sont de faibles abondances, inférieure à 4% (fig.20).

3.3. Seuil :

Les espèces collectées en seuil appartiennent à 5 groupes trophiques (fig.21). Les collecteurs forment le groupe dominant avec 77,45%, suivis par les filtreurs avec (10,05%) et les racleurs (9,41%). Les autres groupes sont faiblement représentés avec moins de 3%.

PLECOPTERES			ODONATES		LEPIDOPTERES	D
Chloroperlidae	P		Lestidae	P		
Perlidae	P		Libellulidae	P	CRUSTACES	
Perlodidae	P		Platycnemididae	P	Gammaridae	D
Taeniopterygidae	D		Aeschnidae	P	Asellidae	D
Leuctridae	D		Calopterygidae	P		
Nemouridae	D		Coenagrionidae	P	MOLLUSQUES	
			Cordulegasteridae	P	Ancylidae	R
			Gomphidae	P	Sphaeriidae	C
EPHEMEROPTERES					Unionidae	C
Leptophlebiidae	C		DIPTERES		Valvatidae	R
Ephemeridae	C		Chironomidae	X	Viviparidae	R
Heptageniidae	R		Athericidae	P	Bithynidae	R
Ephemerellidae	CR		Blephariceridae	R	Hydrobiidae	R
Baetidae	CR		Ceratopogonidae	C	Lymnaeidae	R
Caenidae	CR		Chaoboridae	P	Margaritiferidae	C
Oligoneuridae	C		Culicidae	C	Neritidae	R
			Dixidae	R	Physidae	R
TRICHOPTERES			Dolichopodidae	P	Planorbidae	R
Brachycentridae	C		Empididae	P		
Odontoceridae	DP		Ephydriidae	D	TRICLADES	
Philopotamidae	C		Limoniidae	P	Dugesidae	P
Glossosomatidae	R		Muscidae	P	Planariidae	P
Beraeidae	R		Psychodidae	C		
Goeridae	R		Rhagionidae	P	ACHETES	
Lepidostomatidae	D		Simuliidae	C	Erpobdellidae	P
Sericostomatidae	D		Stratiomyidae	C	Glossiphonidae	P
Hydroptilidae	D		Ptychopteridae	C	Piscicolidae	P
Leptoceridae	D		Tabanidae	P	Hirudidae	P
Polycentropodidae	P		Tipulidae	D		
Psychomyiidae	C				NEMATHELMINTES	X
Rhyacophilidae	P		HETEROPTERES		OLIGOCHETES	X
Limnephilidae	D		Aphelocheiridae	P	HYDRACARIENS	X
Hydropsychidae	C		Corixidae	R	HYDROZOAIRES	P
Ecnomidae	P		Gerridae	P		
Molannidae	P		Veliidae	P		
			Hydrometridae	P		
COLEOPTERES			Mesoveliidae	P		
Elmidae	R		Hebridae	P		
Dryopidae	P		Nepidae	P		
Dytiscidae	P		Notonectidae	P		
Gyrinidae	P		Pleidae	P		
Haliplidae	R					
Helodidae	R		PLANIPENNES			
Hydraenidae	R		Osmylidae	P		
Helophoridae	R					
Hydrophilidae	P		MEGALOPTERES			
Limnobiidae	R		Sialidae	P		
Psephenidae	R					
			HYMENOPTERES	P		

C = collecteur
 CR = collecteur-raqueur
 D = déchiqueteur
 DP = déchiqueteur-prédateur
 P = prédateur
 R = raqueur
 X = indifférencié

Figure 18 : code des groupes fonctionnels établis à partir de CUMMINS (1973). (IVOL-Rigaut, 1992).

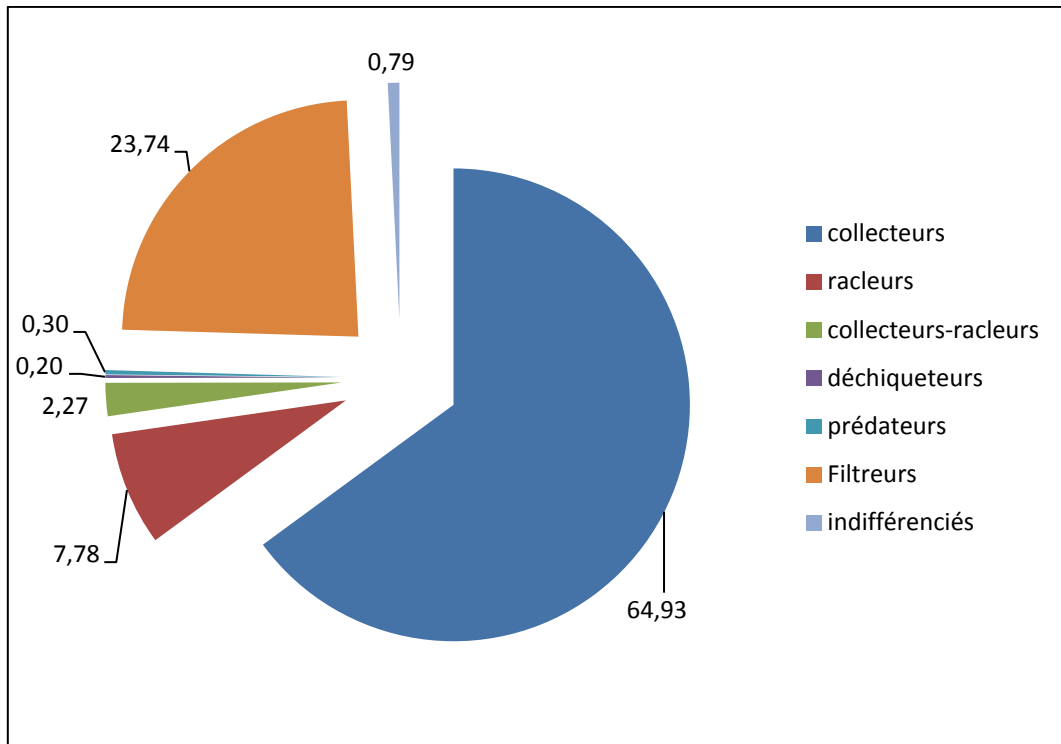


Figure 19: les groupes fonctionnels nutritionnels pour les deux habitats.

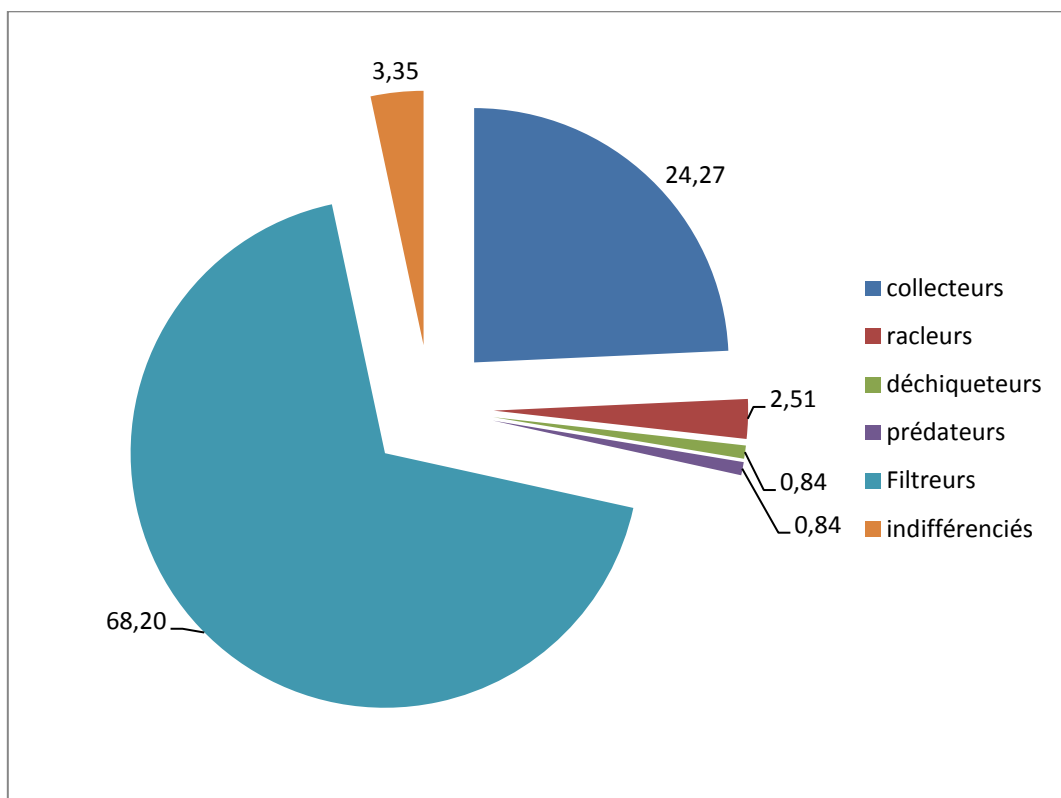


Figure 20: les groupes fonctionnels nutritionnels en mouille

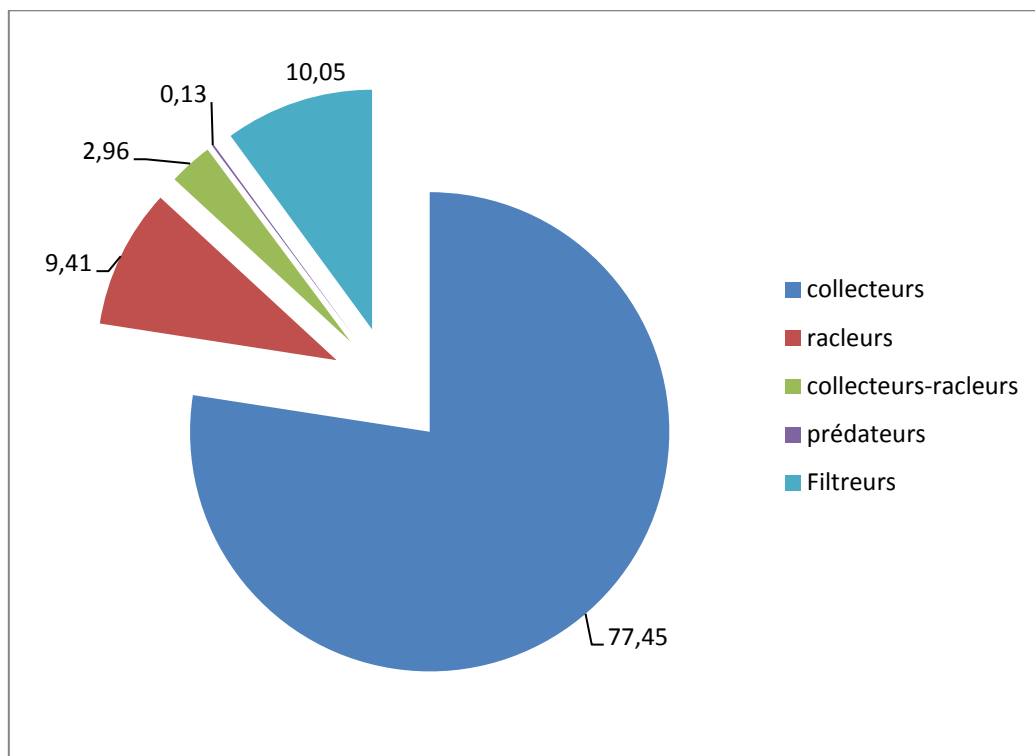


Figure 21: les groupes fonctionnels nutritionnels en seuil.

DISCUSSION

Ce travail consiste à l'étude du milieu hyporhéique à travers une étude faunistique globale et une étude approfondie sur les groupes trophiques réalisée dans le cadre d'une étude de la faune hyporhéique.

Au sein des écosystèmes, les relations trophiques jouent un rôle prépondérant dans la structuration des communautés. Chacun des groupes trophiques participe activement aux flux et aux transferts de matière et d'énergie dans le cours d'eau (IVORY-RIGAULT, 1992).

Dans le présent travail, l'inventaire faunistique effectué dans le milieu hyporhéique présente une richesse taxonomique de 23 taxons, ce qui rejoint les résultats des travaux réalisés dans le bassin versant de la Tafna, tels que ceux de : KORICHI (2008), GAGNEUR et CHAOUI (1991), BELAIDI *et al* (2004) et de ZETTAM (2011) ayant obtenus une richesse taxonomique comprise entre 20 et 28 taxons.

Les invertébrés prélevés dans la zone hyporhéique sont réparties sur un certain nombre de groupes trophiques. Néanmoins, les habitudes alimentaires au niveau genre, famille ou ordre sont basées sur des études incomplètes sur quelques espèces uniquement. Généralement, on se base sur des similitudes d'habitat ou de morphologie et l'on extrapole.

Les collecteurs sont les plus abondants avec 64,93%. Ils sont représentés surtout par des oligochètes et des larves d'insectes. Ces derniers sont dominés par des dipèteres de la famille des Chironomidae (s.F. Chironominae). Les collecteurs sont capables de récolter la matière organique en suspension dans l'eau courante ou piégée dans les sédiments.

Les oligochètes constituent l'essentiel de la faune hyporhéique (51%).en effet les oligochètes tiennent un rôle majeur dans le recyclage des nutriments et constituent un matériel de choix pour apprécier l'intensité des échanges hydrologiques entre la surface et le sous écoulement (VIVIER, 2006), et ils sont mieux représentés dans les zones calmes de substrats vaseux. On retrouve de fortes abondances des Enchytraeidae, ce qui rejoint les résultats de GAGNEUR et CHAOUI-BOUDGHENE (1991) en amont du bassin versant de la Tafna.

Les larves chironomidae représentent 70% des larves d'insectes récoltés dans ce travail. La sous famille des Chironominae (tr.chironomini), groupe indifférent à la pollution, compte la plus grande abondance relative. Ils vivent dans les eaux riches en matières organiques (GAUJOUX, 1995). En effet ils peuvent constituer selon McELRAVY et RESH (1991) plus de 60% du nombre total des individus collectés dans le milieu hyporhéique, probablement par leur migration facile entre les interstices (KORICHI, 2008). Leurs explosions démographiques pourraient refléter d'après certains auteurs des pollutions qui

favorisent le développement de taxons plutôt tolérants au détriment de taxons polluosensibles (Plafkin et al., 1989 ; Hilsenhoff, 1987).

Les filtreurs représentent 23,74% des groupes trophiques, ce groupe contient les Copépodes Cyclopoidae et les ostracodes. Ils filtrent l'eau pour retenir les particules de phytoplancton ou les particules fines de matière organique suspendues dans la colonne d'eau (Ciric, 2012).

Les Copépodes Cyclopoidae, constituent 53% de la composition totale des crustacées. Ces résultats sont en accord avec ceux de BENHADJI (2013). En effet, c'est un groupe qui est relativement peu sensible à la qualité de l'eau (BOULAL, 2002). D'après BENHADJI (2013) les Cyclopoidae sont des stygophiles et considérés comme étant de l'hyporhéos permanent.

Les ostracodes représentent 46% de crustacées récoltés. Ils sont présents dans un grand nombre de biotopes : eaux phréatiques, sources, mares temporaires et fossés, marécages, marais salants, lacs et étangs, ruisseaux et rivières (MEISCH, 1987 ; ROCA, 1993). D'après Danielopol (1980), les ostracodes sont des microcrustacés interstitiels communs aux sous-écoulements, ils ont une tendance à avoir une distribution grégaire ce qui explique d'après BENHADJI (2013) leur forte abondance dans les échantillons pompés.

Les racleurs ne constituent que 7,78% des groupes trophiques. Ils raclent la couche biologique vivante qui recouvre les macrophytes et pierres, ils avalent aussi les fins débris organiques et minéraux qui sont déposés (TACHET et al ,1980). Ce groupe trophique est dominé par les mollusques gastéropodes qui préfèrent les rivières avec une grande concentration en carbonate de calcium, nécessaire à la formation de la coquille (Ciric, 2012).

Les autres groupes trophiques sont moins représentés, on trouve les collecteurs-racleurs avec 2,27%, suivis par les indifférenciés, les prédateurs et les déchiqueteurs avec moins de 1%. Quant aux prédateurs par exemples, leur absence peut être expliquée par une en quantité insuffisante des proies ou une homogénéisation de l'habitat (granulométrie plus fine) défavorable à l'efficacité des prédateurs (Krebs, 1978 ; Begon et al., 1990 ; Menge et Sutherland, 1976).

La dominance des collecteurs et filtreurs est liée à la répartition des ressources trophiques disponibles dans le milieu hyporhéique. En effet, ces groupes sont intimement liés à la nature des apports de matière organique provenant des communautés riveraines et à la période où ceux-ci surviennent (Cornut, 2010). Cette idée est confirmée par d'autres auteurs

(Strayer 1994, Notenboom et al. 1994, Gibert & Deharveng 2002), qui d'après eux la structure des communautés souterraines est supposée être contrôlée de manière ascendante par la quantité de matière et d'énergie en provenance de la surface. Malgré la dépendance de ce milieu hétérotrophe (Creuzé des Chatelliers et al., 1991) à la surface pour les ressources alimentaires, la zone hyporhéique jouent un rôle important dans le métabolisme global des cours d'eau (Grimm & Fisher ,1984). D'autre part, ces horizons sont de véritables écotones, qui de par leur position intermédiaire entre les eaux de surface et les horizons plus profonds, jouent un rôle particulier dans la régulation des flux de matière et d'énergie vers les écosystèmes souterrains. Ces écotones sont le lieu de processus abiotiques d'adsorption et de mélange entre eaux de surface et eaux souterraines mais abritent également des biocénoses dont la capacité à retenir et dégrader les flux de matière organique influence fortement la qualité des eaux souterraines (FOULQUIER, 2006).

CONCLUSION

Les peuplements de macroinvertébrés sont conditionnés par un environnement complexe à des échelles successives : le milieu physique, et le "milieu trophique" ou la ressource en nourriture (IVORY-RIGAULT, 1992).

Les macroinvertébrés, acteurs importants dans le fonctionnement des hydrosystèmes (CUMMINS, 1975 ; VANNOTE et al., 1980 ; CUSHING et al, 1983) , sont intégrés au fonctionnement global de cours d'eau en tant que maillon de la chaîne trophique.

Dans la présente étude, l'étude faunistique réalisée dans le milieu hyporhéique en mouille et en seuil a fait ressortir un total de 1016 individus appartenant à 23 Taxons.

Une classification des taxons récoltés a été établie à partir du mode alimentaire et du type de nourriture, nous avons classifié ces taxons dans des groupes trophiques.

Cependant, deux groupes trophiques sont les plus abondants : les collecteurs et les filtreurs, cela est expliqué par les abondances très élevés de certaines espèces telles que les oligochètes et les larves d'insectes de la famille des Chironomidae pour les collecteurs, et les Cyclopoidae pour les filtreurs. Cette dominance est liée essentiellement à la présence des ressources trophiques nécessaire pour ces espèces dans le milieu hyporhéique.

D'autres groupes sont représentés par des faibles abondances (déchiqueteurs, prédateurs). Cela est liée probablement au leur mode d'alimentation qui ne convient pas avec les caractéristiques de milieu hyporhéique de notre station, surtout pour les invertébrés déchiqueteurs qui se nourrissent à partir de particules grossières de matière organique (Graça 2001), donc leur présence dans le milieu hyporhéique est conditionnée par les apports de matière organique sous forme de litière végétale (Cornut, 2010).

Enfin, l'étude des groupes trophiques dans les communautés d'invertébrés hyporhéique apparait ainsi nécessaire et permet de cerner le rôle du milieu hyporhéique dans le flux de matière et d'énergie tout on intégrant le compartiment superficiel. Cela, afin de mieux comprendre le fonctionnement de tout le système oued.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- Ait-Boughrous A., 2007.** Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech. Thèse de Doctorat, Univ, Marrakech: 207p.
- Ammar T., 2012.** La mise en place d'un Protocole d'échantillonnage des invertébrés aquatiques adaptés aux zones amont des oueds. Thèse de Magistère, Univ, Tlemcen: 111p.
- Angelier E., 1953.** Recherches écologiques et biogéographiques sur la faune des sables submergés. Arch. Zool. exp. Gén., 90: 37-161.
- Authier A., 1981.** Rapport d'analyse des eaux de la région de Tlemcen: 1-26.I.N.E.S science exacte, Tlemcen.
- Begon E M., Harper J., Townsend C., 1990.** Ecology: individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell Scientific Publ, 896 p.
- Belaidi-Aliane N., Taleb A. ET Gagneur J., 2004.** Composition and dynamique of hyporheic and surface fauna in a semi-arid system in relation of the management of polluted reservoir, Anne, Limno, Int, J, Lim, 40 (3): 237-268.
- Benhadji N., 2013.** Contribution à l'étude de la faune benthique et hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen. Thèse de Magister, Univ Tlemcen, 142p.
- Bouanani A., 2003.** HYDROLOGIE, TRANSPORT solide et modélisation Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie), Thèse de Doctorat, Univ, Tlemcen: 250p.
- Bouklikha A., 2011.** Répartition du macrobenthos des Oueds du bassin versant de la Tafna. Application à l'occupation des micro-habitats des cours d'eau. Thèse de Magister. Univ. Tlemcen. 100p.
- Boulal, M., 2002.** Recherches phréatobiologiques dans le Souss et les régions voisines du Maroc occidental: Qualité de l'eau, Biodiversité, Ecologie et Biogéographie historique des espèces stygobies. Thèse de Doctorat d'Etat, Fac. Sc. Semlalia, Marrakech, 443 p.
- Bouziid S., 2008.** Etude de la dynamique du phosphore dans la Tafna, Thèse de Magistère, Univ, Tlemcen: 207p.
- Bou C., 1974,** Recherche sur les eaux souterraines. Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. Annexe. Spéolo, 29, 4, p. 611-619.
- Boutoux J., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eau de boisson (qualité et santé). Edt.CEBEDOC.Québec :169p.
- Chaoui Boudghene S., 1991.** Contribution à l'étude de la faune hypogée d'Afrique du Nord (milieu hyporhéique et phréatique), Thèse de Magister, Univ, Tlemcen: 109p.
- Ciric C., 2012.** Conception et développement d'un nouveau modèle d'écosystème aquatique adapté pour décrire la dynamique des espèces dans des mésocosmes lotiques, Thèse doc, Univ Lyon, 258p.
- Collignon B., 1986.** Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie), Thèse de Doctorat nouveau régime, Univ Avignon: 282p.

Corunt J.,2010. Décomposition de détritux végétaux dans la zone hyporhéique de cours d'eau forestiers :implication du compartiment fongique,Thèse,doct,univ Toulouse,252p.

Creuzé des Châtelliers M., Poinart D., 1991. Caractéristiques des aquifères alluviaux et diversité faunistique du sous-écoulement du Rhône. Hydrogéologie, 3 : 201-216.

Cushing C.,McIntire C., Cummins K.,Minshall G.,Petersen R.,Sedell J.,Vannote R.,1983.Relationship among chemical,physical and biological indices along river continua based on multivariate analyses archive fur hydrobiology 98:317-326.

Cummins K.W., Klug M.J., 1979.Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review of Ecology and Systematics 10, 147-172.

Cummins K.W., 1973.Trophic relations of aquatic insects.Annales Revue Entomologique, 18:183-206.

Cummins K.W., 1974.Structure and function of stream ecosystems.Bioscience,24:631-641.

Dajoz R., 1996. Précis d'écologie. Edition Dunod, 5^{ème} Edition :396p.

Danielopol D.L., 1980. The role of the limnologist in groundwater studies. Int. Revue ges. Hydrobiol. 65:777-791.

Foulquier A.,2006. Écologie fonctionnelle dans les nappes phréatiques: liens entre flux de matière organique, activité et diversité biologiques,Thèse,Doct,d'état,Univ lyon,268p.

Gagneur J. et Chaoui Boudghène,C., 1991. Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'Ouest Algérien. SPB Academic Publishing bv, The Hague. Stygologia, 6(2) 77-89.

Gaujoux D., 1995.La pollution des milieux aquatiques. aide mémoire technique et documentation,220p.

Gentil L., 1903. Carte géologique du bassin versant de la Tafna ,OranServ,Publ,Geol,Algérie.

Graça, M.A.S.,2001.The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams: a review. International Review of Hydrobiology, 86, 383–396.

Grimm N.B. et Fisher S.G., 1984. Exchange between interstitial and surface water: implications for stream metabolism and nutrient cycling. Hydrobiologia. 83:303-312.

Hilsenhoff W.,1987. An improved biotic index of organic stream pollution. Great Lakes Ento-mologist 20:31-3.

Hébert S et Legare S., 2000. Suivi de la qualité des rivières et petit cours d'eau, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Envirodoq no ENV 2001-0141, rapport no QE-123 :24p.

Ivol-Rigaut J.,1992.Hydro-écorégion et variabilité des communautés du macrobenthos sur le bassin de Loire.Essai de typologie régionale et référentiel faunistique,Thèse,doct,univ lyon,271p.

- Korichi N., 2008.** Contribution à l'étude de la faune hyporhéique et superficielle de la haute Tafna (Nord-ouest d'Algérie). , Thèse d'ingénieur , Univ, Tlemcen: 61p.
- Krebs, J.R., 1978.** Optimal foraging decision rules for predators. In : J.R. Krebs et N.B. Davies (eds), Behavioral ecology, an evolutionary approach. Blackwell Scientific Publication : 22-63.
- McElravy E et Resh V., 1991.** distribution and seasonal occurrence of the hyporheic fauna in northern California stream, *Hydrobiologia*, 220, 233-246.
- MEISCH C., 1987.** Ostracodes d'eau douce récoltés dans le sud-ouest de la France. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, 89-118.
- Menge, B.A et Sutherland, J.P., 1976.** Species diversity gradients : synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *The American Naturalist*, 110 : 100-110.
- Merritt R.W. et Lawson D.L., 1979.** Leaf litter processing in floodplain and stream communities. Pages 93-105 in R.R Johnson & J.F McCormick, eds. Protection and management of floodplain wetlands and other riparian ecosystems. US department of agriculture, Washington, DC.
- Merritt R., Cummins K., 1984.** An introduction to the aquatic insects of North America. 2nd edition. Dubuque , Iowa, Kendall-Hunt publishing Company.
- Minshall G.W., Petersen R.C., Cummins K.W., Bott T.L., Sedell J.R., Cushing C.E. et Vannote R.L., 1983.** Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. *Ecological Monographs*, 53, 1-25.
- Orghidan T., 1959.** Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: der hyporheische Biotop. *Archiv für Hydrobiologie*, 55, 392-414.
- Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K. et Hughes, R.M., 1989.** Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers : benthic macroinvertebrates and fish. Office of water, US Environmental PA, Washington DC.
- Pascalis, 2006.** Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life In the Subsurface: www.pascalis-project.com.
- Rezougui A., 2008.** Contribution à l'étude des Oligochètes dans le milieu hyporhéique et benthique de la Haute Tafna, Thèse d'ingénieur , Univ, Tlemcen: 46p.
- Roca J.R., 1993.** Ecology and distribution of Ostracoda in Pyrenean springs. *J. Crustac. Biol.*, 13, 1: 165-174.
- Ruffo S., 1961.** Problemi relativi allo studio della fauna interstiziale iporreica. *Boll. Zool.* 28 (2): 273-319.
- Tachet H., Bournaud M., Richoux PH., 1980.** Introduction à l'étude des vertébrés d'eau douce, Ed Univ de Lyon I, Association française de limnologie : 155p.
- Thinthoin R., 1948.** Les aspects physiques du tell oranais, Essai de morphologie de pays semi-aride: ouvrage publié avec le concours du C,N,R,Sed, l Fouque 639p.

- Ramade F.,1984.**Elément d'écologie fondamentale.Edit Mac GRAWILL.paris.197p.
- Rodier J, 1996.**L'analyse de l'eau ,Eaux naturelles - eaux résiduaires- eau de mer ,8ème edt,Dunod: 1383p.
- Djebaili S,1978.**Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien Algérie,Thèse,Doct,d'etat,Univ,Sci,et Tech Languedoc, Montpellier,229p.
- Vannote R.,Minshall G.,Cummins K.,Sedell J.,Cushing.,1980.**The river continuum concept .canadian journal of fisheries and aquatic science,37:130-137.
- Vivier A., 2006.**Effets écologiques de rejets urbains de temps de pluie sur deux cours d'eau périurbains de l'ouest lyonnais et un ruisseau phréatique en plane Alsace. thèse de doctorat d'université de louis pasteur, 291p.
- White D.S.,1993.**Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. Journal of the North American Benthological Society, 12, 61-69.
- Williams D.et Hynes H.,1974.**The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. Freshwater Biology, 4, 233-256.
- Yacoubi-Khebiza, M., 1987.** Etude de la faune hyporhéique d'un oued du Haut-Atlas de Marrakech, l'oued N'Fis et ses affluents au voisinage du barrage Lalla Takerkoust. Mém.D.E.A. Fac.Sci.Univ.Semlalia, Marrakech, 27p.
- Zettam A., 2010.** Adadptation de la méthode Bou-Rouh dans un système Oued, Thèse d'ingéniaurat d'état en écologie végétale et environnement, Univ, Tlemcen: 54p.
- Zettam A., 2011.** Impact des faibles volumes d'eau pompés sur la richesse des invertébrés hyporhéique à l'amont de la Tafna.Thèse de Master, Univ, Tlemcen: 45p.