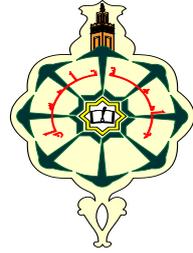


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen
Faculté des Sciences de la nature et de la Vie
Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Ecologie et Environnement
Laboratoire de Gestion Des Ecosystèmes Naturels



**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en
« Pathologie Des Ecosystèmes »**

DISTRIBUTION VERTICALE DE LA FAUNE HYPORHEIQUE DANS LA HAUTE TAFNA

Présenté par : BENKEBIL Zeyneb

Soutenu le : 03/10/2013

Devant le jury composé de :

Président	BOUABDELLAH Hamza	Maître assistant, Université de Tlemcen.
Encadreur	BELAIDI Nouria	Professeur, Université de Tlemcen.
Examineur	MAHI Abdelhakim	Maître assistant, Université de Tlemcen.

Année Universitaire : 2012-2013

*I dedicate my modest efforts to God, the lord
of all the worlds; to none else but to him.*

May he accept from me

Remerciements

Mes profonds remerciements est ma gratitude vont à

Mme BELAIDI Nouria., Professeur à l'Université de Tlemcen qui m'a permis de réaliser cette étude. Je lui témoigne ma profonde reconnaissance, pour ses précieux conseils et ses orientations bienveillantes tout au long de ce cycle.

Mr BOUABDELLAH Hamza., Maître assistant à l'Université de Tlemcen de l'intérêt qu'il a bien voulu porté à ce travail en acceptant de présider le jury, et pour nous avoir bien voulu dispenser des cours durant toutes ces années. Je tiens à vous exprimer tout mon respect et mon estime.

Mr MAHI Abdelhakim., Maître assistant à l'Université de Tlemcen qui m'a fait l'honneur d'examiner ce travail. Je le remercie également pour ses précieux conseils, et son aide. Qu'il soit assuré de mon profond respect et de mes sincères remerciements.

Melle TALEB Amina., Professeur à l'Université de Tlemcen pour son aide et son soutien durant tout le long de ce cycle. Qu'elle trouve ici l'expression de ma reconnaissance et mon estime.

Ceux qui m'ont accompagné sur le terrain, *Amine et Karima*, ainsi qu'à toute personne qui m'a aidé scientifiquement et moralement. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon entière reconnaissance.

Tous qui m'ont enseigné un jour, grâce auxquels j'ai eu les connaissances nécessaires pour accéder à ce niveau.

A tous, veuillez accepter ici mes remerciements, ma gratitude, l'expression de ma haute considération et l'assurance de mon profond respect.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

Celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ...

Mon père, écolé de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les garde et les protège.

Mon frère: M'hamed

Mes sœurs : Fatima et Imène

Mon adorable petite nièce : Youssra

Mes beaux frères : Abdesslam et Abderrahmane

Tout mes amis (e) s sans exception

Et à tous les enseignants et enseignantes qui ont contribué à ma formation.



Résumé

La distribution verticale des invertébrés aquatiques en relation avec le cycle hydrologique a été étudiée dans la haute Tafna. Deux sites (un seuil et une mouille) ont été échantillonnés au niveau du milieu superficiel et hyporhéique. Dans ce dernier deux profondeurs ont été considérées (70cm et 90cm).

Cette étude nous a permis de recenser un total de 6679 individus répartis en 36 taxons. Les résultats indiquent une diminution de la densité avec la profondeur. Cette diminution est à mettre en relation avec la porosité, la perméabilité, la présence de matière organique et la disponibilité en oxygène. Il existe des ressemblances de point de vue taxonomique entre les deux biotopes avec la présence de certains taxons exclusifs.

La distribution spatiale montre une grande richesse taxonomique au niveau du site B qui est en rapport avec la vitesse du courant beaucoup plus élevée au niveau du seuil qu'au niveau de la mouille.

Et enfin l'évolution temporelle témoigne une augmentation de la richesse au niveau de la zone hyporhéique en période d'étiage expliquant son utilisation comme zone de refuge par la faune épigée.

Mots clés :

Distribution verticale, faune hyporhéique, faune superficielle, haute Tafna.



Summary

The vertical distribution of the watery invertebrates in relation to the hydrological cycle was studied in high Tafna. Two sites (a threshold and a damping) were sampled on the level of the medium surface and hyporheic. In this last two depths were considered (70cm and 90cm).

This study enabled us to count a total of 6679 individuals divided into 36 taxa. The results indicate a reduction in the density with the depth. This reduction is to be put in relation to porosity, the permeability, the presence of organic matter and the availability out of oxygen. There are resemblances from taxonomic point of view between the two biotopes to the presence of some exclusive taxa.

Spatial distribution shows a great taxonomic richness on the level of the site B which is in connection with the current velocity much higher on the level of the threshold than on the level of damping.

And finally the temporal evolution testifies an increase to the richness on the level of the hyporheic zone in period to low water level explaining its use as zone of refuge by epigien fauna.

Key words:

Vertical distribution, hyporheic fauna, surface fauna, high Tafna.

ملخص

التوزع العمودي للأقريات المانية في ترابط مع الدورة المانية تمت دراسته أعالي تافنة . تم اختيار موضعين (مغمور ووصيد) على مستوى الوسط الظاهري و الشبه باطني. في هذا الأخير تم اختيار عمقين مختلفين (70 سم و 90 سم).

هذه الدراسة مكنتنا من إحصاء مجموع ما يقارب 6679 فرد مقسمة على 36 صنف. هذه النتائج تبين تناقص التنوع البيئي كلما ازداد العمق. هذا التناقص يتناسب مع خاصية المسامية و النفاذية ونسبة تواجد المواد العضوية و توفر الاكسجين. يوجد تشابه من ناحية الاصناف بين الوسطين مع تواجد بعض الكائنات الخاصة و الغير شاملة. التوزيع الحيزي يبين وجود تنوع كبير للاصناف الحية على مستوى الموضع المبلل. هذا التنوع في علاقة مباشرة مع سرعة التيار وارتفاع الماء في المجرى.

في الأخير التطور الزمني يكشف عن زيادة في التنوع على المستوى الشبه باطني في فترة الجفاف ناتج عن استخدام هذا الوسط كمنطقة لجوء من طرف الحيوانات الفوق أرضية.

الكلمات المفتاحية:

التوزع العمودي. كائنات الوسط الشبه باطني. كائنات الوسط الظاهري. أعالي تافنة.



Liste des abréviations

PS : Prélèvement superficiel

P70 : Prélèvement hyporhéique à 70 cm de profondeur

P90 : Prélèvement hyporhéique à 90 cm de profondeur

PAS : Prélèvement superficiel au niveau du site A

PA70 : Prélèvement hyporhéique à 70 cm de profondeur au niveau du site A

PA90 : Prélèvement hyporhéique à 90 cm de profondeur au niveau du site A

PSB : Prélèvement superficiel au niveau du site B

PB70 : Prélèvement hyporhéique à 70 cm de profondeur au niveau du site B

PB90 : Prélèvement hyporhéique à 90 cm de profondeur au niveau du site B



Liste des figures

Figure n°1 : Schéma de la zone hyporhéique (Malard et al., 2000).....	3
Figure n°2 : La localisation centrale de la zone hyporhéique montrant les échanges avec l'eau de surface, eau souterraine, la zone riveraine et la couche d'aquifère (adapté de Boulton, 2000).....	4
Figure n°3: Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Tafna avec la localisation du site d'étude (Belaidi et al., 2011 modifié).....	11
Figure n°4: Filet surber.....	15
Figure n°5 : Schéma de la Pompe Bou-Rouch (Pascalis, 2006).....	16
Figure n°6 : Variation temporelle et spatiale de la température moyenne.....	25
Figure n°7 : Variation temporelle et spatiale des valeurs moyennes de l'oxygène.....	25
Figure n°8 : Variation temporelle et spatiale des valeurs moyennes du pH.....	26
Figure n°9 : Variation temporelle et spatiale des valeurs moyennes de la conductivité.....	26
Figure n°10 : Variation temporelle du gradient hydraulique verticale (VHG).....	27
Figure n°11 : Composition faunistique globale.....	31
Figure n°12 : Composition des Crustacés.....	31
Figure n°13 : Composition des Insectes.....	31
Figure n°14 : Différentes familles des Diptères.....	32
Figure n°15 : Différents taxons de la famille des Chironomidae.....	32
Figure n°16 : Familles des Coléoptères du milieu superficiel.....	32
Figure n°17 : Différentes familles des Trichoptères du milieu superficiel.....	32
Figure n°18 : Les classes des Annélides.....	33
Figure n°19 : Groupes taxonomiques des Mollusques.....	33
Figure n°20 : La distribution seuil-mouille de la faune superficielle et hyporhéique.....	38
Figure n°21 : La distribution temporelle de la faune superficielle et hyporhéique.....	42
Figure n°22 : Richesse taxonomique.....	44
Figure n°23 : Indice de Shannon-Weaver.....	44
Figure n°24 : Equitabilité.....	45



Liste des tableaux

Tableau n°1 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques pendant les deux périodes hydrologiques avec leurs écarts types.....	24
Tableau n°2 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans les deux sites, A et B avec leurs écarts types.....	24
Tableau n°3 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques pour les trois profondeurs.....	24
Tableau n°4: Résultats de la richesse taxonomique et l'indice de Shannon et l'équitabilité calculés.....	43

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Définition du milieu hyporhéique.....	3
2. Le concept d'écotone dynamique.....	4
3. Les recherches et résultats obtenus en Europe sur la distribution verticale des invertébrés.....	5
4. Le rôle fonctionnel de la zone hyporhéique.....	6
◆ Le compartiment hyporhéique : Un filtre physique, biochimique et photique...6	
◆ Le compartiment hyporhéique: une zone refuge.....	7

Chapitre II : Etude du milieu physique

II.1. Présentation du bassin versant de la Tafna.....	8
II.1.1 Hydrologie.....	9
II.1.2 Géologie.....	9
II.2. Description de la station d'étude.....	12

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Echantillonnage de la faune.....	15
III.1.1. Prélèvement dans le milieu superficiel.....	15
III.1.2. Prélèvement dans le milieu hyporhéique.....	15
III.1.3 Tri et détermination.....	17
III.2. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau.....	17
a. Température.....	17
b. L'oxygène dissous.....	17
c. La conductivité électrique.....	17

d. Le potentiel d'hydrogène.....	17
e. Le VHG.....	18
III. 3. L'analyse des données.....	18
◆ La richesse taxonomique.....	18
◆ L'abondance relative.....	18
◆ L'indice de Shannon Weaver et l'Equitabilité de PIELOU.....	19

Chapitre IV : Résultats et interprétation

I. Résultat des analyses physico-chimiques.....	21
1. Température.....	21
2. Oxygène dissous.....	21
3. pH.....	22
4. Conductivité.....	23
5. VHG.....	23
II. Résultats faunistiques	
1. Comparaison globale de la faune superficielle et la faune hyporhéique 70 et la faune hyporheique 90cm.....	28
2. Distribution spatio-temporelle de la faune.....	34
2-1 Distribution spatiale.....	34
◆ Site A.....	34
◆ Site B.....	35
2-2 Distribution temporelle.....	39
◆ Période des hautes eaux.....	39
◆ Période d'étiage.....	39
3. Structure des communautés.....	43
Discussion	46
Conclusion	49
Références bibliographiques	51



Introduction

Introduction

Depuis son existence, l'homme s'est focalisé à se servir de la nature et ses richesses en vue de satisfaire ses besoins qui augmentent de plus en plus sans se soucier des risques engendrés à l'environnement.

De tout temps, l'humanité s'est développée en étroite liaison avec les ressources en eau, qui sont essentielles à la vie, il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger.

L'eau est indispensable à l'existence, au développement et la vie de l'homme. De sa conception à la réalisation de ses activités comme l'industrie ou l'agriculture, l'homme en a besoin.

Chaque goutte est la perle d'un collier infini qui entoure le monde. Et comme toute perle, elle est précieuse et dont la disponibilité a depuis toujours guidé le développement des formes de vie sur la terre.

Les cours d'eaux naissent par le fait que les eaux qui arrivent à la surface de la terre ne sont pas complètement absorbées. Une part non négligeable ruisselle et s'écoule à l'air libre, formant les cours d'eau (Dussart, 1966).

Ainsi, il se développe en association intime avec le système de surface un habitat original, le milieu interstitiel.

Longtemps négligé, cet habitat est aujourd'hui pris en compte par de nombreuses équipes d'hydrobiologistes qui travaillaient jusqu'alors sur la seule frange superficielle.

Il a reçu le nom de sous-écoulement ou milieu hyporhéique. Ce dernier représente une zone de transition et correspond à la couche de sédiments saturée en eau, située sous le lit de la rivière. La faune qui s'y installe est nommée faune hyporhéique (Orghidan, 1959).

Selon Belaidi et al. (2004), la zone hyporhéique détient une forte hétérogénéité structurelle dépendante plus souvent de la géomorphologie de la rivière, de la circulation de l'eau dans le milieu hyporhéique et des échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Les différents travaux montrent que la zone hyporhéique constitue un compartiment essentiel dans le fonctionnement des systèmes aquatiques en raison de la diversité et de l'abondance de la faune ainsi que de son rôle dans la dynamique du système (Brunk et Gonser, 1997 ; Ward et al., 1998 ; Taleb et al., 2008).

L'existence d'interactions verticale entre les deux compartiments, superficiel et souterrain, a pu mettre en relief le rôle central du milieu hyporhéique dans les processus physiques, chimiques et écologiques des systèmes lotiques (Gayraud et Philippe, 2003).

A l'interface eau souterraine - eau de surface, la présence de communautés d'organismes et de gradients de nutriments témoignent des échanges à travers la zone d'interface rivière-nappe (Triska et al., 1989).

Le milieu hyporhéique a été le thème de plusieurs études approfondies sur le plan international. En Europe : Quelques auteurs ont mis en évidence l'importance des échanges entre ces deux milieux dans le fonctionnement des rivières citons : Marmonier et Dolle (1986), Marmonier (1988), Creuze des Chatelier et Marmonier (1990), Marmonier et al (1993), Griffith et Perry (1993), Claret et Font vieille (1997), Marmonier et al (1997), Claret et al (1999), Gnouma et al (2002), Claret et al (2003), Claret et al (2007), Descloux Stéphane (2010), Orghidan (2010), Stubbington et al (2011).

Aux USA, citons les travaux de Triska et al (1989), Rundle (1990), Rundle et Ramsay (1997), Brunk et Gonser (1999), Robertson et al (2000), Stead et al (2003), Krause et al (2009).

En Algérie, les recherches sur le milieu hyporhéique n'ont débuté qu'à la fin des années 80. Les seuls travaux sont réalisés dans le nord ouest Algérien. Citons les travaux de Gagneur et Chaoui-Boudghene (1991), Boughettaya (2000), Dahmane (2003), Ghernik (2003), Sabri (2003), Belaidi et al (2004), Taleb et al (2008), Korichi (2008), Bouzid (2009), Zettam (2011), Benhadji (2013). Toutes ces études visent à mettre en évidence le rôle du milieu hyporhéique dans le fonctionnement de l'écosystème « oued ».

L'objectif de notre étude est de décrire la distribution verticale des invertébrés aquatiques dans le lit de l'oued Tafna dans une tranche de 1m de profondeur, dans un but de déterminer la capacité de migration en fonction des périodes hydrologiques.



Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Définition du milieu hyporhéique : (Figure n°1)

Le fond du lit des cours d'eau est depuis longtemps reconnu comme un élément fondamental des systèmes aquatiques en raison de nombreuses fonctions de production et de transformation d'énergie qui s'y produisent et par la faune diversifiée qu'il abrite. Toutefois, sa vision par les biologistes a considérablement évolué durant les cinquante dernières années, notamment par la prise en compte de sa dimension verticale et de sa position d'interface avec les eaux souterraines (Gibert et al., 1997).

Le terme hyporhéique a été créé par Traian Orghidan en 1959 en combinant deux mots grecs : *hypo* (ci-dessous) et *rheos* (flux), qualifiant ce milieu biologique particulier constitué par les eaux remplissant les interstices du sédiment sur lequel circulent les eaux courantes.

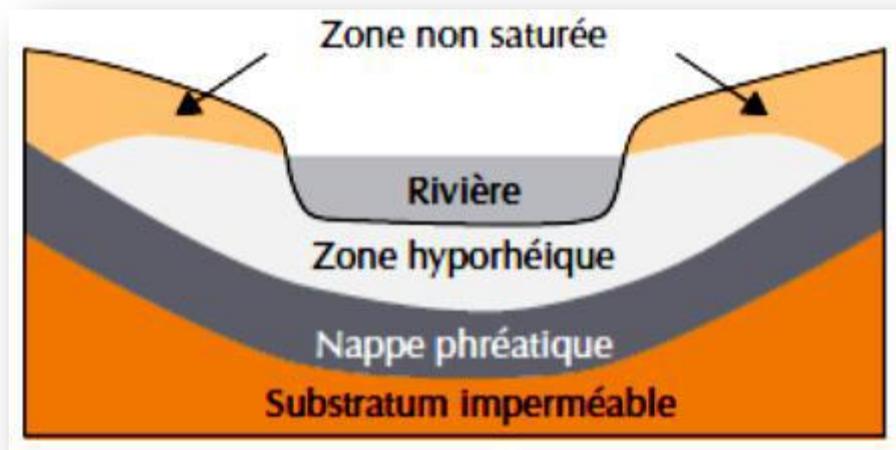


Figure n°1 : Schéma de la zone hyporhéique (Malard et al., 2000).

A l'origine, le terme de zone hyporhéique a été utilisé dans l'étude des organismes vivant dans les sédiments macroporeux situés dans le milieu interstitiel (Angelier, 1962).

Cette zone interstitielle ne peut être réellement délimitée (Bonvallet-Garay, 2003) et son développement est très variable, de quelques centimètres à plusieurs mètres.

La profondeur à laquelle les eaux de surface pénètrent dans le lit détermine la profondeur de la zone hyporhéique (Trista et al., 1989 ; White, 1993).

2. Le concept d'écotone dynamique :

Selon Cornut (2010), le terme « écotone » fait référence à la dimension spatiale de la zone hyporhéique insérée entre le cours d'eau situé juste au-dessus, et les eaux souterraines en dessous, et « dynamique » dans le sens où ces mêmes dimensions spatiales fluctuent selon les caractéristiques du sédiment et les échanges hydrologiques. (**Figure n°2**).

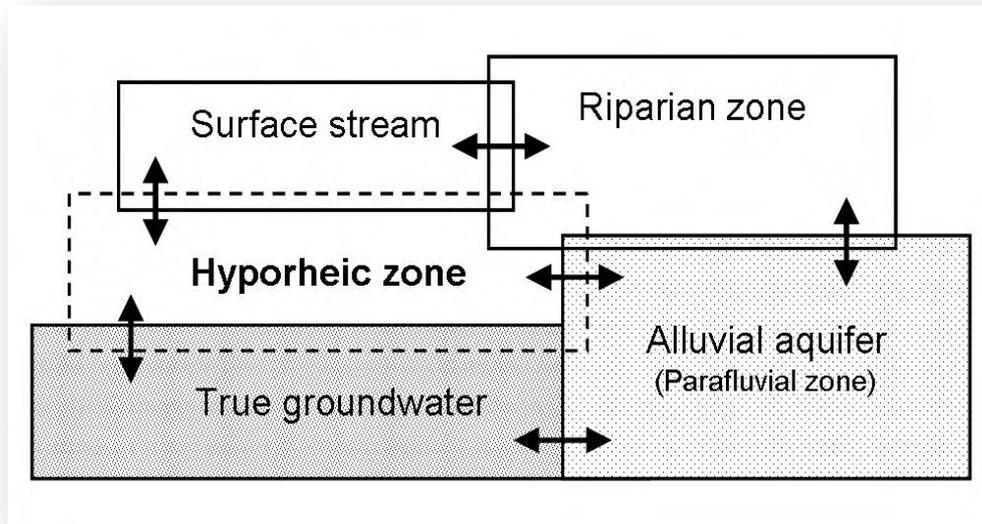


Figure n°2 : La localisation centrale de la zone hyporhéique montrant les échanges avec l'eau de surface, eau souterraine, la zone riveraine et la couche d'aquifère (adapté de Boulton, 2000).

3. Les recherches et résultats obtenus en Europe sur la distribution verticale des invertébrés:

La dimension verticale du sédiment du lit a été étudiée seulement au cours des vingt dernières années. Le sédiment du fond du lit est défini par Bretschko et Klemens (1986) comme le sédiment qui forme le chenal et qui est dominé par la faune épigée.

Plusieurs recherches se sont focalisées sur la distribution verticale des invertébrés (Bretschko 1981, Pugsley et Hynes 1983, Stanford and Ward 1988, Strommer et Smock 1989, Dole-Olivier et Marmonier 1992, Essafi et al, 1992) et sur l'importance de la zone hyporhéique qui constitue une zone refuge pour les invertébrés (Williams et Hynes 1974, Dole et Chessel 1986, Marmonier et Dole 1986, Palmer et al. 1992, Griffith et Perry 1993).

Quelques auteurs se sont intéressés sur l'étude de la distribution verticale des invertébrés en relation avec la structure physique du sédiment et les facteurs trophiques (Bretschko et Leichtfried 1988, Essafi et al. 1992).

Selon Marmonier et Creuzé des Châtellier 1991, la colonisation de l'habitat interstitiel par la faune benthique est favorisée par l'infiltration de l'eau.

William et Hynes (1974) ont estimé la densité des invertébrés au niveau de la zone hyporhéique dans la rivière d'Ontario par 184,760 à 797,960 individus par m³ représentant un poids entre 31 et 253 g.

Les recherches sur la faune hyporhéique en Ecosse effectuées par Pryce et al (2010) ont permis de recenser seulement quelques invertébrés à la profondeur 70 cm. Leur nombre diminue au delà de cette profondeur.

Maridet et al (1992) en étudiant la distribution verticale des invertébrés sur 3 cours d'eaux en France, ont constaté que les deux facteurs qui influencent cette distribution sont la porosité et la profondeur. La densité des invertébrés décroît avec l'augmentation de la profondeur. Dans les trois cours d'eaux, la densité des invertébrés est passée de 16 à 50 individus/litre. 70 à 90 % de la faune recensée a été récoltée dans les premières couches du lit (entre 0-15 cm), et seulement 0 à 7 % des individus ont été rencontrés au delà de 15 cm de profondeur.

Pugsley et Hynes (1986) suggèrent que le décroissement du nombre d'invertébrés au dessous de 15 cm de profondeur est dû à la faible disponibilité de l'oxygène et de nourriture.

Il a été démontré que plus la perméabilité est forte, meilleure est l'oxygénation du milieu hyporhéique en profondeur (Boulton et al., 1998).

Ainsi, les zones proches des eaux de surface sont généralement bien oxygénées, alors que les concentrations diminuent à mesure que l'eau descend dans la matrice sédimentaire (Marmonier et Dole, 1986 ; Findlay et al., 1993), et cela, principalement en raison de la respiration au sein des sédiments (Chapelle, 1993).

Brunke et Gonser (1999) suggèrent que la distribution des invertébrés est fortement influencée par la distribution des ressources trophique.

Dans un autre site, Maridet et al (1992) ont montré la relation entre la porosité, la densité des espèces ainsi que leur richesse taxonomique. Ils ont confirmé que la porosité est le premier facteur déterminant la distribution des invertébrés. La pénétration des organismes en profondeur est en relation avec la variabilité de l'habitat qui dépend de sa structure (Sterba et al, 1992). Une porosité importante favorise l'installation d'un grand nombre de macroinvertébrés. Cependant la faible colonisation des couches profondes de la zone

hyporhéique est en relation avec d'autres facteurs tels que la profondeur, l'espace et la disponibilité de l'oxygène qui résulte d'une faible porosité en surface.

Selon les mêmes auteurs et sur leur même étude, la distribution des invertébrés varient en fonction des saisons avec une densité maximale au mois d'Avril et Juillet, et une densité minimale au mois de Janvier. Ils suggèrent qu'après une période de fort débit au mois d'Avril, un pourcentage important d'invertébrés été retrouvé au delà de 15 cm de profondeur.

Le milieu interstitiel, s'il peut être colonisé, est utilisé comme une zone refuge face à des conditions hostiles en surface, les organismes trouvant un environnement plus stable à l'intérieur du sédiment (Palmer et al., 1992, Griffith et Perry, 1993).

Tous ces travaux montrent que la distribution verticale des organismes est influencée par la concentration en oxygène, par les mouvements entre l'eau de surface et l'eau interstitielle, par la quantité et la taille des interstices (Williams, 1984 ; Bretchko et klemens, 1986), par la distribution des nutriments (Godbout et Hynes, 1982) et par des modifications saisonnières (McElravy et Resh, 1991).

4. Le rôle fonctionnel de la zone hyporhéique :

Grimm et Fisher (1984) ont été les premiers à faire la démonstration de l'importance du rôle potentiel de la zone hyporhéique dans le métabolisme global des cours d'eau. Leur étude a révélé que la zone hyporhéique contribuait à hauteur de 40 à 50% de la respiration totale de l'écosystème. La portée de ces résultats a incité Grimm et Fisher à suggérer l'extension du traditionnel modèle conceptuel des écosystèmes lotiques à deux dimensions vers un nouveau modèle incluant la contribution de la zone hyporhéique (Cornut, 2010).

◆ Le compartiment hyporhéique : Un filtre physique, biochimique et photique :

La zone hyporhéique agit comme un filtre physique gouverné par les caractéristiques granulométriques du sédiment et la circulation de l'eau, comme un filtre biochimique contrôlé par les processus biologiques et chimiques, et enfin comme un filtre photique (Boulton et al., 2010). Ces caractéristiques influencent les processus fonctionnels clés, tels que la productivité primaire et le recyclage des nutriments dans ces systèmes lotiques. En dépit de l'importance des processus qui ont lieu dans ce compartiment, et bien qu'assez tôt des perspectives de plusieurs auteurs aient attiré l'attention sur la zone hyporhéique en suggéreraient son rôle potentiel dans le fonctionnement écologique des cours d'eau (Orghidan, 1959 ; Schwoerbel, 1964 ; Williams et Hynes, 1974). La prise en considération explicite de la connectivité hydrologique verticale dans les modèles conceptuels

d'écosystèmes lotiques a tardé à être mise en place par rapport à l'intégration des liens longitudinaux (Vannote et al., 1980) et latéraux (Junk et al., 1989).

◆ **Le compartiment hyporhéique: une zone refuge :**

Pour certains organismes, l'habitat interstitiel peut être occupé pendant une partie de leurs vies et/ou sous des formes de résistance. Par exemple, les œufs de certains poissons salmonidés se développent à l'intérieur du sédiment. Après l'éclosion, ces poissons juvéniles peuvent aussi trouver refuge dans la zone superficielle du sédiment pendant des périodes de basses eaux, pour regagner les zones de radiers plus tard lorsque le niveau d'eau sera revenu à la normale (Debowski et Beall, 1995). Pour certains insectes (Ephéméroptères, Trichoptères, Plécoptères, Coléoptères ou Diptères), les œufs peuvent éclore et les larves résident dans la zone hyporhéique pendant les premiers stades de développement, tandis que la majeure partie de leurs cycles de vie prédominent dans la zone benthique, ou occasionnellement en hyporhéique (Gray et Fisher, 1981; Williams, 1984 ; Pugsley et Hynes, 1985, 1986).

Le compartiment hyporhéique peut être une zone refuge pendant des périodes de sécheresse à la surface du sédiment. Cette hypothèse a notamment été discutée par Gagneur et Chaoui Boudghane (1991), Boulton et Stanley (1995) et Belaidi et al (2004), et ces derniers ont montré que des organismes survivaient en grand nombre dans les sédiments humides ou saturés du lit du cours d'eau. Alors que le compartiment hyporhéique pour la majorité des insectes est temporairement utilisé comme une zone refuge pour se protéger contre les variations des conditions environnementales des eaux de surface (ex : augmentation brutale du débit, températures extrêmes, dessiccation, prédateur), pour d'autres, la vie dans le milieu interstitiel est prédominante, avec une étape épigée restreinte à la phase d'émergence puis le stade aérien de l'adulte (Berthelemy, 1968 ; Stanford et Ward, 1988).



Chapitre II

Etude du milieu physique

II. 1. Présentation du bassin versant de la Tafna : (Figure n°3).

Le bassin versant de la Tafna d'une superficie de 7245 Km² se localise à l'extrême nord-ouest de l'Algérie. Il s'étend sur le territoire de deux wilayas, celle de Tlemcen où il représente 77% de la superficie totale et celle d'Ain Témouchent, le tiers restant déborde sur le territoire marocain.

Il est limité au Nord par les monts de Traras, au Sud par les monts de Tlemcen, à l'Est par Djebel Sebaâ chioukh et à l'Ouest par les monts de Béni Snassen (Maroc). Selon la nouvelle structuration des unités hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient à l'ensemble de l'Oranie-Chott Cherguie.

Le principal cours d'eau est la Tafna, long de 170 Km, prend sa source dans les monts de Tlemcen. Son écoulement y est d'abord souterrain et son exurgence se trouve sur le rebord en amont de Sebdou, au niveau de la grotte de Ghar Boumaâza à environ 1100m d'altitude. Il continue son parcours orienté vers le Nord-Est pour se déverser dans la méditerranée à l'Ouest de la ville de Beni Saf au niveau de la plage de Rachgoune.

Le cours de cet oued peut se subdiviser en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna.

◆ **La haute Tafna** : D'une superficie de 1016 Km² et d'un périmètre de 165 km, ce bassin est régularisé par le barrage de Béni Bahdel qui date de la période 1934-1940, d'une capacité initiale de 63 millions de m³.

Elle s'étend depuis la résurgence de l'Oued Tafna au niveau de Ghar Boumaza au sud de Sebdou, il creuse son chemin en recevant des ramifications qui se réunissent au environ de Sebdou, au-delà de laquelle, il traverse une vallée encaissée. Aux environs de Beni Bahdel, il reçoit l'Oued Khemis sur sa rive droite et l'Oued Sebdou sur sa rive gauche.

◆ **La moyenne Tafna** : à partir de Sidi Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde. Dans cette partie l'oued Tafna reçoit :

- Sur la rive gauche: l'oued Mouilah représente l'affluent le plus important, prend son origine dans la région d'El Abed (Algérie) à 1250 m d'altitude et se jette dans la Tafna à 260m d'altitude dans les plaines de Maghnia, au niveau du barrage de Hammam Boughrara. L'oued Boukiou, moins important, prend naissance dans les monts des Traras.

- Sur la rive droite: la Tafna reçoit au niveau de la plaine de Remchi à 80 m d'altitude, l'oued Isser, l'affluent le plus important par son long parcours et par son fort débit. Ce dernier reçoit à l'amont l'oued Chouly et l'oued Sikkak.
 - ◆ **La basse Tafna:** le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis le village de Pierre Chat jusqu'à la plage de Rachgoune en mer Méditerranée.

II. 1.1. Hydrologie :

Le bassin versant de la Tafna révèle une hétérogénéité du relief et du bioclimat, avec les monts de Tlemcen généreusement arrosés en relation de leur haute altitude. Ce sont d'énormes réservoirs d'eau issue des précipitations, qui s'en échappent sous formes de sources, ce qui confère à cette zone amont du bassin une stabilité relative du point de vue débit qui est compris entre 100 et 500 millions de m³/an (Remini, 2005). Cependant, l'aval du bassin bénéficie de précipitations trop irrégulières et surtout saisonnière ce qui perturbe l'écoulement. Le débit se traduit par une succession de période de crues et période d'étiages.

Le régime hydrologique est influencé par le climat méditerranéen (du sub-humide vers le aride). Il englobe deux périodes :

- ◆ Une période de hautes eaux hivernales où le débit varie considérablement en fonctions des précipitations qui présentent une variabilité interannuelle importante, cette période peut comprendre des épisodes de violentes crues.

- ◆ Une période de basse eau dite étiage, dont les débits de base des oueds sont réduits vu la quasi absence des précipitations combinées aux températures estivales élevées induisant une forte évaporation de l'eau, ce qui provoque l'assèchement du cours d'eau, généralement à partir des zones de piémonts. Ceci est surtout en fonction du numéro d'ordre du cours d'eau et du type d'alimentation (Taleb, 2004), seules, les zones de sources subsistent avec un écoulement permanent.

II. 1.2. Géologie :

Il existe deux structures géologiques principales englobant l'étendue du bassin versant de la Tafna. Ce sont :

- ◆ Le bassin amont qui comprend les monts de Tlemcen, appartient au jurassique supérieur caractérisé par la prédominance des calcaires et des dolomies.
- ◆ Le bassin aval, orienté vers le nord qui inclut la zone de piémont et les plaines d'Hennaya, Remchi et de l'Isser. Ce sont les vallées limoneuses appartenant au miocène et aux quaternaire (Collignon, 1986).

II. 1.3. Climatologie régionale :

Le fonctionnement d'un plan d'eau est sous l'étroite dépendance du climat et plus particulièrement de la température de l'air et des précipitations dont les variations saisonnières conditionnent les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux.

Le bassin versant de la Tafna présente un climat de type semi-aride frais dans la partie nord, et il est semi aride froid et pluvieux dans le sud.

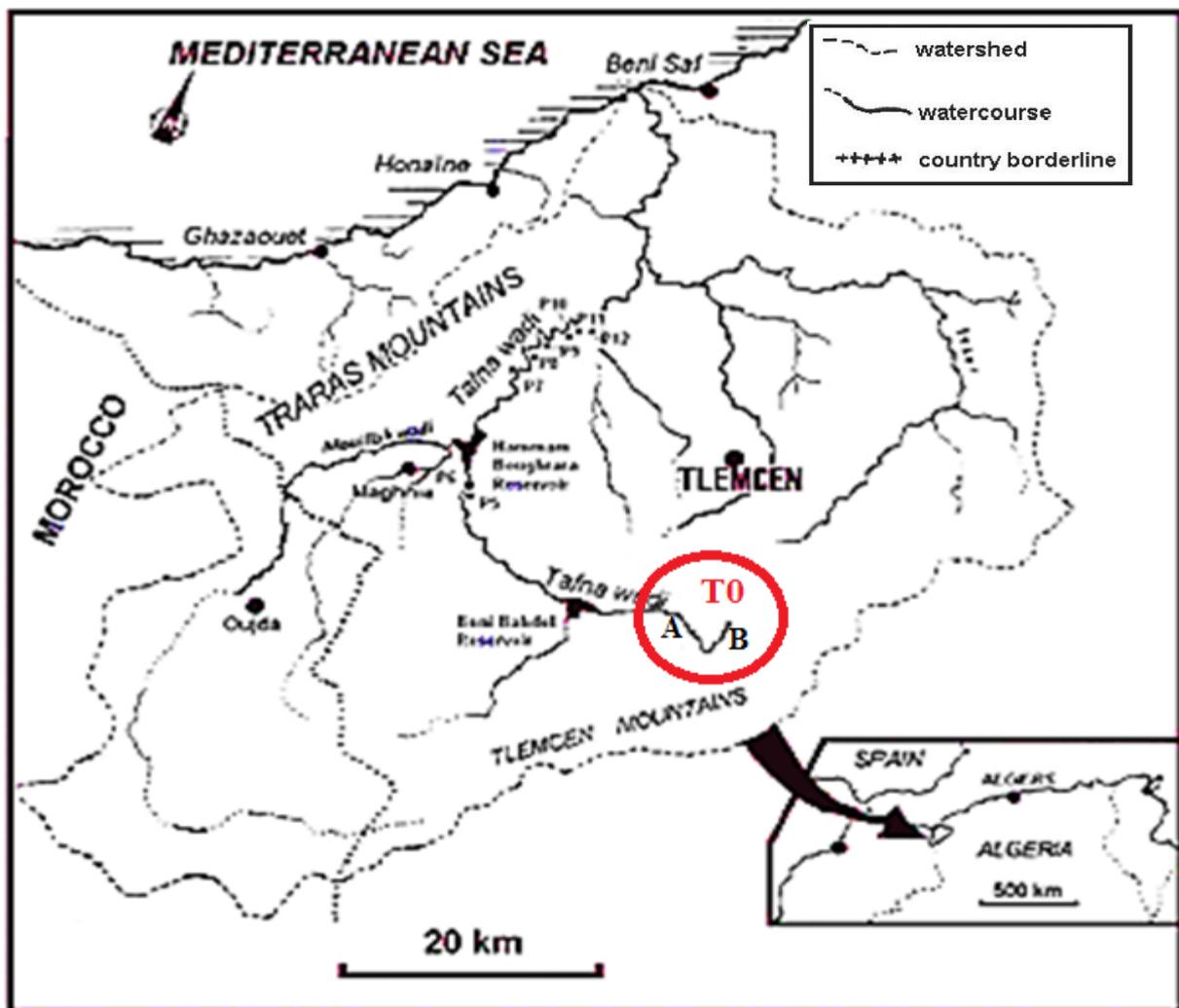


Figure n°3: Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Tafna avec la localisation du site d'étude (Belaidi et al., 2011 modifié).

II. 2. Description de la station d'étude :

Une seule station a été considérée dans cette étude au niveau de la Haute Tafna (station T0).

◆ Station T₀ : (Figure n°3)

La station se situe du côté gauche de la route national 22, reliant Tlemcen à Sebdou, à 400 m en aval de la source de l'oued Tafna (Ghar Boumaâza) dans une garrigue où l'on rencontre du chêne vert peu développé avec la présence d'autres espèces, telles que le Diss (*Ampelodesma mauritanicum*), le Calycotome (*Calycotome intermedia*), le Palmier nain (*Chamaerops humilis*) et l'Asphodèle (*Asphodelus microcarpus*).

∞ **Altitude :** 1100 m

∞ **Latitude :** 34° 42' 00'' N

∞ **Longitude :** 1 ° 18' 30'' w

∞ **Orientation :** N – S

∞ **Couleur de l'eau :** Les algues donnent une couleur verte à l'eau.

∞ **Ombre de la station :** La station est bien exposée à l'ensoleillement tout au long de la journée par manque de végétation riveraine.

∞ **Végétation aquatique :** Algues filamenteuses, *Ranunculus trichophyllus*, *Potamogeton densus*.

∞ **Débit :** la valeur du débit pendant la période des hautes eaux est estimée à 0,85 m³/s, par contre elle est de 0.07 m³/s en étiage.

∞ **Largeur du lit :** elle est beaucoup plus importante au moment des hautes eaux (6m50), en comparaison avec la période des étiages (2m80).

Le contrebas de la grotte de Ghar Boumaaza est considéré comme la source de l'oued Tafna. En période des hautes eaux, le cours superficiel et souterrain sont en continuité. Dès que l'écoulement se réduit, la rivière souterraine n'atteint plus l'entrée de la grotte ou ne subsiste le plus souvent qu'une mare. Le cours d'eau commence plus loin de la grotte. Le lit du cours d'eau est dominé par les blocs et galets alors que la végétation riveraine est très dégradée.

L'action anthropique dans cette station est très remarquable. Elle se manifeste par la présence de champs de culture sur la rive gauche de l'oued. L'eau de l'oued est utilisée par la

population autochtone pour leurs besoins domestiques (rinçage de légumes, lavage de laine et abreuvement des animaux).

Deux sites A et B ont été choisis dans notre station d'étude, d'où la distance entre les deux points été estimée à ≈ 500 m.

◆ **Description des deux faciès : Seuil et Mouille :**

Les cours d'eau naturels présentent toujours des alternances de faciès y compris dans leur parcours les plus rectilignes. Ces faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques sont des portions de cours d'eau avec une certaine uniformité structurelle et fonctionnelle générale sur le plan des vitesses, des hauteurs d'eau, de la granulométrie du substrat et de la pente du lit. Leur longueur peut varier d'une à quelques largeurs du lit mouillé (Malavoi et Souchon, 2002).

Les hydrogéomorphologues considèrent les faciès, et notamment les alternances de seuils et de mouilles, comme les unités fondamentales des rivières (O'neil et Abrahams, 1984 ; Newbury et Gaboury, 1993). Elles sont le reflet à long terme des contraintes exercées par la géologie, la morphologie terrestre, la couverture végétale et le climat (Beschta et Platts, 1986).

☞ **Site A : Seuil :**

Il s'agit d'une structure morphologique qui regroupe des éléments grossiers et correspond à une augmentation de la pente.

- Largeur moyenne : 3m65.
- Profondeur moyenne : 21 cm.
- Substrat dominant : Bloc, galet et cailloux.
- Végétation aquatique : Algues filamenteuses.

☞ **Site B : Mouille :**

Il s'agit d'une zone de moindre pente, avec une hauteur d'eau supérieure à celle de l'ensemble du lit.

- Largeur moyenne : 5m67.
- Profondeur moyenne : 23 cm.
- Substrat dominant : Sable, galet et gravier.

- Végétation aquatique : *Ranunculus trichophyllus*, *Potamogeton densus* et algues filamenteuses.



Photos de la station T₀ au moment des hautes eaux



Photos de la station T₀ pendant la période d'étiage



Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1. Echantillonnage de la faune :

Deux sites ont été échantillonnés au niveau de la zone de source (T_0) au cours de deux périodes d'échantillonnage : Mars et Juin 2013. Les prélèvements de faune ont été effectués dans le milieu superficiel et le milieu hyporhéique. La faune superficielle est prélevée à l'aide du filet surber, tandis que la faune hyporhéique a été prélevée en utilisant la méthode Bou-Rouch (Bou et Rouch, 1967; Bou, 1974).

III.1.1. Prélèvement dans le milieu superficiel :

Les prélèvements de la faune benthique ont été réalisés selon les techniques d'échantillonnage des eaux courantes peu profondes (Lamotte et Bourliere, 1971) à l'aide du filet Surber de 300 μ m de vide de maille (**Figure n°4**).

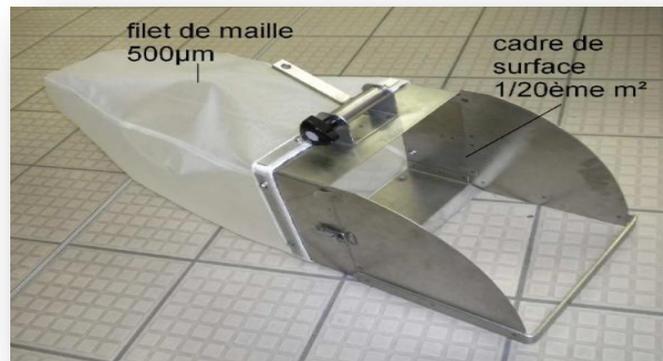


Figure n°4: Filet surber

La base du filet est posée sur le fond du lit, l'ouverture du filet face au courant et les cailloux, les bois et les branchages sont lavé à la main à l'intérieur du filet, puis on racle le substrat dans une surface de 1/10 de m² et on lave les prélèvements à l'intérieure du filet.

La faune ainsi récoltée est mise dans des bocaux et est fixée avec 5% de formaldéhyde. Les bocaux sont étiquetés puis ramenés au laboratoire.

III.1.2. Prélèvement dans le milieu hyporhéique :

Les prélèvements dans le milieu hyporhéique ont été réalisés selon la méthode de sondage tubé « Bou-Rouch » qui permet d'accéder aux peuplements du sous écoulement des cours d'eaux (Bou, 1974). Dans chaque site nous avons prélevé à deux profondeurs, 70 et 90 cm.

L'aspiration se fait avec une pompe phréatobiologique composée d'une sonde crépinée (diamètre de 5mm) et d'un système d'aspiration (**Figure n°5**). La sonde est enfoncée par percussion à l'aide d'une masse.

Le principe de cette méthode consiste à pomper l'eau hyporhéique (environ 10L) à l'aide de la pompe. L'eau et les sédiments qui s'accumulent sont ensuite filtrés au moyen d'un filet de 150µm de vide de maille.

Les échantillons sont fixés au formol à 5% dans des bocaux en plastique et transportés au laboratoire.

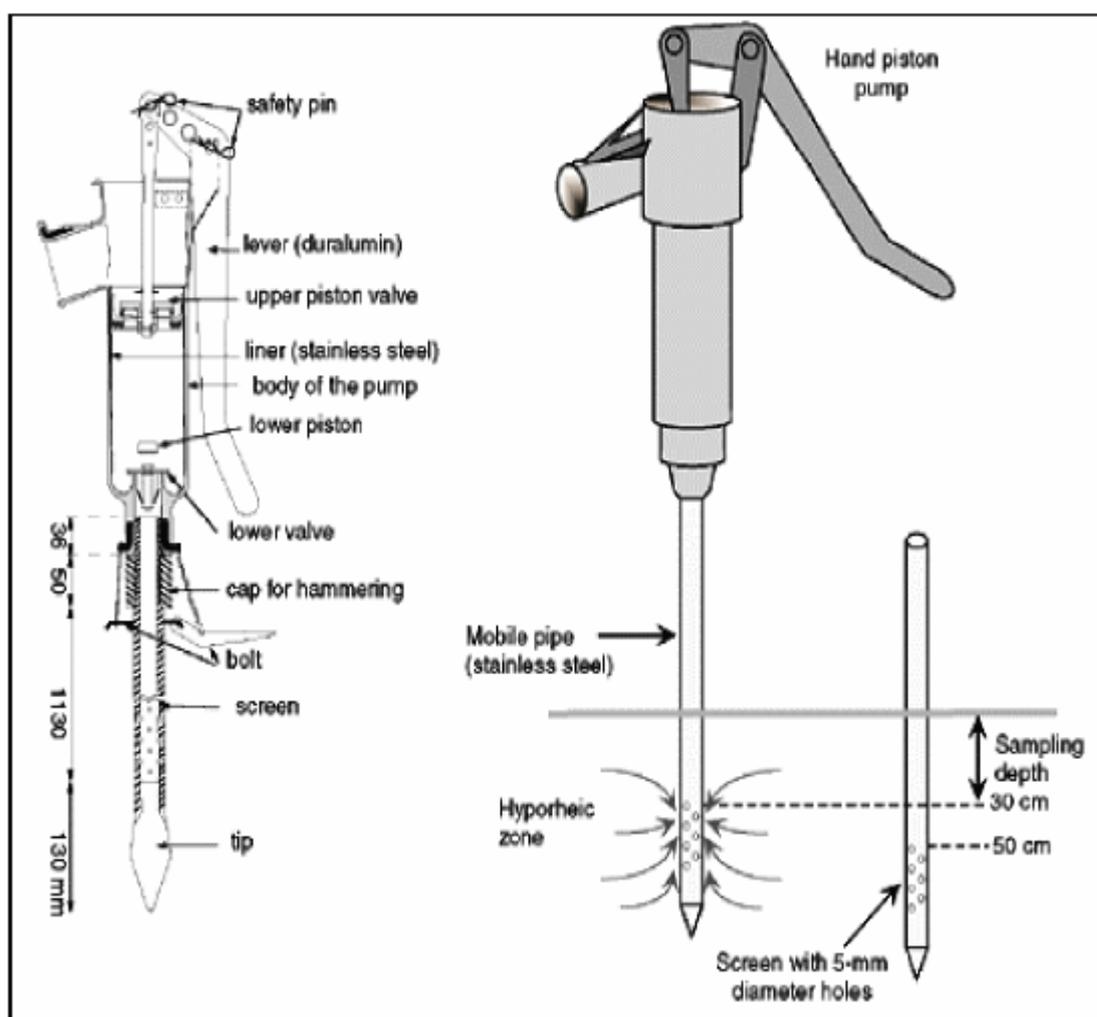


Figure n°5 : Schéma de la Pompe Bou-Rouch (Pascalis, 2006).

III.1.3 Tri et détermination :

Au laboratoire, chaque échantillon est individuellement trié sous la loupe binoculaire. Les organismes sont conservés dans de l'alcool à 70% avant d'être identifié. Il sont ensuite dénombrés et identifiés en utilisant la clef de détermination des macroinvertébrés aquatiques (Tachet et al., 1980 ; Tachet et al., 2000).

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.

III. 2. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau:

Cinq paramètres physico-chimiques ont été mesurés in situ durant les deux campagnes de prélèvement : la température de l'eau, l'oxygène dissous, la conductivité, et le pH. Ces paramètres ont été mesurés à l'aide d'un appareil multiparamètre 340i SET. Le gradient hydraulique par contre est mesuré à l'aide d'un manomètre différentiel.

a. La température (T°) :

La température est mesurée in situ grâce à un thermomètre intégré à l'appareil de mesure des autres paramètres physiques et est exprimée en degré Celsius (C°).

b. L'oxygène dissous (O₂) :

L'oxygène est mesuré par un oxymètre, et les résultats sont exprimés en milligramme par litre (mg/L). Selon Boutoux (1993), une baisse du taux d'oxygène dans le cours d'eau est souvent l'incidence d'une pollution.

c. La conductivité électrique :

Elle a été mesurée grâce à un conductimètre et s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

d. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

La mesure du pH (par un pH mètre) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il varie de 0 à 14.

e. Le VHG :

Le sens de circulation des eaux du sous-écoulement est déterminé par la mesure du gradient hydraulique vertical (VHG). On obtient le niveau piézométrique en mesurant la pression de l'eau par le biais d'un manomètre différentiel. Le résultat est exprimé en centimètre (cm).

III. 3. L'analyse des données :

L'analyse de la composition faunistique superficielle et hyporhéique a été réalisée par un certain nombre d'indices. Il s'agit de l'indice de SHANNON-WEAVER, de l'abondance relative, de la richesse taxonomique et de l'équitabilité.

◆ La richesse taxonomique (S):

L'étape de base dans l'étude des communautés consiste à obtenir la richesse spécifique ou taxonomique, c'est-à-dire le nombre total d'espèces effectivement présentes sur un site à un moment donné (Boulunier et al., 1998). La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'étape d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité.

◆ L'abondance relative :

C'est le nombre d'individus d'une espèce (ou de taxon) de rang « i » sur le nombre total d'individu.

Elle est calculée avec la formule suivante :

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

P_i : Représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang « i ».

n_i : Nombre d'individus de l'espèce de rang « i » (taxon) dans l'échantillon.

N : Nombre totale d'individus de toutes les espèces (taxon) dans l'échantillon.

◆ L'indice de SHANNON-WEAVER et l'équitabilité de PIELOU :

L'indice de diversité de SHANNON-WEAVER présente l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative des différents taxons. Il coordonne à la fois l'abondance et la richesse spécifique (Gray et al., 1994) dont la formule est la suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

L'indice de diversité est plus faible pour un peuplement qui est caractérisé par la dominance de quelques espèces, tandis que pour un peuplement assez stable et mature cet indice est assez élevé (Daget, 1976 ; Bachelet, 1979). Il a pour unité le bit.

H' est nul si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule espèce (taxon), il est minimal si une espèce domine le peuplement et il est maximal quand toutes les abondances sont réparties équitablement entre les espèces (taxons) (Frontier, 1983).

L'indice de SHANNON-WEAVER est souvent accompagné de l'indice de l'équitabilité de PIELOU (Pielou, 1966) qui représente le rapport de H' sur l'indice maximal théorique dans le peuplement (Hmax), il est appelé aussi régularité (Frontier, 1976) et équi-répartition (Blondel, 1979).

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

H' : la diversité spécifique observé = l'indice de Shannon-Weaver.

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

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.



Chapitre IV

Résultats et interprétations

I- Résultats des analyses physico-chimiques :

Les tableaux n°1, 2 et 3 regroupent les résultats des valeurs moyennes des analyses physico-chimiques enregistrées pendant les deux périodes hydrologiques (hautes eaux - étiages) au niveau des deux sites A et B et pour les deux milieux, superficiel et hyporhéique (70-90cm).

1-Température :

La température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (Rodier, 1976). Elle affecte la distribution des invertébrés aquatiques (Lamberti et Resh, 1983). Elle est influencée par plusieurs facteurs physiques : le climat, la vitesse du courant, l'altitude et l'ombrage des rives.

Les températures moyennes de l'eau enregistrées au niveau du milieu superficiel varient entre 16.1 °C avec un écartype thermique de 0.85 au mois de Mars et 19.6 °C en Juin (± 4.53). Pour les eaux hyporhéiques, elles oscillent entre 16.5 °C (± 0.71) et 20.3 °C (± 4.81) pour la profondeur de 70 cm et entre 15.65 °C (± 0.49) et 20.2 °C (4.67) pour la profondeur de 90 cm traduisant un réchauffement des eaux en été quelque soit la profondeur. (**Figure n°6-A**).

Les températures moyennes de l'eau de surface varient entre 19.75 °C (± 4.31) au niveau du site A, et 15.95 °C (± 0.64) en site B. Pour les eaux hyporhéiques, elles fluctuent entre 19.85°C (± 5.44) et 16.95 °C (± 0.07) à 70 cm de profondeur, et entre 19.4 °C (± 5.80) et 16.45°C (± 0.64) à 90 cm de profondeur. (**Figure n°6-B**). Cette variation de température entre les deux sites A et B est à mettre en relation étroite avec l'heure des mesures.

Les températures moyennes varient très peu avec les profondeurs. Elles enregistrent 17.85 °C en surface, 18.4 °C à 70 cm de profondeur et 17.92 °C à 90 cm avec un écart type de 0.3 °C. Ceci traduit un échange d'eau entre les deux milieux.

2-Oxygène dissous :

L'oxygène dissous dans l'eau est l'un des plus importants facteurs, car cet élément est indispensable à la respiration des organismes hétérotrophes. Sa solubilité varie selon la température, la pression atmosphérique et la salinité (Rodier, 1996). Des teneurs faibles en oxygène dissous dans le cours d'eau sont souvent l'indice d'une pollution organique (Bontoux, 1993).

Dans les eaux de surface, les concentrations moyennes d'oxygène enregistrées varient entre 7.11 mg/l (± 0.16) au mois de Mars et 7.84 mg/l (± 2.08) en Juin. Pour les eaux

hyporhèique les teneurs varient entre 6 mg/l (± 1.41) et 5.94 mg/l (± 0.35) pour 70cm de profondeur et entre 5.97 (± 1.56) mg/l et 6.55 mg/l (± 0.08) à 90 cm de profondeur, traduisant une sous saturation en oxygène dissous. **(Figure n°7-A).**

Les concentrations moyennes d'oxygène de l'eau de surface varient entre 6.8 mg/l (± 4.31) au niveau du site A, et 8.15 mg/l (± 0.60) en site B. Pour les eaux hyporhèiques, elles fluctuent entre 6.34 mg/l (± 0.93) et 5.6 mg/l (± 0.84) à 70 cm de profondeur, et entre 6.88 mg/l (± 0.38) et 5.72 mg/l (± 1.1) à 90 cm de profondeur. **(Figure n°7-B).**

Les concentrations moyennes d'oxygène enregistrées varient avec les profondeurs. Elles sont de 7.47 mg/l en surface, 5.97 mg/l à 70 cm de profondeur et 6.3 mg/l à 90 cm avec un écart type de 0.79 mg/l.

Les teneurs importantes en oxygène en milieu superficiel sont dues à la présence remarquable des algues vertes trop importantes au niveau du site B en période d'étiage fournissant ainsi de l'oxygène pour le cours d'eau. Par contre sa diminution en milieu hyporhèique est à mettre en relation avec l'activité bactérienne.

3-pH :

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit son acidité ou son alcalinité. C'est un bon indicateur de la qualité de l'eau (Rodier ,1996).

Les valeurs moyennes du pH mesurées au niveau des eaux superficielles varient entre 7.55 (± 0.35) au mois de Mars et 7.75 (± 0.35) en Juin. Pour les eaux hyporhèiques, le pH enregistré varie entre 7.45 (± 0.35) et 7.55 (± 0.35) à 70cm de profondeur et entre 7.25 (± 0.35) et 7.3 (± 0.42) à 90 cm de profondeur. **(Figure n°8-A).**

Les valeurs moyennes du pH de l'eau de surface varient entre 7.9 (± 0.14) au niveau du site A, et 7.4 (± 0.14) en site B. Pour les eaux hyporhèiques, elles fluctuent entre 7.75 (± 0.07) et 7.25 (± 0.07) à 70 cm de profondeur, et entre 7.55 (± 0.07) et 7 (± 0) à 90 cm de profondeur. **(Figure n°8-B).**

Le pH diminue avec les profondeurs. En surface il est de 7.65, 7.5 à 70 cm de profondeur et 7.28 à 90 cm avec un écart type de 0.19.

Les plus grandes valeurs sont enregistrées en milieu superficiel, ceci est surtout lié à la nature calcaire des terrains traversés par l'oued Tafna d'une part et à l'activité photosynthétique d'autre part.

4-Conductivité :

La conductivité électrique constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau. Une conductivité élevée traduit une quantité très importante de sels solubles et ionisables (Rodier, 1976).

La conductivité moyenne enregistrée au niveau des eaux superficielles varie entre 632 $\mu\text{S/cm}$ (± 4.24) au mois de Mars et 538.5 $\mu\text{S/cm}$ (± 54.45) en Juin. Dans les eaux hyporhéiques, la conductivité moyenne enregistrée varie entre 628 $\mu\text{S/cm}$ (± 5.66) et 503 $\mu\text{S/cm}$ (± 16.5) pour 70cm de profondeur et entre 635 $\mu\text{S/cm}$ (± 4.24) et 579,5 $\mu\text{S/cm}$ (± 61.52) à 90 cm de profondeur. (**Figure n°9-A**). Les valeurs de la conductivité moyennes enregistrées au moment des hautes eaux sont plus élevées par rapport à celles enregistrées durant la période d'étiage. Cela traduit une eau minéralisée durant la période d'échantillonnage au mois de Mars par rapport à celle au mois de Juin.

Les valeurs de conductivité moyennes en surface varient entre 567,5 $\mu\text{S/cm}$ ($\pm 95,46$) au niveau du site A, et 603 $\mu\text{S/cm}$ (± 36.8) en site B. Pour les eaux hyporhéiques, elles fluctuent entre 606 $\mu\text{S/cm}$ (± 36.8) et 618.5 $\mu\text{S/cm}$ (± 7.8) à 70 cm de profondeur, et entre 587 $\mu\text{S/cm}$ (± 72.1) et 627.5 $\mu\text{S/cm}$ (± 6.36) à 90 cm de profondeur. (**Figure n°9-B**). Cette variation reste toutefois très faible, la différence est inférieure à 19.3 $\mu\text{S/cm}$.

Les valeurs de conductivité moyennes varient avec les profondeurs. Elles sont de 585.25 $\mu\text{S/cm}$ en surface, 612.25 $\mu\text{S/cm}$ à 70 cm de profondeur et 607 $\mu\text{S/cm}$ en profondeur 90 cm. Les valeurs de conductivité sont légèrement plus élevées en milieu hyporhéique traduisant une part importante des eaux de surface (Taleb et al., 2008).

5-VHG :

Il est intéressant de savoir si c'est la nappe qui alimente le cours d'eau ou si le mouvement est inverse. Des valeurs négatives indiquent une infiltration de l'eau de surface (zone down-welling), alors que des valeurs positives indiquent une remontée de l'eau (zone up-welling) (Lee et Cherry, 1978).

Le gradient hydraulique mesuré au niveau de notre station montre des valeurs positives durant les deux périodes hydrologiques (**Figure n°10**), cela traduit une alimentation du cours d'eau par la nappe.

Tableau n° 1 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques pendant les deux périodes hydrologiques avec leurs écarts types

Paramètres Prélèvements	T (°C)		O ₂ (mg/l)		pH		Conductivité (µS/cm)	
	Hautes eaux	Etiages	Hautes eaux	Etiages	Hautes eaux	Etiages	Hautes eaux	Etiages
PS	16.1 ± 0.85	19.6 ± 4.53	7.11 ± 0.16	7.84 ± 2.08	7.55 ± 0.35	7.75 ± 0.35	632 ± 4.24	538.5 ± 54.45
P70	16.5 ± 0.71	20.3 ± 4.81	6 ± 1.41	5.94 ± 0.35	7.45 ± 0.35	7.55 ± 0.35	628 ± 5.66	503 ± 16.5
P90	15.65 ± 0.49	20.2 ± 4.67	5.97 ± 1.56	6.55 ± 0.08	7.25 ± 0.35	7.3 ± 0.42	635 ± 4.24	579.5 ± 61.52

Tableau n°2 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans les deux sites, A et B avec leurs écarts types

Paramètres Prélèvements	T (°C)		O ₂ (mg/l)		pH		Conductivité (µS/cm)	
	Site A	Site B	Site A	Site B	Site A	Site B	Site A	Site B
PS	19.75 ± 4.31	15.95 ± 0.64	6.8 ± 4.31	8.15 ± 0.60	7.9 ± 0.14	7.4 ± 0.14	567.5 ± 95.46	603 ± 36.8
P70	19.85 ± 5.44	16.95 ± 0.07	6.34 ± 0.93	5.6 ± 0.84	7.75 ± 0.07	7.25 ± 0.07	606 ± 36.8	618.5 ± 7.8
P90	19.4 ± 5.8	16.45 ± 0.64	6.88 ± 0.38	5.72 ± 1.1	7.55 ± 0.07	7 ± 0	587 ± 72.1	627.5 ± 6.36

Tableau n°3 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques pour les trois profondeurs

Paramètres Prélèvements	T (°C)	O ₂ (mg/l)	pH	Conductivité (µS/cm)
PS	17.85	7.47	7.65	585.25
PA70	18.4	5.97	7.5	612.25
PA90	17.92	6.3	7.28	607

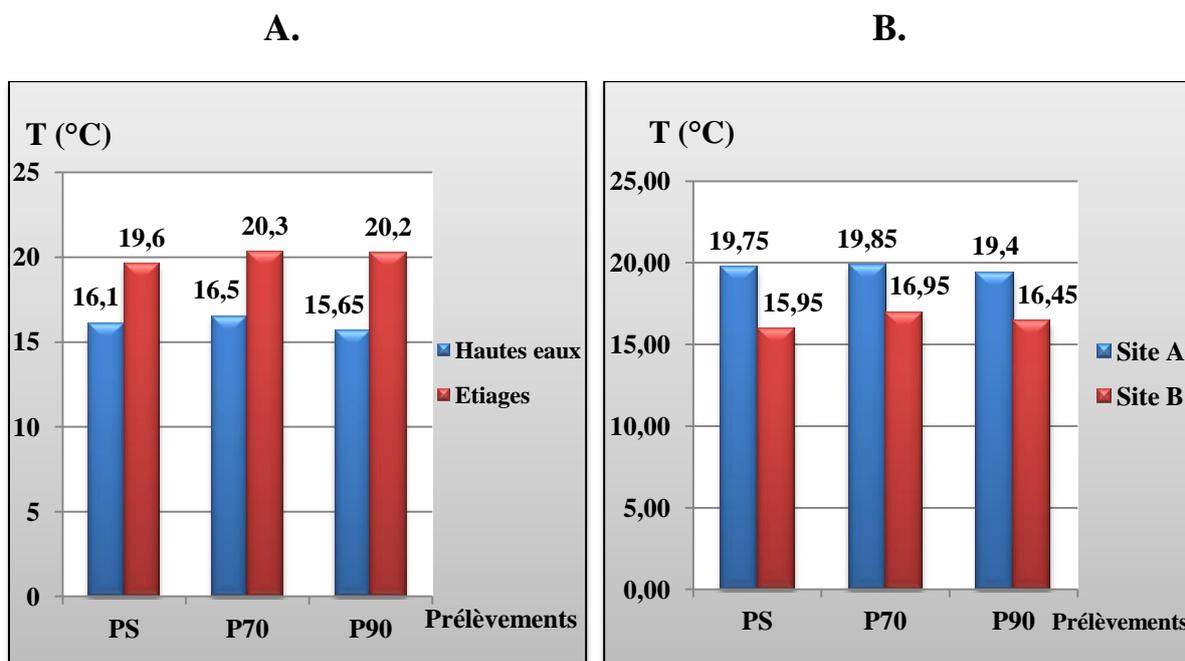


Figure n°6 : Variation temporelle et spatiale de la température moyenne

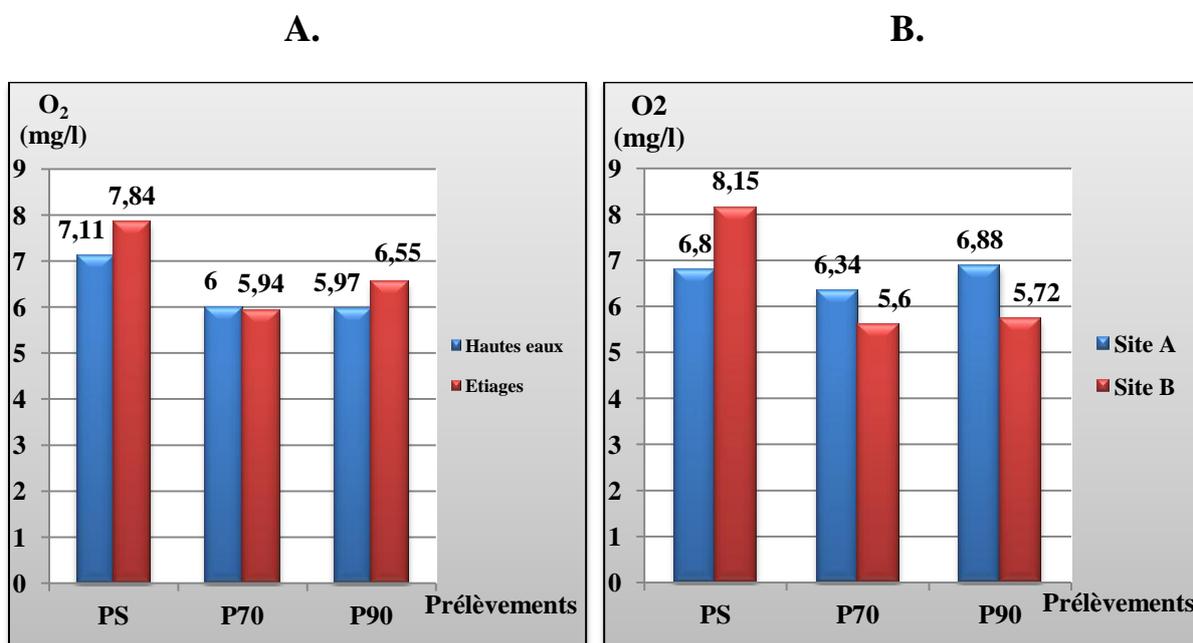


Figure n°7 : Variation temporelle et spatiale des valeurs moyennes de l'oxygène

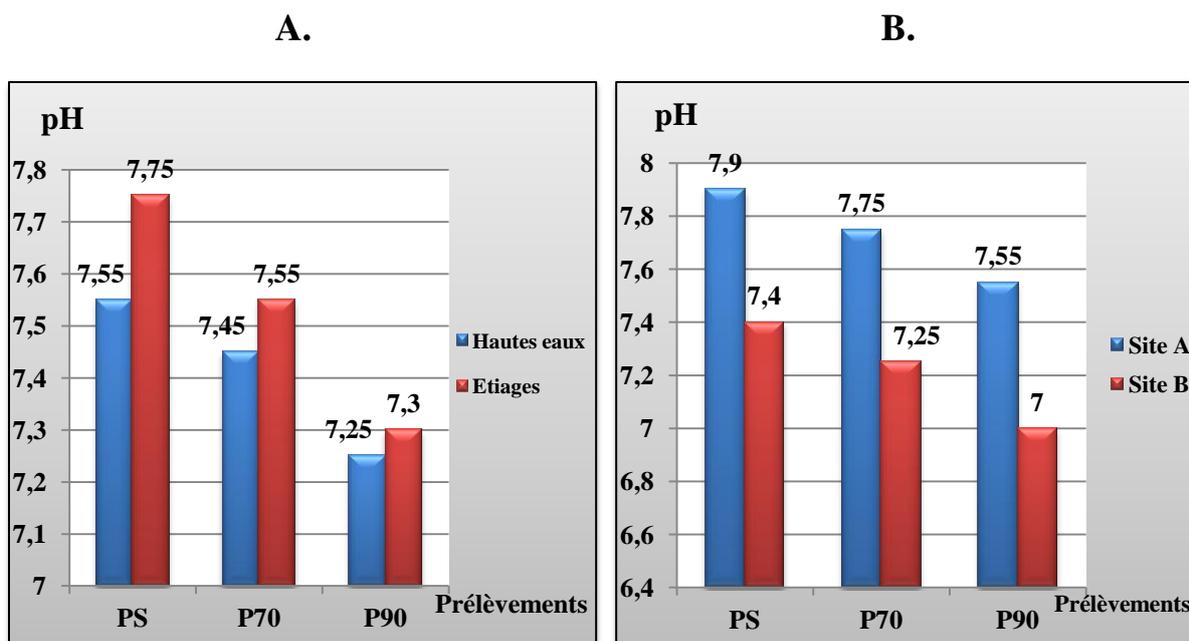


Figure n°8 : Variation temporelle et spatiale des valeurs moyennes du pH

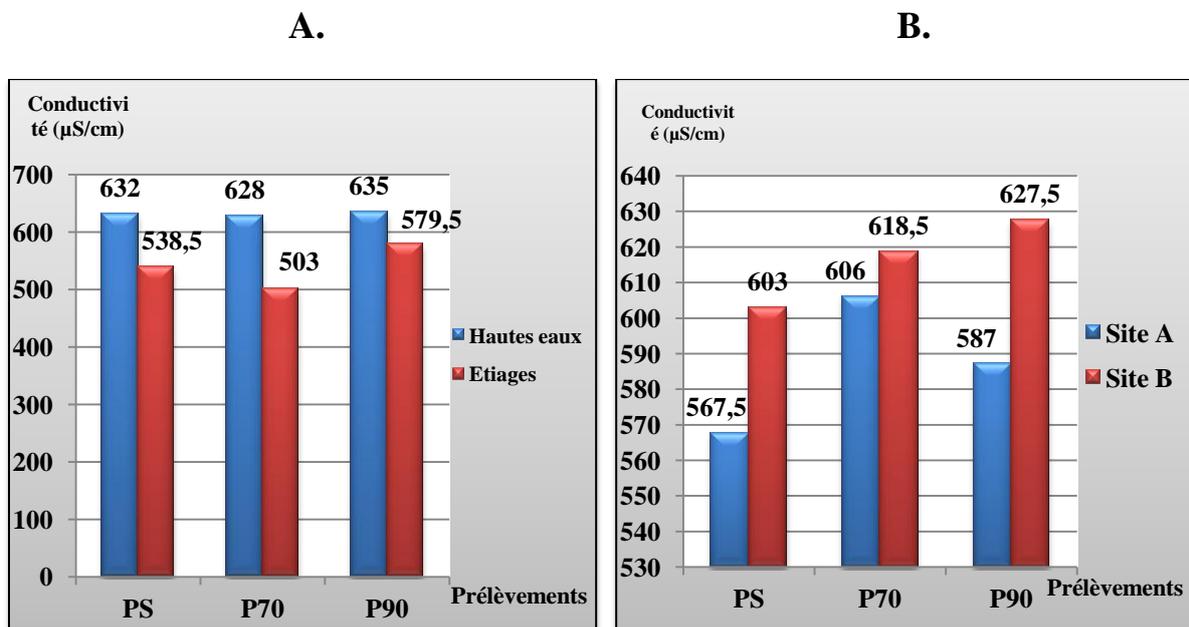


Figure n°9 : Variation temporelle et spatiale des valeurs moyennes de la conductivité

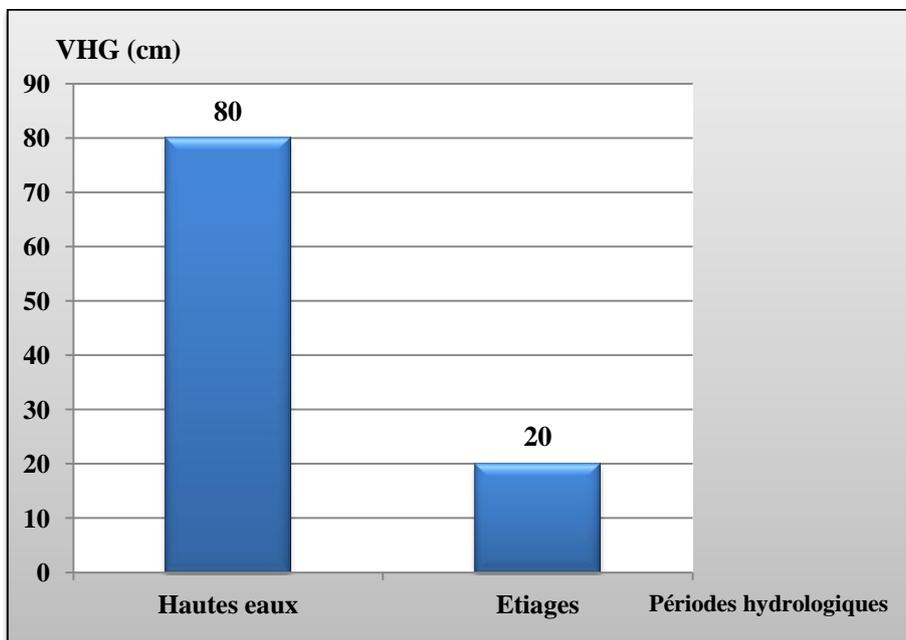


Figure n°10 : Variation temporelle du gradient hydraulique verticale (VHG)

II- Résultats faunistiques :

1- Comparaison globale de la faune superficielle, la faune hyporhéique 70cm et la faune hyporhéique 90cm:

Cette comparaison est établie sur les critères présences-absences et la dominance des taxons recensés dans les deux milieux. Globalement les résultats montrent que la richesse taxonomique et le nombre d'individus sont nettement inférieurs dans le milieu hyporhéique en comparaison avec le milieu superficiel. Parmi les 36 taxons et les 6679 individus, 31 taxons et 6238 individus sont récoltés dans le milieu superficiel contre 14 taxons et 224 individus dans le milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur et 21 taxons et 216 individus à 90 cm de profondeur.

10 taxons sont rencontrés dans les deux biotopes et à chaque profondeurs. A citer : les Namétodes, les Bithyniidae, les Bythinellidae, les Planorbidae, les Gammaridae, les Ostracodes, les Baetidae, les Hydropsychidae, les Orthocladiinae et les Culicidae.

10 unités taxonomiques sont exclusives au milieu superficiel, il s'agit de : la famille des Tubificidae, Lumbricidae, Glossifoniidae, Cyclopoidae, Corixidae, Dryopoidae, Dytiscidae. Ecnomidae, Psychodidae et la sous famille des Tanypodinae.

Une seule famille a été récoltée uniquement en milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur. Il s'agit de la famille des Daphniidae.

Les familles suivantes : les Hydrobiidae, les Acroloxidae et les Physidae ont été rencontrées uniquement à la profondeur 90 cm du milieu hyporhéique.

Les deux milieux, superficiel et hyporhéique sont dominés par les Crustacés. Ils représentent 54 % des groupes zoologiques du milieu superficiel, 57 % à 70 cm de profondeur et 48 % à 90 cm de profondeur. (**Figure n°11**).

Les Gammaridae comptent 94 % des Crustacés dans le biotope superficiel, alors que les Ostracodes sont les plus dominants dans le biotope hyporhéique avec 83 % en profondeur 70 cm et 93 % à 90 cm de profondeur. Ces pourcentages des Ostracodes sont très élevés par rapport à celui obtenu en milieu superficiel (6 %). (**Figure n°12**).

Quant aux Gammaridae, ils représentent seulement 15 % et 7 % respectivement à 70 et 90 cm de profondeur.

La famille des Cyclopoidae est présente uniquement en milieu superficiel avec une abondance très faible (0.05 %) (2 individus) du nombre total des Crustacées. Par contre la famille des Daphniidae est exclusive au milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur avec une abondance de 2 %.

Les insectes représentent 40 % de l'ensemble des groupes zoologiques du milieu superficiel contre 17 % du milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur et 19 % en profondeur 90cm. (**Figure n°11**).

Les Diptères, en particulier, la sous famille des Orthocladiinae constituent le groupe le plus abondant quelque soit le milieu, avec une abondance relative de 56 % dans le milieu superficiel. Cette abondance augmente en profondeur (entre 86 % et 100 % à 70 et 90 cm de profondeur respectivement). (**Figure n°15**).

Les Orthocladiinae sont suivis dans les deux biotopes par les Chironomini avec 24 % en milieu superficiel et 9 % en milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur. Les Tanytarsini viennent après avec 20 % et 5 % respectivement en milieu superficiel et hyporhéique 70 cm.

Les taxons suivants : les Chironomini, Tanytarsini et Tanypodinae sont absents en milieu hyporhéique à 90 cm de profondeur.

Les familles des Simulidae et des Ceratopogonidae sont présentes en milieu superficiel avec des abondances qui varient respectivement entre 26 % et 0.2 %.

Les Ceratopogonidae et les Simulidae disparaissent en milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur alors qu'elles réapparaissent à la profondeur 90 cm avec des pourcentages de 11 % et 6 % respectivement.

Après les Diptères viennent les Ephéméroptères qui sont représentés par une seule famille : les Baetidae. Elle représente 30 % de l'ensemble des insectes récoltés en milieu superficiel, 13 % en milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur et 5 % en profondeur 90 cm. (**Figure n°13**).

Les Trichoptères sont moins abondants, ils représentent 12 % en milieu superficiel, 11 % à 5 % en milieu hyporhéique (70 et 90 cm) respectivement. (**Figure n°13**).

Les insectes rencontrés uniquement en milieu superficiel sont représentés par la famille des Dryopoidae (91 %) et celle des Dytiscidae (9 %) appartenant à l'ordre des Coléoptères (**Figure n°16**), les Hétéroptères avec la famille des Corixidae (30 %), et enfin la famille des Ecnomidae de l'ordre des Trichoptères (48 %). (**Figure n°17**).

Les Annélides présentent 5 % de l'ensemble des groupes zoologique du milieu superficiel, 3 % du milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur et 7 % à la profondeur 90 cm. **(Figure n°11).**

La classe des Oligochètes domine le biotope superficiel (98 %) et hyporhéique à 90 cm de profondeur (87 %), avec la présence de quelques taxons exclusifs dans le milieu superficiel, il s'agit des deux familles : les Tubificidae et les Lumbricidae ainsi qu'à la famille des Glossifoniidae appartenant à la classe des Achètes. **(Figure n°18).**

Les Mollusques présentent un pourcentage de 23 % à 70 cm de profondeur et 25 % à 90 cm et constituent le deuxième groupe zoologique du milieu hyporhéique, alors qu'ils présentent seulement 1 % de l'ensemble des groupes zoologiques du milieu superficiel. **(Figure n°11).**

La famille des Ancyliidae est présente uniquement en milieu superficiel (18 %) et en milieu hyporhéique à 90 cm (13 %).

Trois taxons sont exclusifs au milieu hyporhéique à 90 cm de profondeur, il s'agit des Hydrobiidae, Acroloxidae, et Physidae.

Enfin, les Hydracariens sont les moins représentatifs des groupes zoologiques. Ils sont présents en milieu superficiel et en milieu hyporhéique à 90 cm de profondeur avec des pourcentages très faible (0.01% et 1 % respectivement). Ce groupe est absent en profondeur 70 cm. **(Figure n°11).**

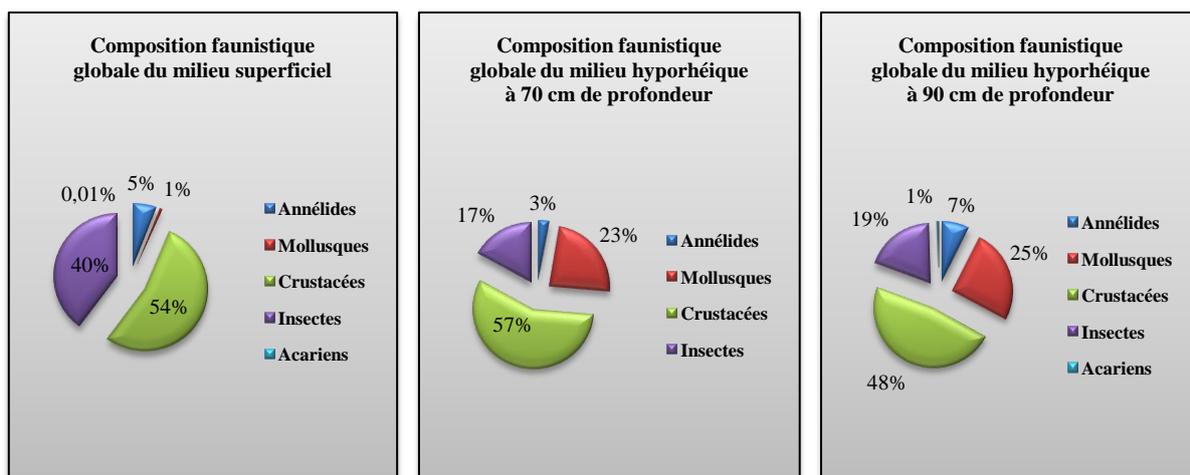


Figure n°11 : Composition faunistique globale

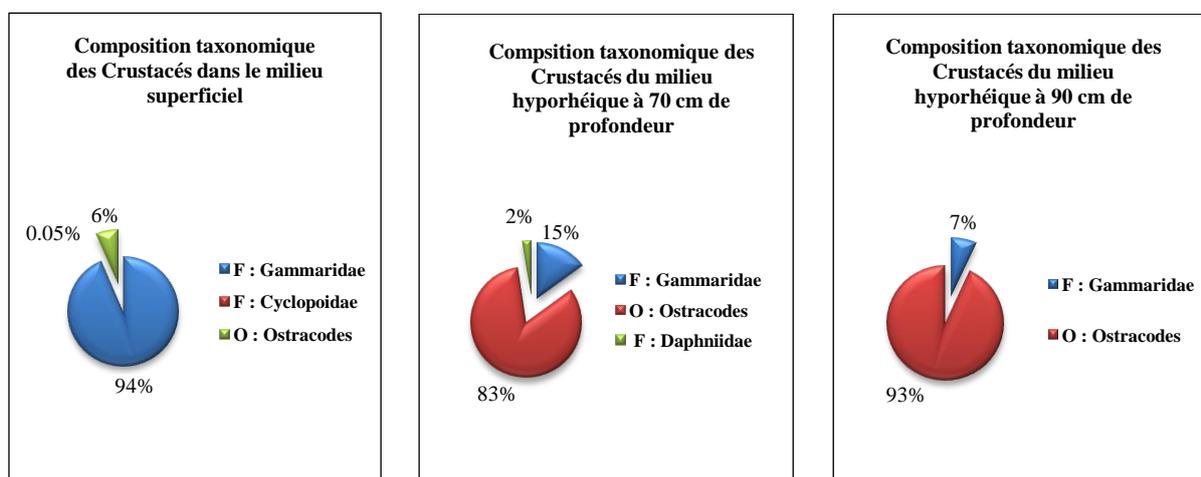


Figure n°12 : Composition des Crustacés

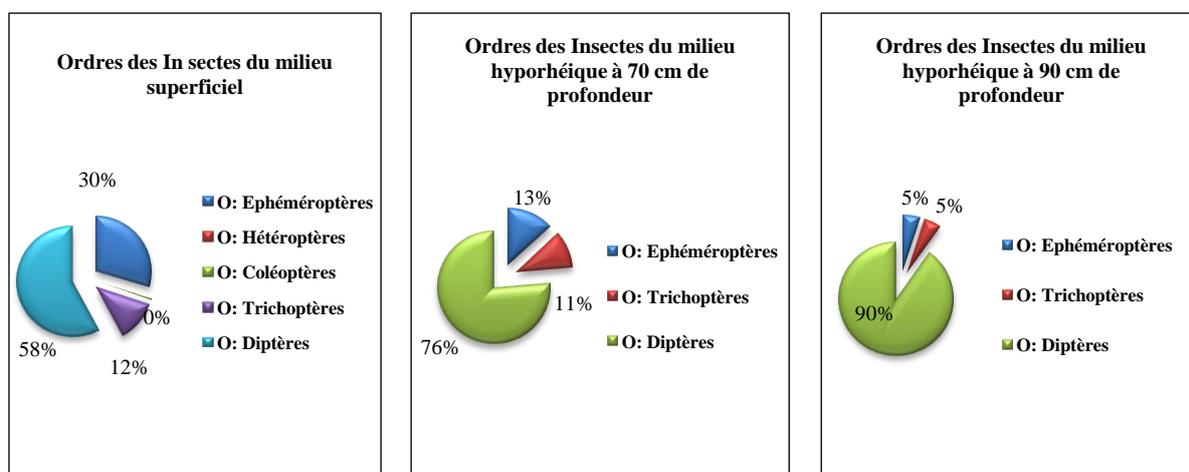


Figure n°13 : Composition des Insectes

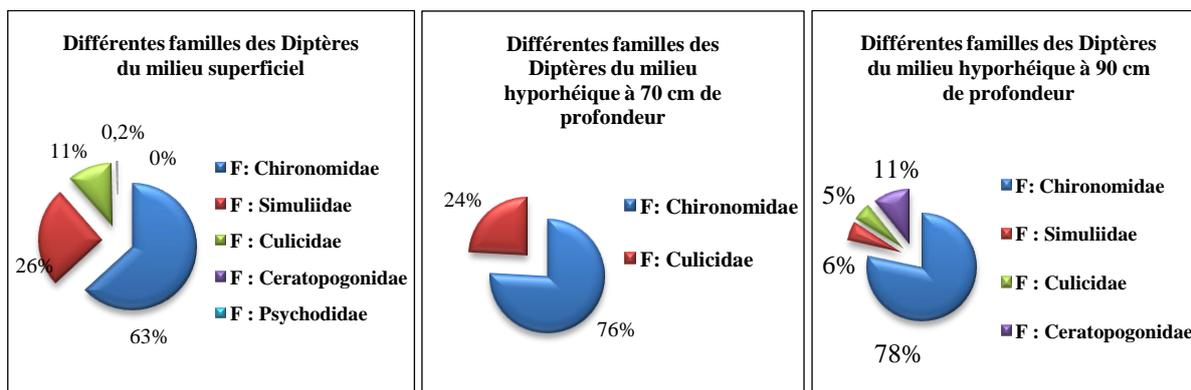


Figure n°14 : Différentes familles des Diptères

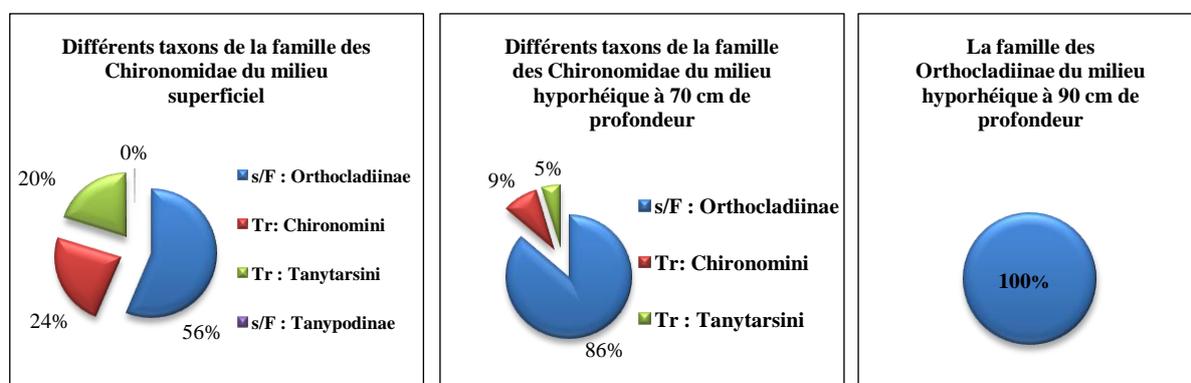
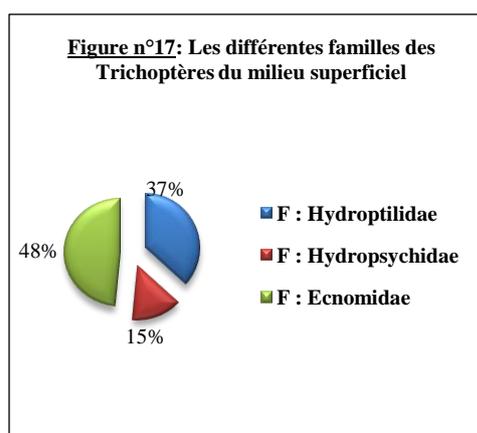
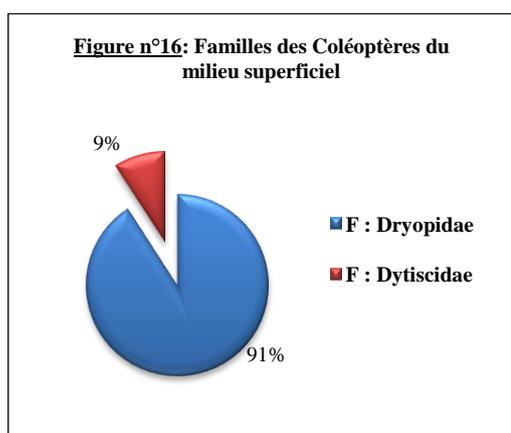


Figure n°15 : Différents taxons de la famille des Chironomidae



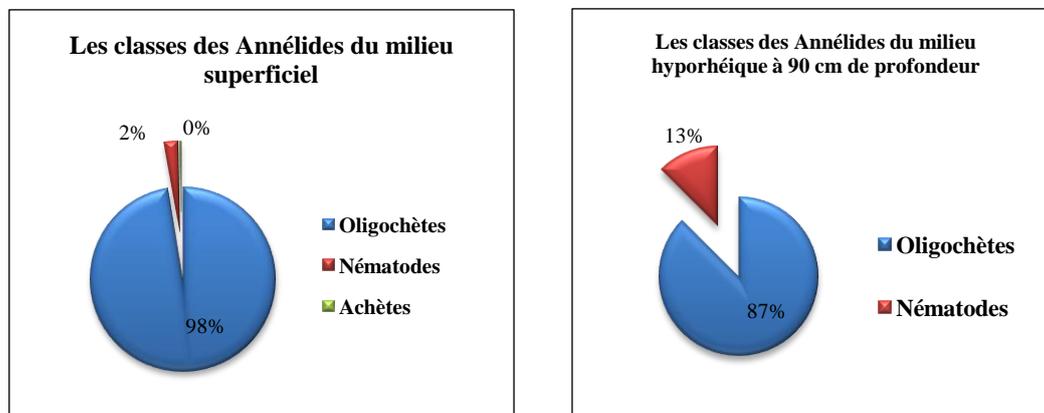


Figure n°18 : Les classes des Annélides

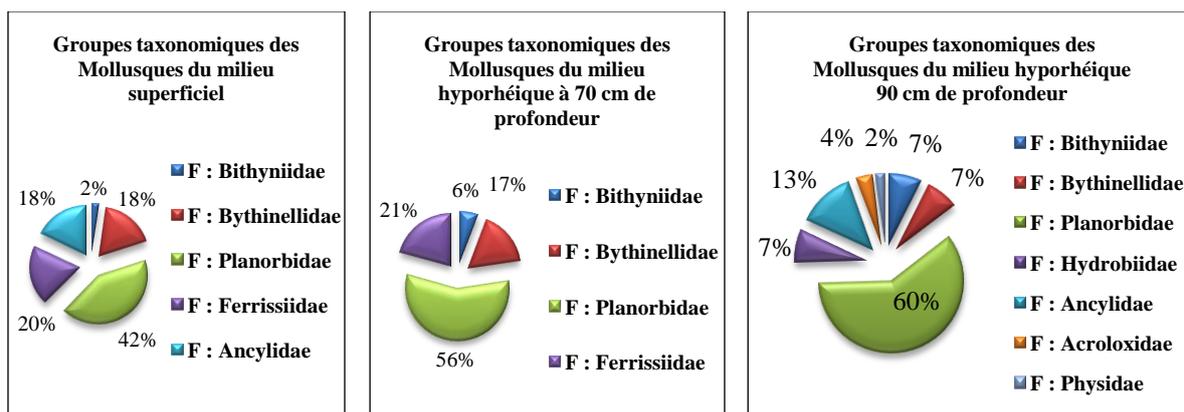


Figure n°19 : Groupes taxonomiques des Mollusques

2- Distribution spatio-temporelle de la faune :

2-1 Distribution spatiale :

La figure n°20 représente la distribution de la faune superficielle et hyporhéique à 70 cm et 90 cm de profondeur dans le site A et B.

❖ Site A :

∞ Milieu superficiel / Hyporhéique 70 cm / Hyporhéique 90 cm :

22 taxons et 197 individus sont rencontrés au niveau du site A en milieu superficiel contre seulement 4 taxons (106 individus) en milieu hyporhéique à 70 cm et 7 taxons (93 individus) à 90 cm. (**Figure n°20**).

L'analyse de la composition faunistique des deux biotopes montre une prédominance de la famille des Gammaridae (27 %) en milieu superficiel (**Fig 20-A**), par contre les Ostracodes montrent une nette dominance pour les deux profondeurs du milieu hyporhéique avec des pourcentages très élevés et qui varient entre 76 % pour la profondeur 70 cm (**Fig 20-B**) et 71 % pour 90 cm de profondeur (**Fig 20-C**).

Ces deux taxons (Gammaridae et Ostracodes) représentent les seuls taxons en commun entre les deux biotopes.

Les planorbidae sont présents uniquement en milieu hyporhéique avec 11 % en profondeur 70 cm et 17 % en 90 cm.

La famille des Daphniidae avec une abondance de 3 % constitue le taxon exclusif au milieu hyporhéique à 70 cm.

D'autre part, les deux familles des Bythinellidae et des Physidae sont exclusives au milieu hyporhéique en profondeur 90 cm.

Parmi les 22 taxons recensés en milieu superficiel, 19 sont propres à ce milieu. Il s'agit des : Baetidae (17 %), Simuliidae (10 %), Chironomini (9 %), Ecnomidae (5 %), Hydroptilidae (4 %), Tanytarsini (3 %), Enchytraeidae (3 %), Lumbriculidae, Enchytraeidae, Tubificidae, Naididae, Lumbricidae, Bithyniidae, Ferrissiidae, Cyclopoidae, Corixidae, Tanypodinae, Ceratopogonidae et enfin les Psychodidae. L'ensemble de ces 12 derniers taxons représentent une abondance ne dépassant pas les 6 %.

❖ Site B :

☞ Milieu superficiel / Hyporhéique 70 cm / Hyporhéique 90 cm :

Le site B montrent la plus grande richesse en taxons et en nombre dans le milieu superficiel (4263 individus répartis en 27 taxons) et dans le milieu hyporhéique (13 taxons et 118 individus pour la profondeur 70 cm et 20 taxons et 123 individus à la profondeur 90 cm). (Figure n°20).

Les Gammaridae restent les plus abondants du milieu superficiel (61 %). (Fig 20-D).

Les Ostracodes quant à eux, dominent le milieu hyporhéique mais avec un pourcentage plus faible présentant 20% à 24 % pour les profondeurs 70 et 90 cm respectivement. (Fig 20-E, F).

On note de nouveaux taxons au niveau de ce site :

☞ En milieu superficiel : les Nématodes, les Glossifoniidae, les Bythinellidae, les Planorbidae, les Ancyliidae, les Dryopoidae et les Hydropsychidae.

☞ En milieu hyporhéique :

☞ 70 cm de profondeur : les Orthocladiinae, les Nématodes, les Bithyniidae, les Bythinellidae, les Ferrissiidae, les Baetidae, les Hydropsychidae, les Chironomini, les Tanytarsini et les Culicidae.

☞ 90 cm de profondeur : les Lumbriculidae, les Enchytraeidae, les Naididae, les Nématodes, les Bithyniidae, les Hydrobiidae, les Ancyliidae, les Acroloxidae, les Baetidae, les Hydroptilidae, les Hydropsychidae, les Simuliidae, les Ceratopogonidae et les Hydracariens.

Quelques taxons font défaut au niveau du site B en comparaison avec le site A :

☞ Milieu superficiel : les Bithyniidae, les Corixidae, les Tanopodinae.

☞ Milieu hyporhéique :

☞ 70 cm de profondeur : les Daphniidae.

☞ 90 cm de profondeur : les Physidae.

Fig 20 -A : Distribution spatiale des différents taxons du milieu superficiel au niveau du site A

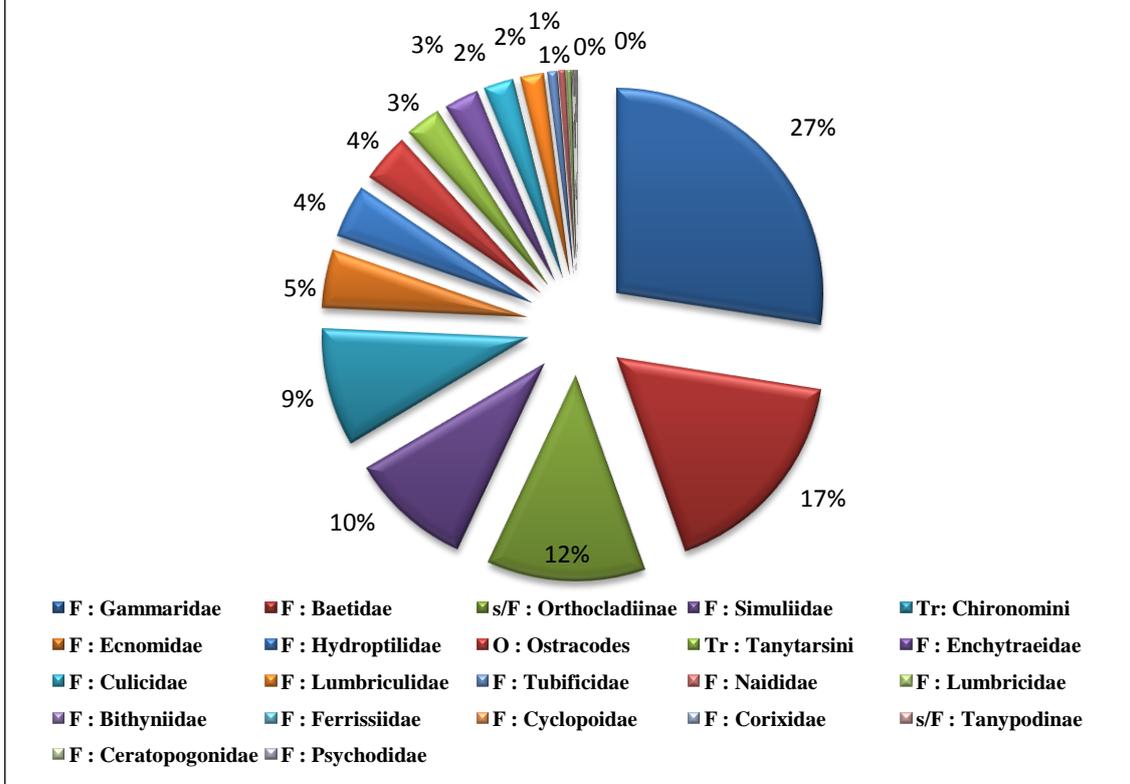


Fig 20-B: Distribution spatiale de la faune hyporhéique 70 cm au niveau du site A

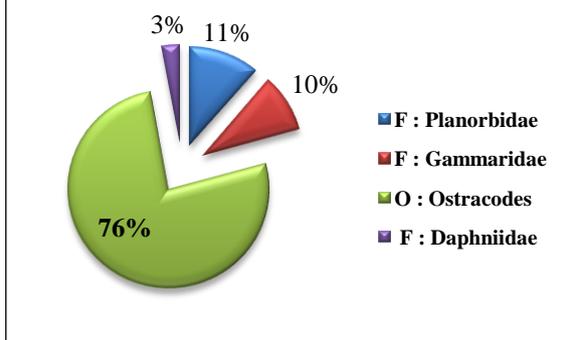


Fig 20-C: Distribution spatiale de la faune hyporhéique 90 cm au niveau du site A

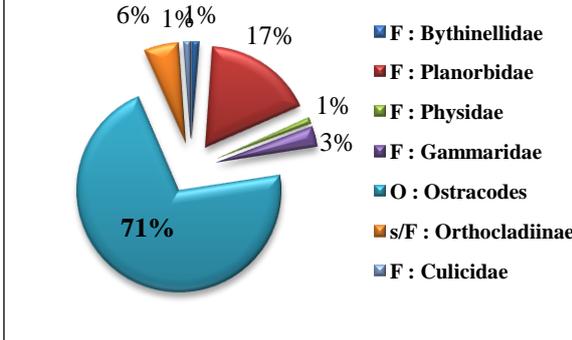


Fig 20-D : Distribution spatiale des différents taxons du milieu superficiel au niveau du site B

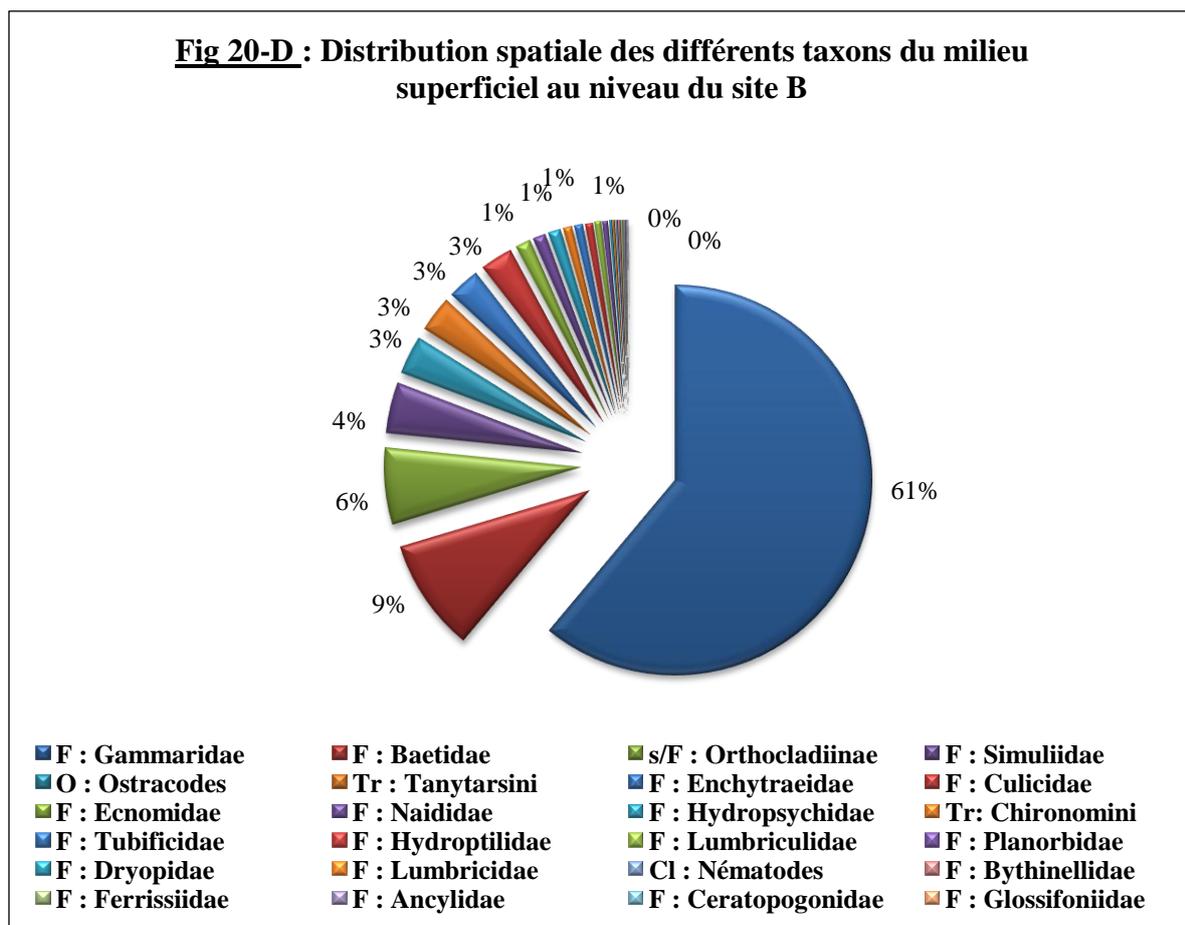
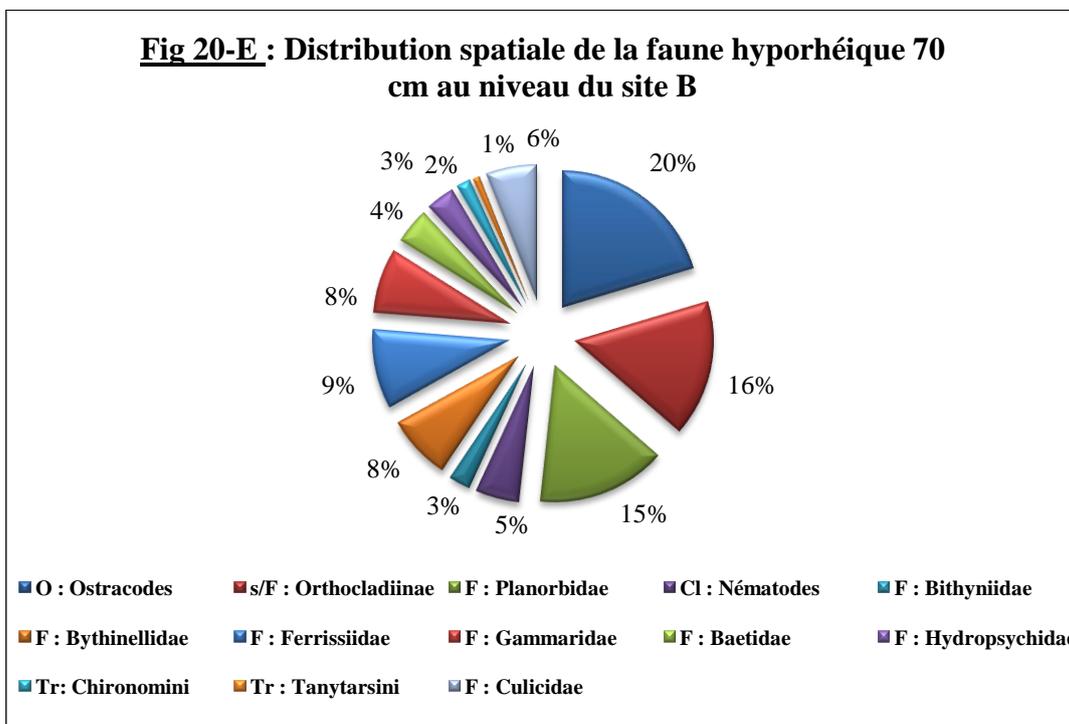


Fig 20-E : Distribution spatiale de la faune hyporhéique 70 cm au niveau du site B



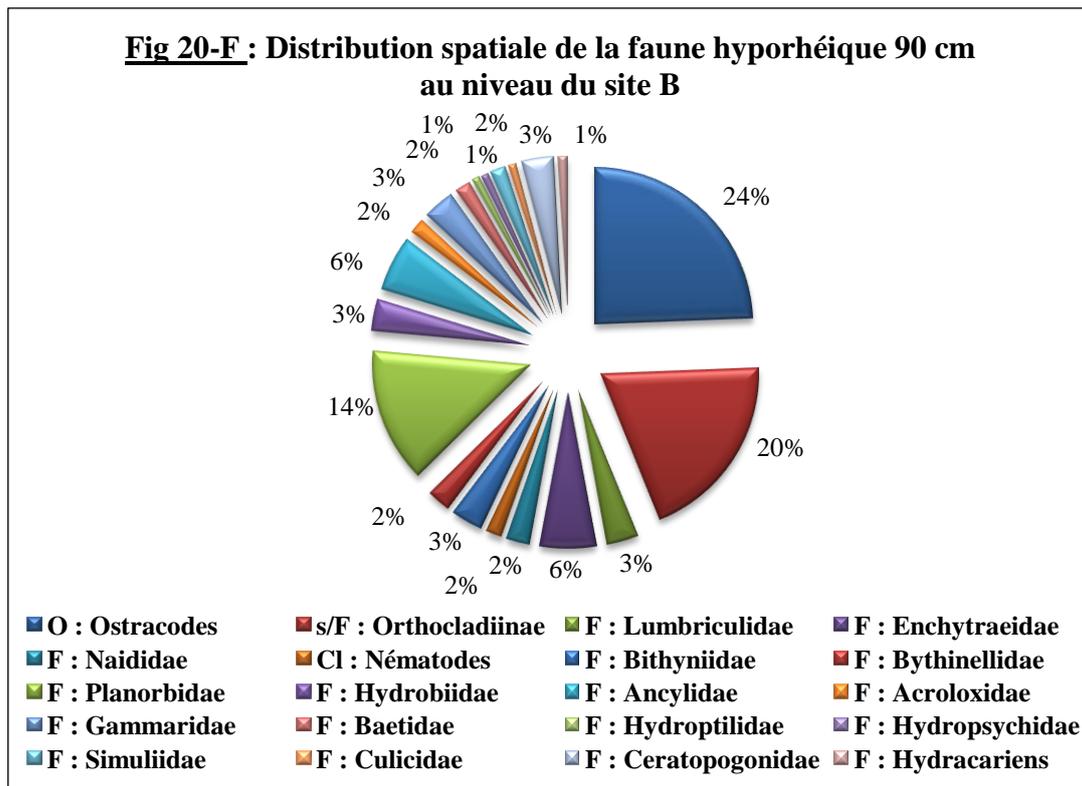


Figure n=°20 : La distribution seuil-mouille de la faune superficielle et hyporhéique.

2-2 Distribution temporelle :

La figure n°21 permet de suivre l'évolution temporelle de différents taxons des deux milieux, superficiel et hyporhéique (70 et 90 cm).

❖ Période des hautes eaux :

☞ Milieu superficiel/ Hyporhéique 70 cm / Hyporhéique 90 cm :

Au cours de cette période, on a enregistré 1916 individus répartis en 25 taxons dans le milieu superficiel, 7 taxons et 32 individus à la profondeur 70 cm et 13 taxons et 57 individus à 90 cm de profondeur (. **(Figure n°21)**).

La faune récoltée à cette période est dominée essentiellement par les Baetidae (28 %) en milieu superficiel (**Fig n°21-A**), par contre les Planorbidae représentent le taxon le plus abondant du milieu hyporhéique avec 44 % à 70 cm de profondeur et 23 % en profondeur 90 cm (**Fig n°21-B, C**).

14 taxons sont rencontrés uniquement en milieu superficiel, il s'agit des : Simuliidae, Enchytraeidae, Culicidae, Hydroptilidae, Tubificidae, Tanytarsini, Dryopoidae, Ceratopogonidae, Glossifoniidae, Cyclopoidae, Dytiscidae, Tanopodinae, Psychodidae et les Lumbricidae.

Les Chironomini sont exclusives au milieu hyporhéique à 70 cm de profondeur.

Les Nématodes, les Hydrobiidae et les Acroloxidae sont présents exclusivement en milieu hyporhéique à 90 cm.

❖ Période d'étiages :

☞ Milieu superficiel/ Hyporhéique 70 cm / Hyporhéique 90 cm :

Cette période a enregistré en milieu superficiel une augmentation importante du nombre d'individus (4322 individus), mais avec une simple diminution du nombre de taxons (24 taxons) en comparaison avec la période des hautes eaux. (**Fig n°21-D**).

La richesse taxonomique augmente en milieu hyporhéique pour atteindre les 12 taxons (192 individus) en profondeur 70 cm et 15 taxons (159 individus) à la profondeur 90 cm (**Figure n°21-E, F**).

L'analyse faunistique montre une augmentation de la densité des Gammaridae qui dominent le milieu superficiel au moment des étiages avec une abondance de 64 % alors qu'ils présentaient seulement 20 % pendant les hautes eaux. Par contre la famille des Baetidae qui dominait au moment des hautes eaux n'est représentée que par une abondance de 5 %.

Les Ostracodes représentent le taxon le plus abondant en milieu hyporhéique avec 55 % à la profondeur 70 cm et 57 % à 90 cm de profondeur. Les Planorbidae qui formaient le taxon le plus abondant en période des hautes eaux ne représentent que 8 % à 12 % respectivement en profondeur 70 et 90 cm en cette période.

Quelques taxons sont propres au milieu superficiel, il s'agit des : Chironomini, Ecnomidae, Lumbriculidae, et les Tubificidae.

D'autres sont exclusifs au milieu hyporhéique :

- ✓ 70 cm de profondeur : Ferrissiidae, Bythinellidae, Daphniidae.
- ✓ 90 cm de profondeur : Ceratopogonidae, Ancyliidae, Hydrobiidae, Physidae, Hydracariens.

- La faune récoltée en milieu superficiel montre l'apparition de quelques taxons en période d'étiage : Chironomini, Ecnomidae, Hydropsychidae, Nématodes.

Par contre on observe la disparition de plusieurs taxons par comparaison avec la période des hautes eaux. Il s'agit des : Naididae, Lumbricidae, Glossifoniidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Planorbidae, Ferrissiidae, Ancyliidae, Cyclopoidae, Dryopoidae, Dytiscidae, Tanypodinae, Ceratopogonidae, Psychodidae.

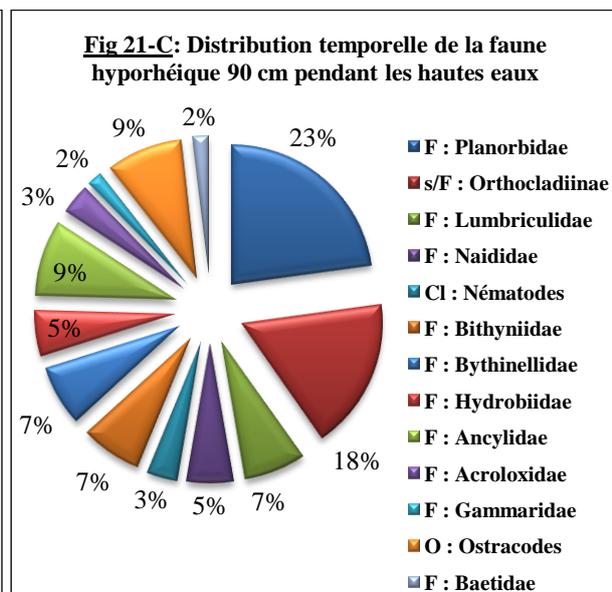
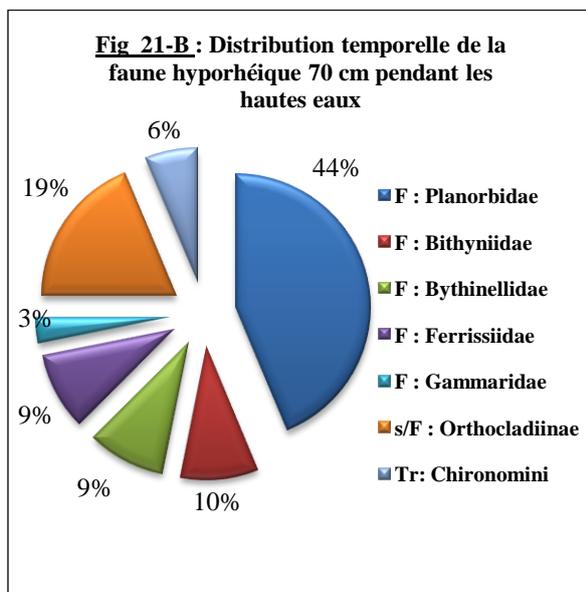
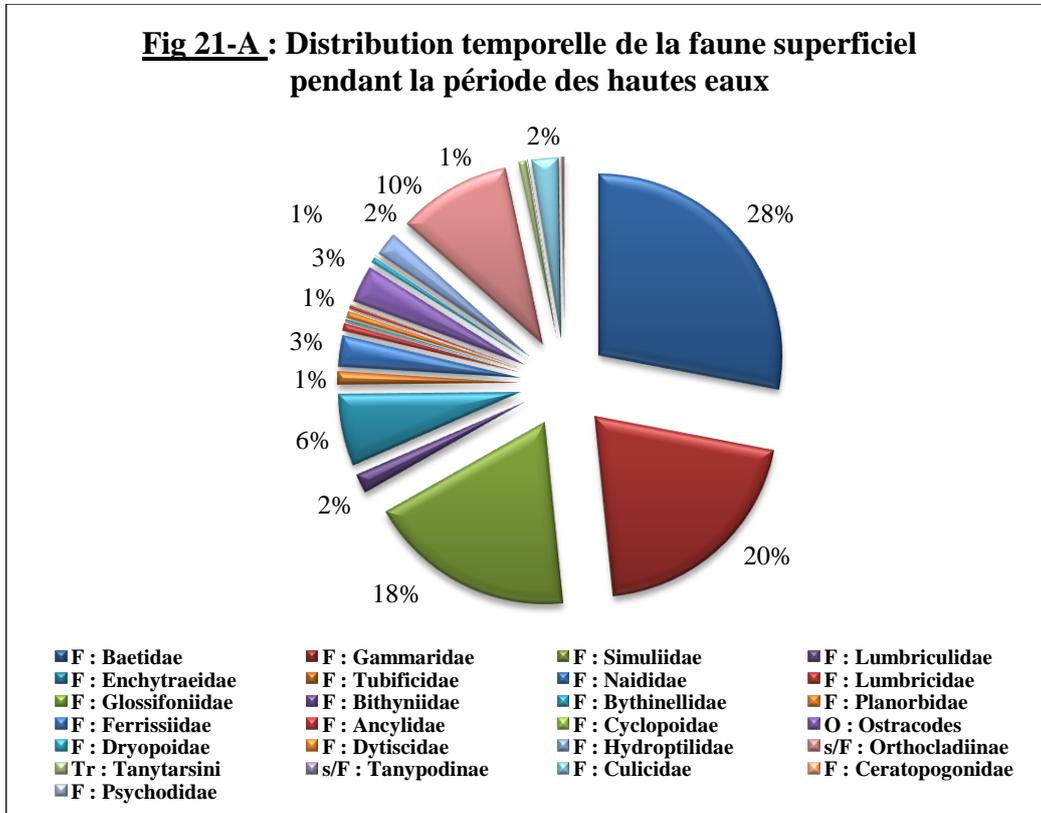
- En milieu hyporhéique, un nombre important de taxons sont apparus en comparaison avec la période des hautes eaux :

- ✓ 70 cm de profondeur : Ostracodes, Culicidae, Nématodes, Baetidae, Hydropsychidae, Daphniidae, Tanytarsini.
- ✓ 90 cm de profondeur : Enchytraeidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Culicidae, Physidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Hydracariens.

- D'autres taxons ont disparu du milieu hyporhéique en cette période :

- ✓ 70 cm de profondeur : Bithyniidae, Chironomidae.

- ✓ 90 cm de profondeur : Lumbriculidae, Naididae, Nématodes, Bithyniidae, Bythinellidae, Acroloxidae.



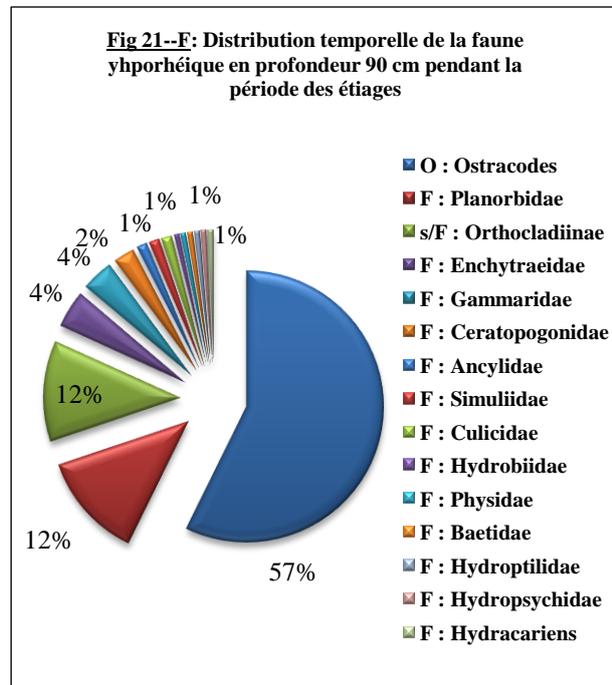
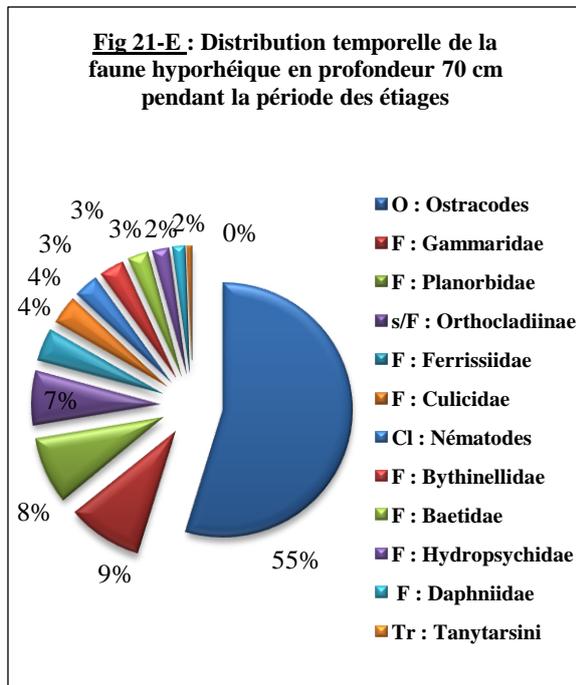
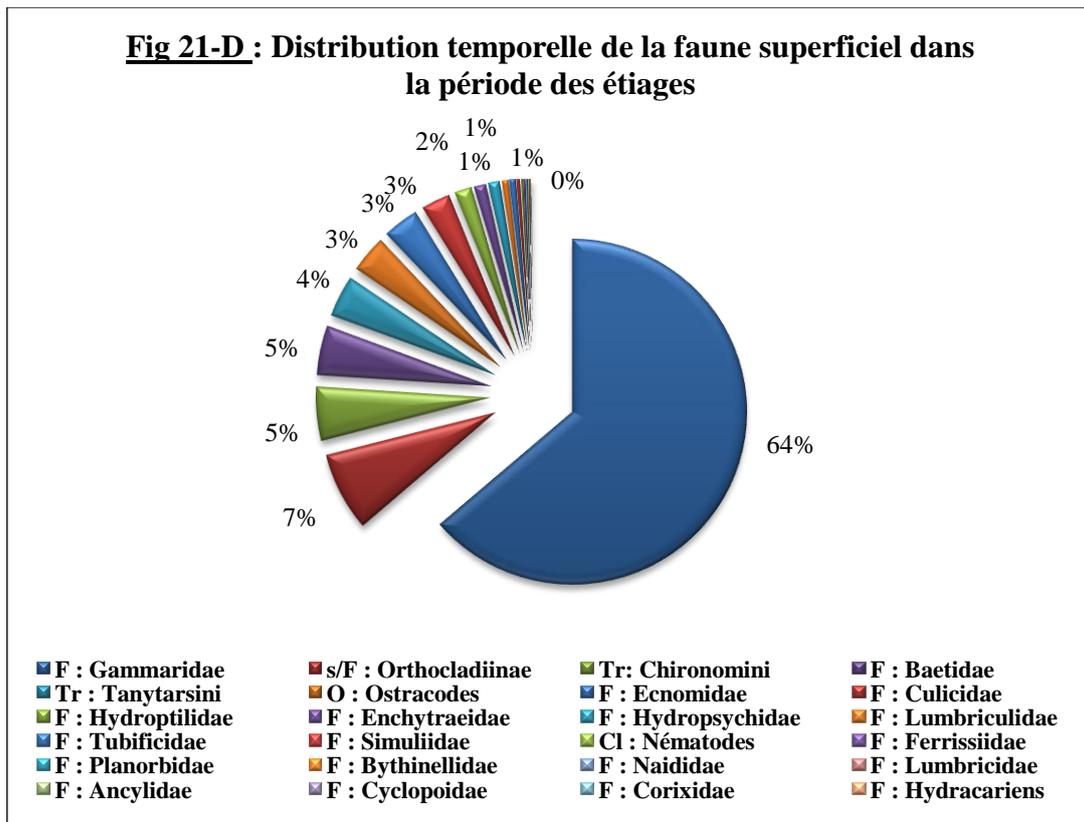


Figure n°21 : La distribution temporelle de la faune superficielle et hyporhéique.

3- Structure des communautés :

Tableau n°4: Résultats de la richesse taxonomique et l'indice de Shannon et l'équitabilité calculés.

	Prélèvements	Richesse Taxonomique		H'		E	
		Hautes Eaux	Etiage	Hautes eaux	Etiages	Hautes eaux	Etiages
Seuil	PAS	18	15	2.01	1.96	0.7	0.7
	PA70	0	4	0	0.78	0	0.6
	PA90	2	6	0.69	0.9	1	0.5
Mouille	PBS	21	21	2.04	1.13	0.7	0.4
	PB70	7	11	1.62	2.16	0.8	0.9
	PB90	13	14	2.32	2	0.9	0.7

❖ **Richesse taxonomique : (Figure n°22).**

Les analyses faunistiques du milieu superficiel et hyporhéique nous a permis d'identifier 36 taxons.

La richesse taxonomique dans le milieu superficiel est nettement plus élevée par rapport au biotope hyporhéique. Le prélèvement superficiel présente respectivement 18 à 21 taxons entre le site A et B pendant les hautes eaux et 15 à 21 taxons pendant les étiages. Le prélèvement hyporhéique en profondeur 90 cm et au niveau du site B s'en suit avec une richesse qui varie entre 13 taxons au moment des hautes eaux et 14 taxons en période des étiages. Au niveau du même site le prélèvement hyporhéique en profondeur 70 cm présente une richesse taxonomique moindre (elle varie entre 7 et 11 taxons). Le prélèvement hyporhéique à 90 cm de profondeur au niveau du site A représente 2 à 6 taxons. Le dernier prélèvement PA70 est caractérisé par la plus faible richesse taxonomique avec 4 taxons seulement en période d'étiage.

❖ **L'indice de Shannon (H') : (Figure n°23).**

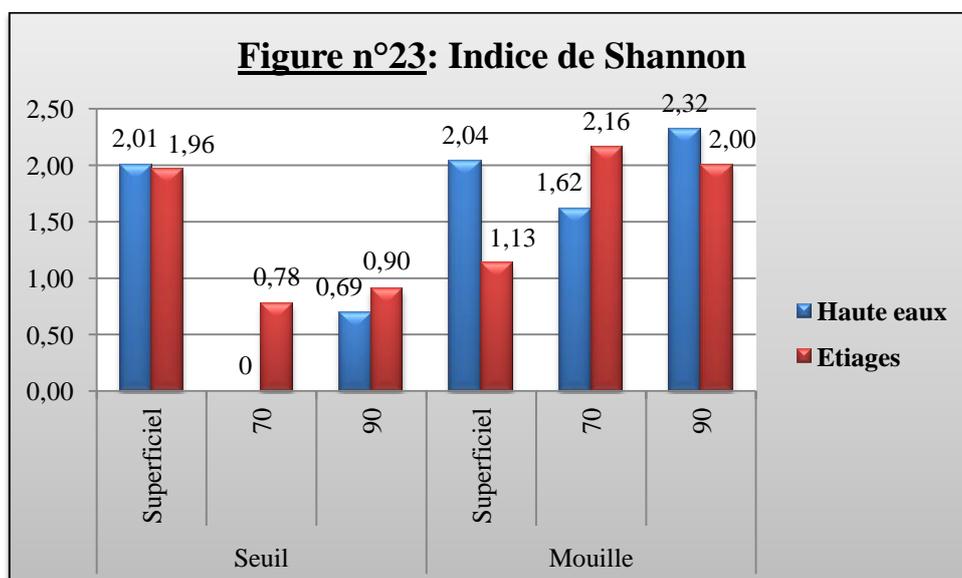
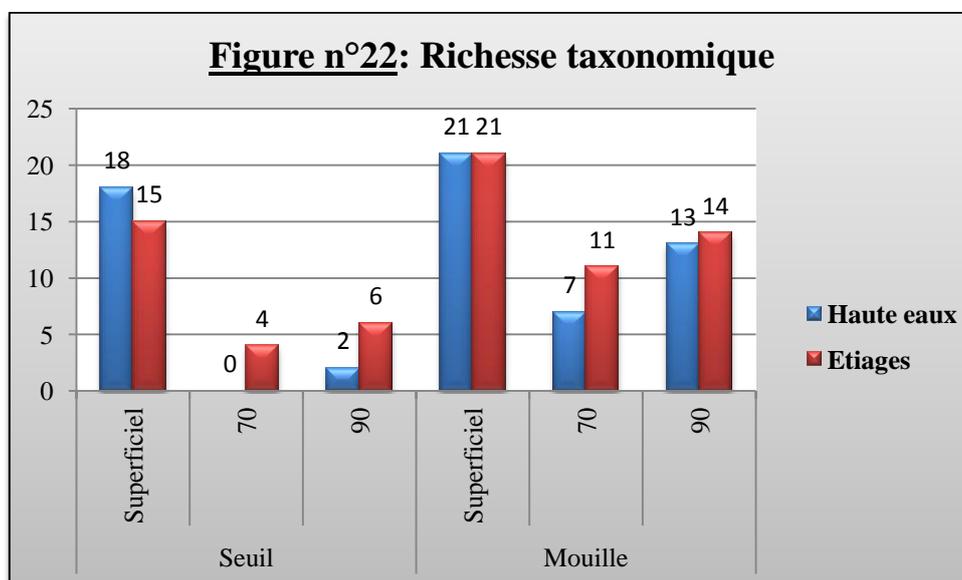
Selon Arignon (1976), lorsque l'indice de Shannon est inférieur à 2, l'écosystème présente une perturbation dans la communauté.

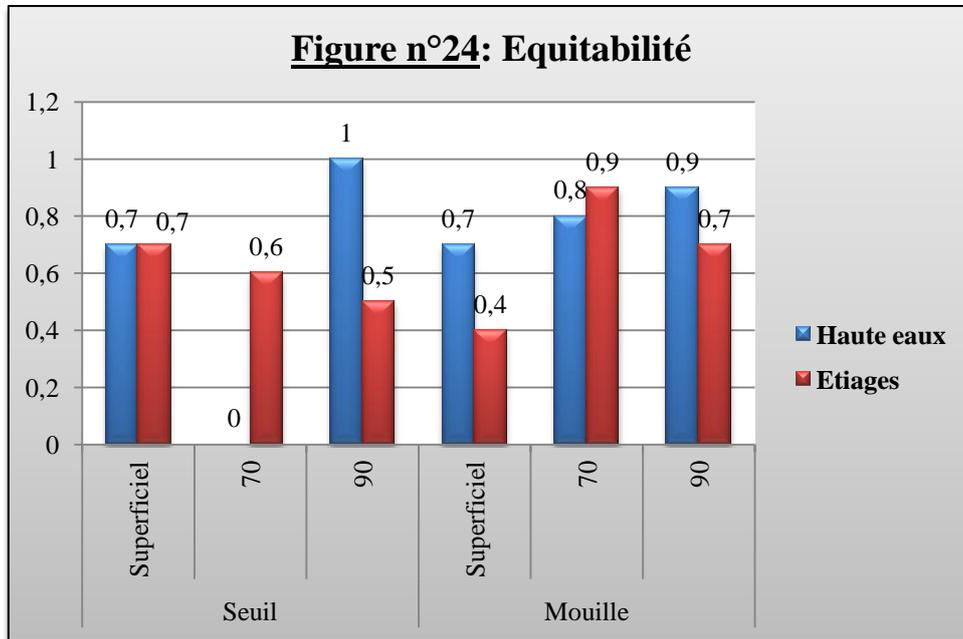
Certains prélèvements: PAS, PBS, PB90 (hautes eaux) et PB70, PB90 (étiages) montrent des valeurs supérieures à 2 ce qui témoigne qu'ils ne présentent pas de perturbations importantes (Arignon. 1976).

Les valeurs de l'indice de Shannon sont inférieures à 2 pour le reste des prélèvements, traduisant une perturbation.

❖ L'équitabilité (E) : (Figure n°24).

L'équitabilité varie entre 0.4 en milieu superficiel en période d'étiage. La famille des Gammaridae montre une nette dominance dans ce milieu (2278 individus), ce qui explique cette faible valeur d'équitabilité. Elle varie entre 0.6 et 0.9 en milieu hyporhéal à 70 cm traduisant des abondances plus ou moins équivalents. Elle est de 1 à 90 cm au moment des hautes eaux, ce qui traduit des abondances identiques pour les différents taxons de ce prélèvement.





Discussion



Discussion

L'étude du peuplement benthique et hyporhéique de la haute Tafna fait ressortir un total de 6679 individus appartenant à 36 taxons.

Si l'étude de quelques paramètres physico-chimiques ne montre pas un gradient vertical, l'analyse de la faune aquatique révèle une variabilité dans la composition et l'abondance. Les plus fortes abondances et richesse taxonomique sont enregistrées au niveau du milieu superficiel avec un effectif de 6238 individus répartis en 31 taxons.

Le nombre des invertébrés diminue avec profondeur. Il est de 6238 individus en surface soit 93%, 224 individus soit 4 % à 70 cm de profondeur et 216 individus soit 2 % en profondeur 90 cm. Bishop, 1973 ; Strommer et Smock, 1989 ; Danielopol, 1991 ; McElravy et Resh, 1991, Maridet et al., 1992 ; Ward et Palmer, 1994 ; Marchant, 1995 ; Maridet et Philippe, 1995, Maridet et al., 1996 ont mis en évidence un ensemble de paramètres environnementaux responsables de cette diminution de la densité avec la profondeur comme la porosité, la perméabilité, la distribution de la matière organique, la disponibilité de l'oxygène.

10 unités taxonomiques sont en commun entre les deux biotopes et à chaque profondeurs, à savoir : les Namétodes, les Bithyniidae, les Bythinellidae, les Planorbidae, les Gammaridae, les Ostracodes, les Baetidae, les Hydropsychidae, les Orthoclaadiinae et enfin les Culicidae.

Selon Amoros et Mathieu (1982), la présence d'espèces communes aux deux milieux confirme la possibilité du transfert des peuplements d'un milieu à l'autre.

Les deux biotopes sont dominés par les Crustacés dont les Gammaridae présentent 94 % en milieu superficiel. Beyer, 1932 évoque que les individus de cette famille sont généralement récoltés à proximité des sources, ce qui explique leur abondance dans ce milieu.

Les Ostracodes quant à eux, dominent dans la zone hyporhéique pour les deux profondeurs. Ce taxon a la capacité de s'enfoncer en profondeur au moment d'étiage dans le but d'éviter l'assèchement (Marmonier, 2001).

Les Diptères dominent les Insectes dans les deux biotopes avec des abondances dépassant les 50 %. Selon Dussart (1966), les larves de Diptères sont adaptées à tous les modes de vie et

à tous les milieux. Parmi les Diptères, les Orthocladiinae présentent une abondance plus élevée en milieu hyporhéique, ceci serait lié à leur caractère fouisseur.

La distribution spatiale des invertébrés met en évidence une richesse taxonomique et une abondance plus élevées dans les deux compartiments du site B. En effet, dans le milieu superficiel, 27 taxons sont récoltés en B contre 22 taxons en A. Dans le milieu hyporhéique, 4 taxons (106 individus) ont été recensés au niveau du site A à 70 cm de profondeur contre 13 taxons (118 individus) en B. 7 taxons (93 individus) seulement sont prélevés en A à 90 cm, alors qu'au niveau du site B, 20 taxons (123 individus) sont récupérés.

Ce résultat est confirmé par l'indice de Shannon dont les valeurs obtenues en B sont plus élevées qu'en A. Certains auteurs, Sterba et al (1992), Olsen et Townsend (2003), Malard et al (2003) ont mis en évidence que le nombre de taxons et d'individus sont beaucoup plus importants au niveau des eaux exfiltrées (Upwelling) qu'au niveau des eaux infiltrées (Downwelling).

Un nombre important de taxons ont été récoltés uniquement au niveau du site B, cela est dû à l'exigence de ces espèces à certaines conditions environnementales tels que, la vitesse du courant, la granulométrie, et la hauteur de l'eau.

La disparition de quelques taxons au niveau du site B est liée à certains facteurs. Selon Angelier (2001), les larves de Simuliidae préfèrent les zones à fort débit et résistent au courant rapide, ce qui explique leur présence au niveau du site A, alors qu'elle disparaît en B.

La richesse spécifique a connu une très faible diminution (1 seul taxon) pendant la période d'étiage dans le milieu superficiel, par contre elle a augmenté en milieu hyporhéique, ceci confirme le fait que la zone hyporhéique fait office de refuge à de nombreux spécimens (Orghidan 1959, 2010 ; Robertson and Wood, 2010).

La famille des Baetidae domine le milieu superficiel pendant les hautes eaux, par contre les Gammaridea les remplacent en étiage avec une abondance de 64 %. Cette évolution temporelle des Gammaridae est à mettre en relation étroite avec son activité reproductrice plutôt importante en été.

L'absence de la faune stygobie dans nos prélèvements peut être liée à la composition granulométrique du sédiment qui pourrait être un facteur limitant, car un fort pourcentage

d'argile réduit les canalicules dans lesquels circulent les espèces interstitiels (Coineau, 1971). Ceci provoque le colmatage qui été bien observé lors des deux campagnes de prélèvements particulièrement au niveau du site B.

Conclusion



Conclusion

L'étude faunistique réalisée au niveau de la haute Tafna nous a permis d'acquérir un certain nombre d'informations sur la distribution et la répartition de la faune superficielle et hyporhéique. On retient principalement :

Une faune superficielle plus diversifiée comparée à celle du milieu hyporhéique.

La densité des invertébrés aquatiques diminue à mesure que la profondeur augmente.

La station T₀ située près de la source favorise l'installation et le développement de la famille des Gammarides, ce qui explique son abondance en milieu superficiel. D'autre part sa dominance en période d'étiage est en relation avec son cycle de vie.

Les Ostracodes présentent en milieu hyporhéique une abondance plus élevée au mois de Juin (période d'étiage). Ce taxon, pour éviter la période d'assèchement, s'enfonce en profondeur au niveau de la zone hyporhéique. Cette dernière représente alors un refuge durant l'assèchement des cours d'eau.

Les Orthocladinae ont le caractère fouisseur, ce qui explique leur abondance au niveau du milieu hyporhéique aux deux profondeurs.

La distribution des organismes présente une hétérogénéité spatiale et temporelle, quoi qu'il existe quelques ressemblances de point de vue taxonomique entre le milieu superficiel et hyporhéique aux deux profondeurs. Cela confirme que les interstices du sédiment du cours d'eau de la Tafna font office à un transfert et une dynamique des communautés benthiques et hyporhéiques.

Le site B montre la plus grande richesse en nombre et en taxon pour les deux biotopes, cela est dû probablement à certaines exigences des invertébrés vis-à-vis de quelques facteurs écologiques tels que : la vitesse du cours d'eau, la granulométrie.

Le nombre de taxon du milieu hyporhéique augmente significativement en période d'étiage, ceci est dû à l'installation de la faune benthique dans le milieu hyporhéique dans le but

d'éviter l'assèchement. On peut donc confirmer que la faune superficielle utilise le milieu hyporhéique comme zone de refuge contre les conditions défavorables à sa croissance et son développement.

Ce travail ne présente qu'une contribution qui nécessite des travaux plus poussés et plus approfondis. Il serait intéressant de bien détailler dans le temps et dans l'espace cette étude afin d'acquérir plus d'informations sur la distribution de la faune benthique et hyporhéique dans l'ensemble des cours d'eaux du bassin versant de la Tafna.



Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- ◆ Angelier E., 1962. Remarques sur la répartition de la faune dans le milieu interstitielle hyporhéique. *Zool. Anz.* 168: 351-356.
- ◆ Angelier E., 2001. *Ecologie des eaux courantes*. Edit. Tec.Et.Doc.Et 2^{ème} tirage. 199p.
- ◆ Arignon J., 1976, *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces*, 3^{ème} édition, Ecol, Fo, Appl. 54-55.
- ◆ Bachelet G., 1979. Dynamique de la macrofaune benthique et production des lamellibranches de l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI (France). 163 p.
- ◆ Belaidi N., Taleb A et Gagneur J., 2004. Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in relation to the management of a polluted reservoir. *Int J Lim.* 40: 237-248.
- ◆ Belaidi N., Taleb A., Mahi A et Messana G., 2010. Composition and distribution of stygobionts in the Tafna alluvial aquifer (north-western Algeria), *Subterranean Biology.* 8: 21-32.
- ◆ 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 en Ecologie et Environnement, Univ, Tlemcen.
- ◆ Berthelemy C., 1968. Contribution à la connaissance des Leuctridae (Plécoptères). *Annales de Limnologie.* 4: 175-198.
- ◆ Beschta RL et Platts WS., 1986. Morphological features of small streams: significance and functions. *Water Resources Bulletin.* 22: 369-379.
- ◆ Beyer N., 1932. Die tierwelt der Quellen und Bäche des Baumberggebietes. *Abh.Westf.Prov.Mus.f.Naturk.*, 8.Jg, Münster. 9-187.
- ◆ Bishop JE., 1973. Observations of the vertical distribution of the benthos in a Malaysian stream. *Freshwater Biology.* 3: 147-156.
- ◆ Blondel J., 1979. *Biogéographie et écologie*. Ed Masson, Paris. 173 p.
- ◆ Bonvallet-Garay S., 2003. Rôle du sous écoulement et du complexe périphyton/sédiments dans la transformation biogéochimique du phosphore dans un hydrosystème à biomasse fixée : le modèle Garonne. Thèse, Toulouse III- Université Paul Paul Sabatier.

- ◆ Bou C et Rouch R., 1967. Un nouveau champ de recherches sur la faune aquatique souterraine. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. 265: 369-370.
- ◆ Bou C., 1974. Recherche sur les eaux souterraines. Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. Annexe. Spéolo. 29, 4, pp. 611-619.
- ◆ Bouanani A., 2003. Hydrologie, Transport solide et modélisation Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie), Thèse de Doctorat, Univ Tlemcen. 250 p.
- ◆ Bougettaya B., 2000. Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau interstitielle dans la basse Tafna : Mise en évidence d'une contamination de l'hyporhéique par les eaux de surface. Mémoire Ing. Univ, Tlemcen. 82 p.
- ◆ Boulton A.J. et Stranley E.H., 1995. Hyporheic processes during flooding and drying in a Sonoran Desert stream. II faunal dynamics. Arch. Hydrobiol. 134: 27-52.
- ◆ Boulton AJ., Datry T., Kasahara T., Mutz M et Stanford JA., 2010. Ecology and management of the hyporheic zone: stream-groundwater interactions of running waters and their floodplains. J.N. Am. Benthol. Soc. 29: 26-40.
- ◆ Boulton AJ., Findlay S., Marmonnier P., Stanley EH et Valett HM., 1998. The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. Ann. Rev. Ecol. Syst. 29: 59-81.
- ◆ Boulunier T., Nichols JD., Sauer JR., Hines JE et Pollock KH., 1998. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. Ecology. 73: 1018-1028.
- ◆ Boutoux J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eau de boisson (qualité et santé). Ed. CEBEDOC, Québec. 169 p.
- ◆ Bouzid S., 2008. Etude de la dynamique du phosphore dans la Tafna, Thèse de Magistère. Univ, Tlemcen. 207 p.
- ◆ Bretschko G et Klemens W., 1986. Quantitative methods and aspects in the study of the interstitial fauna of running waters. Stygologia. 2: 279-316.
- ◆ Bretschko G et Leichtfried M., 1988. Distribution of organic matter and fauna in a second order Alpine gravel stream (Ritrodat-Lunz study area , Austria). Verh. Int. Verein. Limnol. 23: 1333-1339.
- ◆ Bretschko G., 1981. Vertical distribution of zoobenthos in an Alpine brook of the Ritrodat-Lunz study area,- Verh . Int. Verein. Limnol. 21: 873-876.
- ◆ Brunke M et Gonser T., 1997. The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. Freshwater Biology. 37: 1-33.

- ◆ Brunke M et Gonser T., 1999. Hyporheic invertebrates - the clinal nature of interstitial communities structured by hydrological exchange and environmental gradient. *Journal of the North American Benthological Society*. 18: 344-362.
- ◆ 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. 109 p.
- ◆ Claret C., Lienhardt G., Cartier V., Franquet E et Miralles G., 2007. Composition et distribution des assemblages d'invertébrés dans la zone hyporhéique d'une plaine alluviale de la Moyenne-Durance. *Ecologiamediterranea*. 33: 5-13.
- ◆ Claret C., Marmonier P et Dole-Olivier MJ., 2003. Approches fonctionnelles de la biodiversité des invertébrés dans le milieu interstitiel des cours d'eau. Colloque de la Société Française d'Ecologie, Chambéry, Mai 2003.
- ◆ Claret C., Marmonier P., Boissier JM., Fontvieille D et Blanc P., 1997. Nutrient transfer between parafluvial interstitial water and river water: influence of gravel bar heterogeneity. *Freshwat. Biol.* 37: 657-670.
- ◆ Claret C., Marmonier P., Dole-Olivier MJ., Creuzé des Châtelliers M., Boulton AJ et Castella E., 1999. A functional classification of interstitial invertebrates: supplementing measures of biodiversity using species traits and habitat affinities. *Arch. Hydrobiol.* 145: 385-403.
- ◆ Coineau N., 1971. Les Isopodes interstitiels. Documents sur leur écologie et leur biologie. *Mém. Mus. natn. Hist. nat., (N.S.,A)*. 64 : 1-170.
- ◆ Collignon B., 1986. Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie), Thèse de Doctorat nouveau régime, Univ Avignon. 282 p.
- ◆ Cornut J., 2010. Décomposition de détritux végétaux dans la zone hyporhéique de cours d'eau forestiers: implication du compartiment fongique. Univ Toulouse.
- ◆ Creuzé des Châtelliers M et Marmonier P., 1990. Macro-distribution of ostracoda in by-passed channe. Exchange between loyers. *Stygologia*. 5: 17-24.
- ◆ Daget J., 1976. Les modèles mathématiques en écologie. Ed Masson, Paris. 172 p.
- ◆ Dahmane A., 2003. Evolution hebdomadaire de quelques paramètres physico-chimiques et faunistiques dans la moyenne Tafna. Mémoire Ing. Univ, Tlemcen. 41 p.
- ◆ Danielopol DL., 1991. Spatial distribution and dispersal of interstitial Crustacea in alluvial sediments of a backwater of the Danube at Vienna. *Stygologia*. 6: 97-110.
- ◆ Debowski P et Beall E., 1995. Influence de fortes variations de niveau en étiage sur les mouvements et la distribution de saumons atlantiques juvéniles (*Salmo salar* L) en

fonction de l'habitat dans un ruisseau expérimental. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture. 267-275.

- ◆ Descloux S., 2010. Effet du colmatage des sédiments des cours d'eau sur la composition et la structure des communautés d'invertébrés hyporhéiques proposition d'un indice biologique. DESS Ingénierie des hydrosystèmes continentaux en Europe, Université de Tours.
- ◆ Dole MJ et Chessel D., 1986. Stabilité physique et biologique des milieux interstitiels. Cas des deux stations du Haut-Rhône. *Annls. Limnol.* 22 : 69-81.
- ◆ Dole-Olivier MJ et Marmonier P., 1992. Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. *Freshwater Biology.* 27: 177-191.
- ◆ Dussart B., 1966. *Limnologie. L'étude des eaux continentales.* Gauthier Villars, Paris. 678 p.
- ◆ Essafi K., Mathieu J et Befly JL., 1992. Spatial and temporal variations of *Niphargus* populations in interstitial aquatic habitat at the Karst/floodplain interface. *Regul. Rivers.* 7:83-92.
- ◆ Findlay S., Strayer D., Goumbala C et Gould K., 1993. Metabolism of streamwater dissolved carbon in shallow hyporheic zone. *Limnol. Oceanogr.* 38: 1493-1499.
- ◆ Frontier S., 1976. Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.* 1: 35-48.
- ◆ Frontier S., 1983. *Stratégie d'échantillonnage en écologie.* Ed Masson. 494 p.
- ◆ Gagneur J et Chaoui-Boudghane C., 1991. Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'ouest algérien. *Stygologia.* 6: 77-89.
- ◆ Gaujous D., 1995. *La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire.* Ed Technique et documentation. 220 p.
- ◆ Gayraud S et Philippe M., 2003. Influence of bed sediment feature on interstitial habitat available for macroinvertebrates in 15 french stream. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 88: 77-93.
- ◆ Ghernik B., 2003. Evolution journalière de quelques paramètres physico-chimiques et faunistiques dans la moyenne Tafna. *Mémoire Ing. Univ, Tlemcen.* 51 p.
- ◆ Gibert J., Ginet R., Mathieu J., Reygrobellet. JL et Seyed-Reihani A., 1997. Structure et fonctionnement des écosystèmes du haut-Rhône français : IV : Le peuplement des eaux phréatiques ; premiers résultat, *Annls. Limnol.* 13: 83-97.

- ◆ Gnouma R et Pascal B., 2002. Extension et dynamique de la zone hyporhéique du bassin versant de recherche et d'expérimentation de Grézieu- la Varenne (2.8Km²) à l'ouest de Lyon. D.E.A Hdrologie, Hydrogeologie, Géostatique et Géochimie.
- ◆ Godbout L et Hynes HBN., 1982. The three dimensional distribution of the fauna in a single riffle in a stream in Ontario. *Hyrobiologia*. 97: 87-96.
- ◆ Gray LJ et Fisher SG., 1981. Postflood recolonization pathways of macroinvertebrates in a lowland sonoran desert stream. *The American Midland Naturalist*. 106: 249-257.
- ◆ Gray RD et Kenney M., 1994. Perceptual constraints on optimal foraging: a reason for departures from the ideal free distribution. *Animal beahaviour*. 47: 469-471.
- ◆ Griffith MB et Perry SA., 1993. The distribution of macroinvertebrates in the hyporheic zone of two small Appalachian headwater streams. *Archiv fur Hydrobiologie*. 126: 373-384.
- ◆ Junk WJ., Bayley PB et Sparks RE., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. 106: 110-127.
- ◆ Korichi N., 2008. Contribution à l'étude de la faune hyporhéique et superficielle de la haute Tafna (Nord-ouest d'Algérie). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement, Univ, Tlemcen.
- ◆ Krause S., Heathwaite AL., Binley A et Keenan P., 2009. Nitrogen concentrations at the groundwater-surface water interface of a small Cumbrian river. *Hydrological Processes*. 23 : 2195-2211.
- ◆ Lamberti GA Resh VH., 1983. Stream periphyton and insect herbivores: an experimental study of grazing by a caddisfly population. *Ecology*. 64:1124-1135.
- ◆ Lamotte M et Bourliere F., 1971. Problème d'écologie, l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Ed Masson et Cie, Paris. 249 p.
- ◆ Lee DR et Cherry JA., 1978. A field exercise on groundwater flow using seepage meters and mini-piezometers. *Geol Ed*. 27: 6-10.
- ◆ Malavoi JR et Souchon Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivières : Clé de détermination quantitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic*. 357-372.
- ◆ Marchant R., 1995. Seasonal variation in the vertical distribution of hyporheic invertebrates in an Australian upland river. *Archiv fur Hydrobiologie*. 134: 441-457.

- ◆ Maridet L et Philippe M. 1995. Influence of substrate characteristics on the vertical distribution of stream macroinvertebrates in the hyporheic zone. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis, Biologia*. 91: 101-105.
- ◆ Maridet L., Philippe M., Wasson JG et Mathieu J., 1996. Spatial and temporal distribution of macroinvertebrates and trophic variables within the bed sediment of three streams differing by their morphology and riparian vegetation. *Archiv fur Hydrobiology*. 136: 41-64.
- ◆ Maridet L., Wasson JG et Philippe M., 1992. Vertical distribution of fauna in the bed sediment of three running water sites: Influence of physical and trophic factors. *Regulated River: Research & Management*. 7: 45-55.
- ◆ Marmonier P et Creuzé des Châtelliers M., 1991. Effects of spates on interstitial assemblages of the Rhône River. Importance of spatial heterogeneity. *Hydrobiologia*. 210: 243-251.
- ◆ Marmonier P., 1988. Biocénoses interstitielles et circulation des eaux dans le sous-écoulement d'un chenal aménagé du haut-rhone français. Thèse de doctorat, Univ, Claude Bernard- Lyon I, France : 2 tomes. 59-108.
- ◆ Marmonier P., Creuzé des Châtelliers M., Dole-Olivier MJ., Claret C et Trémolières M., 1997. Biodiversity and distribution of interstitial fauna in the Rhine river (Rhinau sector, France). XIII International Symposium of Biospeology. Marrakesh April 20-27, 1997.
- ◆ Marmonnier P et Dole MJ., 1986. Les amphipodes des sédiments d'un bras court-circuité du Rhône. Logique de répartition et réaction aux crues. *Sciences de l'eau*. 5: 461-486.
- ◆ Marmonnier P., Vervier P., Gibert J et Dole MJ., 1993. Biodiversity in groundwaters. *Trends in ecology and Evolution*. 8: 392-395.
- ◆ McElravy EP et Resh V., 1991. Distribution and seasonal occurrence of the hyporheic fauna in a northern California stream. *Hydrobiologia*. 220: 233-246.
- ◆ Newbury RW et Gaboury MN., 1993. Stream analysis and fish habitat design. Newbury Hydraulics Ltd., Manitoba Natural Resources. 256 p.
- ◆ O'neil MP et Abrahams AD., 1984. Objective identification of pools and riffles. *Water Resources Research*. 20: 921-926.
- ◆ Olsen DA et Townsend CR., 2003. Hyporheic community composition in a gravel-bed stream: influence of vertical hydrological exchange, sediment structure and physicochemistry. *Freshwat. Biol*. 48: 1363-1378.

- ◆ Orghidan T., 1959. Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers. Der hyporheische Biotop. Arch. F. Hydrobiol. 55: 392-414.
- ◆ Orghidan T., 2010. A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope. Fund Appl Limnol. 176: 291-302.
- ◆ Palmer MA., Bely AE et Berg KE., 1992. Response of invertebrates to lotic disturbance: A test of the hyporheic refuge hypothesis. Oecologia. 89: 182-194.
- ◆ Pascalis 2006. Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life in the Subsurface: www.pascalis-project.com.
- ◆ Pesson P., 1980. La pollution des eaux continentales. Indice sur les biocénoses aquatiques. Ed Bordas. 345 p.
- ◆ Pielou E.C., 1966. Shannon's formula as measure of specific diversity : its use and measure. Amer. Natur. 100: 463-465.
- ◆ Pryce D., Willby N et Givear D., 2010. An investigation into the hyporheic zone of gravel bed rivers in Scotland and its associated fauna. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No.397.
- ◆ Pugsley CW et Hynes HBN., 1983. A modified freeze-core technique to quantify the depth distribution of fauna in stony streambeds. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 637-643.
- ◆ Pugsley CW et Hynes HBN., 1985. Summer diapause and nymphal development in *Allocapnia pygmaea* (Burmeister) (Plecoptera: Capniidae) in the Speed River, Southern Ontario. Aquatic Insects. 7: 53-63.
- ◆ Pugsley CW et Hynes HBN., 1986. The three dimensional distribution of winter stonefly nymphs, *Allocapnia pygmaea*, within the substrate of a southern Ontario river. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 43: 1812-1817.
- ◆ Remini B., 2005. La problématique de l'eau en Algérie. Office Des Publications Universitaires. I.S.B.N. 16p.
- ◆ Robertson AL Wood PJ 2010. Ecology of the hyporheic zone: origins, current knowledge and future directions. Fund Appl Limnol. 176: 279–289.
- ◆ Robertson AL., Rundle SD et Schmid-Araya JM., 2000. Putting the meio- into stream ecology: current findings and future directions for lotic meiofaunal research. Freshwater Biology. 44: 177-183.
- ◆ Rodier J., 1976. Analyse des eaux. Dunod-5ième Edition.
- ◆ Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau, aux naturelles - eaux résiduaires- eau de mer ,8ème edt Dunod. 1383p.

- ◆ Rundle SD et Ramsay PM., 1997. Microcrustacean communities in streams from two physiographically contrasting regions of Britain. *Journal of Biogeography*. 24: 101-111.
- ◆ Rundle SD., 1990. Micro-arthropod seasonality in streams of varying pH. *Freshwater Biology*. 24: 1-21.
- ◆ Sabri S., 2003. Contribution à l'étude de la faune hyporhéique et superficielle dans la moyenne et basse Tafna : Influence du Barrage de Hammam Boughrara. Mémoire Ing. Univ, Tlemcen. 38 p.
- ◆ Schwoerbel J., 1967. Das hypotheische Interstitial als Grenzbiotop zwischen oberirdischem und subterranem Okosystem und seine Bedeutung fur die Primar-Evolution von Kleinsthohlenbewohnern. *Archiv fur Hydrobiologie*. 33: 1-62.
- ◆ Stanford J et Ward V., 1988. The hyporheic habitat of river ecosystems. *Nature*. 335: 64-66.
- ◆ Stead TK., Schmid-Araya JM et Hildrew AG., 2003. All creatures great and small: patterns in the stream benthos across a wide range of metazoan body size. *Freshwater Biology*. 48: 532-547.
- ◆ Sterba, O., Uvira, V., Mathur, P et Rulik, M., 1992. Variations of the hyporheic through a riffle in the R. Morava, Czechoslovakia.- *Regul. Rivers*. 7: 31-43.
- ◆ Strommer JL et Smock LA., 1989. Vertical distribution and abundance of invertebrates within the sandy substrate of a low gradient headwater stream. *Freshwater Biology*. 22: 263-274.
- ◆ Stubbington R., Wood PJ., Reid I et Gunn J., 2011. Benthic and hyporheic invertebrate community responses to seasonal flow recession in a groundwater-dominated stream. *Ecohydrology*. 4: 500-511.
- ◆ Tachet H., Bournaud M et Richoux P., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique), Univ, Lyon 1, Ass, Française de limnologie. 155p.
- ◆ Tachet H., Richoux Ph., Bournaud M et Usseglio-Polatera Ph., 2000. Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie CNRS édition. 587p.
- ◆ Taleb A., 2004. Etude du fonctionnement de l'écosystème oued. Rôle du milieu hyporhéique dans l'évolution de la qualité des eaux en aval du barrage de Hammam Boughrara sur la Tafna. Thèse. Doc. Univ. Tlemcen. 104 p.
- ◆ Taleb A., Belaidi N., Sanchez-Pérez JM., Vervier P., Sauvage S et Gagneur., 2008. The role of the hyporheic zone of a semi-arid gravel bed stream located downstream of

- a heavily polluted reservoir (Tafna wadi, Algeria). *River Research and Applications*. 24: 183-196.
- ◆ Triska FJ., Kennedy VC., Avanzino RJ., Zellweger GW et Bencala KE., 1989. Retention and transport of nutrients in a third order stream in northwestern California: channel processes. *Ecology*. 70: 1877-1892.
 - ◆ Vannote RL., Minshall GW., Cummins KW., Sedell JR et Cushing CE., 1980. The River Continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
 - ◆ Ward JV et Palmer MA., 1994. Distribution patterns of interstitial freshwater meiofauna over a range of spatial scales, with emphasis on alluvial river-aquifer systems. *Hydrobiologia*. 287: 147-156.
 - ◆ Ward JV., Bretschko G., Brunke M., Danielopol D., Gibert J., Gonser T et Hildrew AG., 1998. The boundaries of river system: the metazoan perspective. *Freshwater biology*. 40: 531-569.
 - ◆ White DS., 1993. Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. *J.N.Am.Benthol.Soc.* 12: 61-69.
 - ◆ Williams DD et Hynes HBN., 1974. The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. *Freshwat. Biol.* 4: 233-256.
 - ◆ Williams DD., 1984. The hyporheic zone as a habitat for aquatic insects and associated arthropods. *The Ecology of Aquatic Insects* (Eds Resh V.H. & Rosenberg D.M.). Praeger Publishers, New York. 430-455.
 - ◆ Zettam A., 2011. Impact des faibles volumes d'eau pompés sur la richesse des invertébrés hyporhéique à l'amont de la Tafna. Mémoire de Master en Ecologie et Environnement, Univ, Tlemcen.

Résumé

La distribution verticale des invertébrés aquatiques en relation avec le cycle hydrologique a été étudiée dans la haute Tafna. Deux sites (un seuil et une mouille) ont été échantillonnés au niveau du milieu superficiel et hyporhéique. Dans ce dernier deux profondeurs ont été considérées (70cm et 90cm). Cette étude nous a permis de recenser un total de 6679 individus répartis en 36 taxons. Les résultats indiquent une diminution de la densité avec la profondeur. Cette diminution est à mettre en relation avec la porosité, la perméabilité, la présence de matière organique et la disponibilité en oxygène. Il existe des ressemblances de point de vue taxonomique entre les deux biotopes avec la présence de certains taxons exclusifs. La distribution spatiale montre une grande richesse taxonomique au niveau du site B qui est en rapport avec la vitesse du courant beaucoup plus élevée au niveau du seuil qu'au niveau de la mouille. Et enfin l'évolution temporelle témoigne une augmentation de la richesse au niveau de la zone hyporhéique en période d'étiage expliquant son utilisation comme zone de refuge par la faune épigée.

Mots clés :

Distribution verticale, faune hyporhéique, faune superficielle, haute Tafna.

Summary

The vertical distribution of the watery invertebrates in relation to the hydrological cycle was studied in high Tafna. Two sites (a threshold and a damping) were sampled on the level of the medium surface and hyporheic. In this last two depths were considered (70cm and 90cm). This study enabled us to count a total of 6679 individuals divided into 36 taxa. The results indicate a reduction in the density with the depth. This reduction is to be put in relation to porosity, the permeability, the presence of organic matter and the availability out of oxygen. There are resemblances from taxonomic point of view between the two biotopes to the presence of some exclusive taxa. Spatial distribution shows a great taxonomic richness on the level of the site B which is in connection with the current velocity much higher on the level of the threshold than on the level of damping. And finally the temporal evolution testifies an increase to the richness on the level of the hyporheic zone in period to low water level explaining its use as zone of refuge by epigean fauna.

Key words:

Vertical distribution, hyporheic fauna, surface fauna, high Tafna.

ملخص

التوزيع العمودي لللافقريات المائية في ترابط مع الدورة المائية تمت دراسته أعالي تافنة . تم اختيار موضعين (مغمور و صيد) على مستوى الوسط الظاهري و الشبه باطني. في هذا الأخير تم اختيار عمقين مختلفين (70 سم و 90 سم). هذه الدراسة مكنتنا من إحصاء مجموع ما يقارب 6679 فرد مقسمة على 36 صنف. هذه النتائج تبين تناقص التنوع البيئي كلما ازداد العمق. هذا التناقص يتناسب مع خاصية المسامية والنفاذية ونسبة تواجد المواد العضوية و توفر الاكسجين. يوجد تشابه من ناحية الاصناف بين الوسطين مع تواجد بعض الكائنات الخاصة و الغير شاملة. التوزيع الحيزي يبين وجود تنوع كبير للاصناف الحية على مستوى الموضع المبلل. هذا التنوع في علاقة مباشرة مع سرعة التيار وارتفاع الماء في المجرى. في الأخير التطور الزمني يكشف عن زيادة في التنوع على المستوى الشبه باطني في فترة الجفاف ناتج عن استخدام هذا الوسط كمنطقة لجوء من طرف الحيوانات الفوق أرضية.

الكلمات المفتاحية:

ع العمودي. كائنات الوسط الشبه باطني. كائنات الوسط الظاهري. أعالي تافنة.