

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCCEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
des Sciences de La Terre et de L'univers  
Département d'Ecologie et Environnement

## MEMOIRE

Présenté par

**Mlle SIFI Aicha**

*En vue de l'obtention du diplôme de Magister en  
Ecologie et Biodiversité des Ecosystèmes Continentaux  
Option : écosystèmes aquatiques*

# La dynamique de la faune aquatique dans une zone de source cas de l'Oued Chouly

Présentée et Soutenue le

Mme BELAIDI Nouria  
M<sup>elle</sup> TALEB Amina  
Mr Arab Abdeslem  
M<sup>r</sup> Mahi Abdelhakim

Président  
Encadreur  
Examinateur  
Invité

devant le jury composé de :

Professeur Université de Tlemcen  
Professeur Université de Tlemcen  
Professeur Université USTHB  
MAA Université de Tlemcen

Année universitaire : 2013-2014

## **Remerciements**

**J'exprime mes vifs remerciements à :**

- Mon encadreur Mlle Taleb Amina, Professeur à l'université de Tlemcen de m'avoir tout d'abord ouvert la porte sur le monde Aquatique, pour sa grande contribution à ma formation, et de m'avoir proposé ce sujet d'actualité. Je la remercie également pour ses conseils et sa patience.
- Mme Belaidi Nouria, Professeur à l'université de Tlemcen pour avoir accepté de présider le jury, et pour sa disponibilité tout au long de mes études.
- Mr Arab abdeslem, Professeur à l'université d'Alger pour avoir accepté d'examiner ce travail.
- Mr Mahi abdelhakim, pour sa collaboration et surtout sa disponibilité.

## **Dédicace**

A la lumière de ma vie mes chères parents pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes études.

Mes très chères sœurs et leurs maris.

Mon très cher frère et son mari.

L'ange de mon esprit Aicha ma chère amie d'ingénieurat.

Mes amie de magister Fatima et Fakhreddine.

Et tous mes amis de biologie.

## ملخص

لقد حققنا هذا العمل حول التوزيع العمودي، الطولي و الفصلي لللافقاريات المائية في الوسط شبه الجوفي و السطحي للموقع C0(أعلى وادي الشولي). تحاليل فيزيوكيميائية وعينات حيوانية حققت على مستوى الوسط السطحي وعمقين 30 و 60سم في الوسط شبه الجوفي أثناء المدة من ماي 2011 الى افريل 2012.

ل سحب العينات من الوسط شبه الجوفي و الشبكة الرفيعة لسحب العينات السطحية. (Bou Rouch) لقد استعملنا طريقة الحصيلة الحيوانية تتكون من 67 صنف و 4469 فرد حيث 56 صنف في الوسط السطحي و 46 صنف في الوسط شبه الجوفي. هذه النتائج أثبتت أن الوسط السطحي أغنى من الوسط شبه الجوفي من ناحية الأصناف و أن هذه الأصناف تنوزع بطريقة مختلفة بين المستويات الثلاث حسب طريقة العيش و الشروط المحيطية.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات المائية, التوزيع العمودي, الوسط السطحي, الوسط شبه الجوفي,

وادي الشولي

## Résumé

Notre travail concerne la distribution verticale, longitudinale et saisonnière des invertébrés aquatiques dans la zone hyporhèique et superficielle de la station C0 (l'amont d'Oued Chouly). Des analyses physico-chimiques et des prélèvements faunistiques ont été effectués au niveau du milieu superficiel et à deux profondeurs 30 et 60 cm dans le milieu hyporhèique, durant la période de mai 2011 à avril 2012.

Nous avons utilisé la méthode d'échantillonnage du sondage (Bou Rouch) pour les prélèvements hyporhèiques et le filet surber pour les prélèvements superficiels.

La faune totale est composée de 67 taxons soit 4469 individus, dont 56 dans le milieu superficiel et 46 dans l'hyporhèique. Ces résultats montrent que le milieu superficiel est plus riche d'un point de vue taxonomique. Les taxons sont distribués d'une manière différente entre les trois niveaux de prélèvement selon le type de vie et les conditions environnementales.

**Mots –clés : invertébrées aquatiques, distribution verticale, milieu superficiel, milieu hyporhèique, Oued Chouly**

### **Abstract**

Our work is done on the vertical, longitudinal and seasonal distribution of aquatic invertebrates in the hyporheic zone of the C0 station ( upstream Oued Chouly ) , physico-chemical and faunal samples were carried at the superficial and two depths 30 and 60 cm in hyporheic ,during the period May 2011 to April 2012 . We used the sampling method of ( Bou Rouch ) for hyporheic samples and surber net for surface samples. The total fauna is composed of 67 taxa distributed over 4469 individuals including 56 in the superficial environment and 46 in the hyporheic zone. These results showed that the surface environment is richer taxonomically than the hyporheic zone, and the taxa are distributed differently between the three levels depending on the type of life and environmental conditions.

**Keywords: aquatic invertebrates, vertical distribution, surface areas, hyporheic environment, Oued Chouly**

## Liste des figures

Figure 1 : Réseau hydrographique du bassin versant de la Tafna

Figure 2 : Coupe synthétique des principales formations affleurant dans les monts de Tlemcen

Figure 3 : Variations mensuelles des précipitations

Figure 4: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен durant l'ancienne période

Figure 5: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен durant la nouvelle période

Figure 6 : Indice d'aridité de De Martonne

Figure 7 : Climagramme du Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2)

Figure 8 : Schéma de la pompe Bou-Rouch

Figure 9 : variation spatio-temporelle de la température de l'eau.

Figure 10 : variation spatio-temporelle de pH l'eau

Figure 11 : variation spatio-temporelle de l'oxygène de l'eau

Figure 12: variation spatio-temporelle de la Conductivité de l'eau

Figure 13 : Structure générale des groupes zoologiques de la station d'étude

Figure 14: abondances relatives des insectes

Figure 15: abondances relatives des Crustacés

Figure 16 : abondances relatives des Mollusques

Figure 17 : abondances relatives des Annélides

Figure 18 : Abondances relatives des groupes zoologiques dans le milieu superficiel (A).

Figure 19: Abondances relatives des insectes dans le milieu superficiel (A)

Figure 20 : Abondances relatives des crustacés dans le milieu superficiel (A)

Figure 21: Abondances relatives des mollusques dans le milieu superficiel (A)

Figure 22: Abondances relatives des annélides dans le milieu superficiel (A).

Figure 23 : Abondances relatives des groupes zoologiques dans le milieu superficiel (B)

Figure 24 : Abondances relatives des insectes dans le milieu superficiel (B)

Figure 25: Abondances relatives des mollusques dans le milieu superficiel (B)

Figure 26: Abondances relatives des crustacés dans le milieu superficiel (B)

Figure 27 : Abondances relatives des groupes zoologiques dans le milieu hyporhèique (A)

Figure 28: Abondances relatives des mollusques dans le milieu hyporhèique (A)

Figure 29 : Abondances relatives des annélides dans le milieu hyporhèique (A)

Figure 30 : Abondances relatives des insectes dans le milieu hyporhèique (A)

Figure 31 : Abondances relatives des crustacés dans le milieu hyporhèique (A)

Figure 32 : Abondances relatives des groupes zoologiques dans le milieu hyporhèique (B)

Figure 33 : Abondances relatives mollusque dans le milieu hyporhèique (B)

Figure 34 : Abondances relatives des Insectes dans le milieu hyporhèique (B)

Figure 35: Abondances relatives des Crustacés dans le milieu hyporhèique (B)

Figure 36: Abondances relatives des Annélides dans le milieu hyporhèique (B)

Figure 37: Abondances relatives crustacées à 30cm de profondeur

Figure 38: Abondances relatives des mollusques à 30cm de profondeur

Figure 39: Abondances relatives des Annélides à 30cm de profondeur

Figure 40: Abondances relatives des insectes à 30cm de profondeur

Figure 41: Abondances relatives crustacés à 30cm de profondeur

Figure 42: Abondances relatives des insectes à 60cm de profondeur

Figure 43 : Abondances relatives des mollusques 60cm de profondeur

Figure 44 : Abondances relatives des insectes 60cm de profondeur

Figure 45 : Abondances relatives des Annélides 60cm de profondeur

Figure 46: Abondances relatives des crustacés 60cm de profondeur

Figure 47 : résultats de l'indice de Shannon ( $H'$ ) dans l e milieu superficiel

Figure58 : résultats de l'indice de Shannon ( $H'$ ) dans l'hyporhéique

Figure 49 : Représentation graphique spatiale (A) et temporelle (B) du plan (F1-F2) des deux zones superficielle (PS) et hyporhèique (P30, P60) durant les deux périodes (étiage, hautes eaux)

Figure 50 : distribution globale des taxons (AFC) dans Ps, P30 et P60

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : les caractéristiques des deux stations

Tableau 2 : Données géographiques de la station d'étude.

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles durant les deux périodes d'étude

Tableau 4: Les températures moyennes mensuelles

Tableau 5: Variations mensuelles des températures durant les deux périodes d'étude

Tableau 6 : Indice de De Martonne durant les deux périodes d'étude

Tableau 7 : Quotient Pluviothermique d'Emberger des stations.

## Liste d'abrviation

<i>Aesh : aeshnidae</i>	<i>Noton : notonectidae</i>
<i>Ancy : ancylidae</i>	<i>Olim : olimnius</i>
<i>Athe : atherix</i>	<i>Orth : orthoclaadiinae</i>
<i>Atric : atrichops</i>	<i>Ostr : ostracode</i>
<i>Baet : baetidae</i>	<i>Philo : philopotamidae</i>
<i>Bithy : bithyniidae</i>	<i>Phys : physidsae</i>
<i>Bran : branchycere</i>	<i>Plan : planorbidae</i>
<i>Bythi : bythinellidae</i>	<i>Psyc : psychodidae</i>
<i>Caen : caenidae</i>	<i>Sim : simulidae</i>
<i>Capni : capniidae</i>	<i>Strat : stratiomiidae</i>
<i>Cera : ceratopogonidae</i>	<i>Strat : stratiomiidae</i>
<i>Chir : chironomidae</i>	<i>Syn : syncarides</i>
<i>Coll : collebole</i>	<i>Syrph : syrphidae</i>
<i>Cord : cordulidae</i>	<i>Taba : tabanidae</i>
<i>Corr : corrixidae</i>	<i>Tany : tanypodinae</i>
<i>Culi : culicidae</i>	<i>Tubi : tubificidae</i>
<i>Dix : dixidae</i>	<i>Tupi : tupilidae</i>
<i>Dry : dryopoidae</i>	<i>Typh : typhlocirolana</i>
<i>Dyti : dytiscidae</i>	<i>Valva : valvatidae</i>
<i>Empi : empididae</i>	
<i>Enchy : Enchytraeidae</i>	
<i>Epeo : epeorus</i>	
<i>Gam : gammaridae</i>	
<i>Halip : haliplidae</i>	
<i>Hebri : hebridae</i>	
<i>Helo : helodidae</i>	
<i>Hepta : heptageniidae</i>	
<i>Lemn : lemnophilidae</i>	
<i>Lepto : leptophlebiidae</i>	
<i>Lumb : lumbriculidae</i>	
<i>Naid : naididae</i>	

## **Sommaire**

Introduction .....	01
--------------------	----

### ***Synthèse bibliographique***

I. La zone hyporhéique et interaction avec milieu superficiele.....	03
II. Nature des échanges entre le milieu superficiel et la zone hyporhéique.....	03
III. Les invertébrés de la zone hyporhéique.....	04
IV. Les facteurs qui contrôlent la distribution de la faune hyporhéique.....	05
V. La distribution verticale de la faune aquatique.....	08

### ***Chapitre I : Etude du milieu physique***

I. Description du bassin versant de la Tafna.....	10
II. géologie du bassin versant de l'Oued Chouly .....	12
III. Le profil de longueur. ....	14
IV-description du site d'étude .....	15

### ***Chapitre II Synthèse bioclimatique***

Introduction.....	17
I. facteurs climatiques.....	18
a. précipitations moyennes mensuelles.....	18
b..températures moyennes mensuelles.....	21
II. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	22
III. Indice d'aridité de De Martonne.....	24
IV. Quotient Pluviothermique d'Emberger .....	25
Conclusion.....	27

### ***Chapitre III Matériel et méthodes***

Échantillonnage.....	28
I. méthode de prélèvement dans le milieu superficiel.....	28
II. Méthode de prélèvement dans le milieu hyporhéique.....	28
II-1. Description du matériel de prélèvement .....	28

II-2. Protocole de prélèvement.....	30
III-le tri et détermination.....	30
IV-Analyse physico-chimique.....	30
La température .....	30
L'oxygène dissous.....	30
Le potentiel d'hydrogène pH.....	30
La conductivité électrique.....	30
V- Traitements statistiques .....	31
V.1.Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	31
V.2.ANOVA .....	31
V.3.Indice de diversité de Shannon-Weaver H'.....	31

### ***Chapitre IV Résultats et interprétations***

I-Résultats physico-chimiques .....	32
1-Evolution spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques :.....	32
1.1. La Température .....	32
1.2. Le potentiel d'Hydrogène pH.....	32
1.3. L'oxygène .....	32
1.4. La Conductivité .....	33
II.Commentaire sur les principaux groupes faunistiques.....	36
1. La composition globale de la faune récoltée.....	36
2. Distribution longitudinale de la faune .....	41
2.1. Dans le milieu superficiel.....	41
2.1.1. La Station A .....	41
2.1.2. La Station B .....	46
2.2. Dans le milieu hyporhèique.....	50
2.2.1. Station A.....	50
2.2.2. Station B.....	54
3. Distribution verticale de la faune .....	59
3.1. Distribution de la faune à 30cm.....	59
3.2. Distribution de la faune à 60cm.....	64

6. Comparaison entre les deux milieux (hyporhéique et superficiel).....	69
6. comparaison entre les deux profondeurs 30cm et 60cm .....	70
7. comparaison entre les deux stations (A et B).....	71
7.1. Dans le milieu superficiel.....	71
7.2. Dans le milieu hyporhéique.....	71
8. La distribution temporelle.....	72
9. Indice de diversité ( indice de Shannon H').....	74
9.1. Dans le milieu superficiel.....	74
9.2. Dans l'hyporhéique .....	74
10-Analyse statistique .....	76
Discussion .....	79
Conclusion.....	82
Références bibliographiques.....	83

## Introduction

Les concepts reliés au fonctionnement des cours d'eau ont largement évolué depuis une quarantaine d'années, et se sont multipliés à partir des années 80 pour décrire les complexités biologiques et physiques, citons pour exemple le concept de « River continuum » (Vannote et al. 1980), celui de « nutrient spiralling » (Newbold et al. 1981) ou encore le concept d'interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Hynes 1983).

(White 1993) a considéré la zone hyporhéique comme un espace interstitiel saturé sous un cours d'eau qui contient une certaine proportion d'eau de surface. Cette interface peut atteindre plusieurs mètres de profondeur sous le cours d'eau et peut s'étendre sur plusieurs centaines de mètres de part et d'autre du chenal (Gibert et al. 1990, Boulton et al. 1992, Stanford et Ward 1993).

La circulation de l'eau dans la zone hyporhéique, et les échanges entre l'eau de surface et les eaux souterraines a été déjà démontrée (Gibert et al. 1981, Mermillod-Blondin et al. 2000, Chafiq et al. 1992, Dole-Olivier et Marmonier 1992, Boulton et Stanley 1995, Dole Olivier et al. 1997).

Les échanges des eaux de surface et des eaux souterraines dans la zone hyporhéique sont dynamiques dans l'espace et le temps, et créent une mosaïque physico-chimiques (Dole-Olivier et Marmonier 1992, Boulton et Stanley 1995, Boulton et al. 1998). Par conséquent, leur mélange joue un rôle important dans la détermination de la structure des peuplements hyporhéiques, en influençant les conditions chimiques et les ressources trophiques dans la zone hyporhéique (Dole-Olivier et Marmonier 1992, Cooling et Boulton 1993, Strayer et al. 1997, Boulton 2000).

Les recherches qui ont émergé au début des années 90 suggérant le caractère potentiométrique des lits des cours d'eau (upwelling contre downwelling), pourrait être un facteur de contrôle de la distribution des espèces dans la zone hyporhéique (Creuze de Chatelliers 1991, Dole-Olivier et Marmonier 1992, Stanford et Ward 1993).

L'occupation des sédiments du lit par la faune peut varier à la faveur des événements perturbateurs tels que les étiages et les crues (Boulton et Lake 1992, Dole-Olivier et Marmonier 1992a). Le comportement de fouissage, la petite taille, les formes allongées ou sphériques et la forte flexibilité pourraient constituer un avantage pour coloniser les sédiments (Williams et Hynes 1974). Certains invertébrés benthiques accomplissent une partie de leur cycle vital dans les sédiments profonds (Williams 1984).

Les études réalisées sur la dimension verticale ont considérablement évolué durant les 17 dernières années (Gibert et al. 1997), et Plusieurs recherches ont été concentrées sur la distribution verticale des invertébrés (Bretschko 1981, Pugsly et Hynes 1983, Stanford et Ward 1988, Strommer et Smoch 1989, Essafi 1990, Dole-Olivier et Marmonier 1992, Essafi et al. 1992 et Minshall 1984) et sur l'importance de la zone hyporhéique comme un refuge, (Dole et Chessel 1986, Marmonier et Dole 1986, Griffith et Perry 1993).

La densité et la richesse en invertébrés diminuent avec la profondeur (Pugsley et Hynes 1983, Maridet et al. 1996, Storey et Williams 2004). Bien que habituellement les intervalles de 10 –20 centimètres aient eu des valeurs plus élevées que la couche de surface à 10 centimètres, l'abondance et la diversité des invertébrés peuvent différer entre les communautés sur et dans les sédiments (Godbout et Hynes 1982, Strommer et Smock 1989, Schmid-Araya 1995). La porosité des sédiments est aussi un facteur très important dans la détermination de la distribution verticale des hyporhéos (Maridet et al. 1992).

En outre, le milieu interstitiel peut être considéré comme refuge, suggérant que les macro-invertébrés émigrent dans la zone hyporhéique pour survivre pendant les événements hydrologiques catastrophiques (Dole-Olivier et al. 1997)

Scarsbrook (1995) a rapporté trois modèles différents de la distribution verticale des macro-invertébrés dans le substrat: 1) des organismes avec un modèle où l'abondance est réduite avec la profondeur, 2) des organismes avec une distribution uniforme et 3) des organismes dont la densité augmente avec la profondeur.

En Afrique du Nord le sous écoulement a été étudié au Maroc par Yakoubi (1987,1990)

A l'ouest d'Algérie des études ont été réalisées sur la faune hyporhéique (Gagneur et Chaoui boudghène 1991, Belaidi et al. 2004, Benhadji 2013) et sur le fonctionnement de la zone hyporhéique (Taleb et al. 2008)

L'objectif de cette étude est de décrire la distribution verticale et longitudinale de la faune aquatique, dans la station amont d'oued chouly. Pour cela nous avons effectué des prélèvements au niveau de trois couches verticales du cours d'eau; le milieu superficiel, et deux profondeurs à 30 et à 60cm du lit de l'oued, dans deux séquences géomorphologiques différentes, seuil et mouille.

# **Chapitre I :Synthèse bibliographique**

## **I. la zone hyporhéique et son interaction avec le milieu superficiel :**

Les cours d'eau ne sont pas limités aux seules eaux superficielles, il existe à l'intérieur des sédiments de la plupart des rivières des interstices où peuvent circuler eau, nutriments sous forme dissoute, particules de matière organique et faune de petite taille. Ainsi, il se développe en association intime avec le système de surface un habitat original, le milieu interstitiel.

La zone hyporhéique fut identifiée comme une zone à part entière par Orghidan 1959 qui définit le terme de biotope Hyporhéique. Schwoerbel (1964) fut ensuite le premier à la décrire comme une zone frontière entre un écosystème aérien et souterrain. La zone hyporhéique (d'un point de vue étymologique) désigne la zone saturée de sédiments constituant le lit des cours d'eau dans laquelle l'eau de surface venant du cours d'eau s'infiltré et se mélange à l'eau interstitielle des sédiments.

A l'origine, le terme de zone hyporhéique a été utilisé dans l'étude des organismes vivants dans les sédiments macroporeux situés dans le milieu interstitiel (Angelier 1962). les travaux sur cette zone ont ensuite montré qu'elle pouvait jouer un rôle important sur la dynamique des substances nutritives circulant dans le cours d'eau et que les interactions avec l'aquifère au sein des sédiments pouvaient influencer son extension et son fonctionnement (Boulton et al.1998, Jones et Mulholland 2000, Hinkle et al. 2001).

Par extension, le terme de zone hyporhéique désigne généralement la zone de sédiments saturés qui se situe sous le chenal actif, la zone parafluviale et la zone riveraine, dans laquelle l'eau du cours d'eau et l'eau souterraine de l'aquifère se mélange activement (Bencala 1993, Boulton et al. 1998, Dent et al .2000).

## **II. Nature des échanges entre le milieu superficiel et la zone hyporhéique :**

L'eau étant le principal vecteur d'échanges au niveau de la zone hyporhéique, les interactions ont d'abord été largement documentées du point de vue hydrologique (Brunke et Gonser 1997).

Au fil des études, les chercheurs se sont ensuite focalisés sur les éléments échangés (Peyrard 2008).

Les sels nutritifs en solution : les flux hydriques de surface et souterrains véhiculent des sels dissous dont certains, comme les nutriments peuvent modifier considérablement le fonctionnement des unités de l'hydrosystème qui le reçoivent. Nitrate, ammonium et phosphates ont été les plus étudiés car ils sont en cause dans les phénomènes d'eutrophisation. Ces éléments nutritifs peuvent être successivement assimilés, stockés et relargués vers l'aval.

La matière organique constitue une source de matière et d'énergie qui sert de base au fonctionnement des écosystèmes.

Les organismes vivants et leurs déplacements dans la zone hyporhéique ainsi que leur activité métabolique peuvent entraîner des transferts de matière et d'énergie (en particulier les invertébrés benthiques).

### **III. Les invertébrés de la zone hyporhéique :**

Les interstices du lit des cours d'eau, à la fois en tant que nurserie et refuge, sont propices au développement et au maintien d'une communauté d'invertébrés benthiques souvent très abondante (Boulton et al.1998). La densité d'organismes dans la zone hyporhéique diminue généralement avec la profondeur (Maridet et al. 1992). La comparaison des densités observées en surface avec l'abondance cumulée sur toute l'épaisseur de sédiments colonisés par la faune interstitielle, souligne la forte capacité biogénique de cette zone (Hynes 1983). Les facteurs qui régissent cette colonisation sont essentiellement d'ordre granulométrique et hydrologique.

L'abondance d'organismes de surface dans la zone hyporhéique est maximale dans les zones d'infiltration d'eau de surface, surtout au moment des crues dans des cours d'eau présentant une bonne perméabilité des sédiments (3 000 individus/10 litres à 1 mètre de profondeur dans le Rhône ; Dole-Olivier et Marmonier 1992, Dole-Olivier et al. 1997). Dans les systèmes dont les conditions environnementales s'avèrent naturellement sévères, comme les rivières glaciaires, l'abondance et la diversité des espèces benthiques sont souvent les plus fortes (Malard et al. 2001).

En raison de sa position lisière entre les eaux de surface et les eaux souterraines, la zone hyporhéique est caractérisée par le mélange hétérogène d'un grand nombre d'espèces, écologiquement très diverses. Elle abrite, outre ses espèces propres, une grande diversité de formes provenant des eaux de surface mais aussi d'espèces adaptées aux eaux souterraines.

Une classification basée sur le cycle de vie des organismes et leur degré d'adaptation aux eaux souterraines (Gibert et al. 1994) permet de décrire ce mélange, dont l'interprétation constitue alors une aide à la compréhension du fonctionnement écologique de cette zone et de ses échanges avec le cours d'eau de surface (Claret et al. 1999).

Comme pour l'abondance, la biodiversité dans la zone hyporhéique dépend majoritairement du sens des échanges qui s'établit entre les eaux de surface et les eaux souterraines. C'est plus fréquemment dans les zones d'infiltration des eaux de surface que l'on observe les plus fortes richesses spécifiques, car toutes les espèces de surface sont susceptibles de s'y retrouver, au moins temporairement (soit au total plus de trois cents espèces sur le Rhône ; Malard et al. 2002).

De nombreux travaux ont décrit et synthétisé les relations complexes qui existent entre la structure des communautés hyporhéiques, leur biodiversité, et les échanges hydriques qui s'établissent à travers cette zone à plusieurs échelles (Creuzé des Châtelliers 1991, Dole-Olivier et al. 1993, Stanley et Bouton 1993, Ward et al. 1998, Malard et al. 2002, Datry et al. 2007).

#### **IV. Les facteurs qui contrôlent la distribution de la faune hyporhéique**

Le fond du lit des cours d'eau est caractérisé par des gradients longitudinaux, latéraux et verticaux qui affectent sa composition minérale et organique, sa structure et ses propriétés physicochimiques (Brunke et Gonser 1997, Brunk et al. 1998, Ward et al. 1998).

##### **1. Les sédiments**

Parmi les facteurs qui contrôlent la distribution des invertébrés dans l'habitat interstitiel, la porosité efficace des sédiments, c'est à dire le volume d'interstices potentiellement colonisable par les invertébrés (Maridet et al. 1992, Maridet et al. 1996). En effet, la distribution verticale des invertébrés covarie de manière étroite avec l'évolution verticale de la porosité (Maridet et philippe 1995).

La granulométrie et la taille des interstices diminuent avec la profondeur dans les sédiments du lit. De la même manière, la taille, l'abondance et la nature des ressources trophiques constituées par la matière organique évoluent également avec la profondeur (Leichtfreid 1985, Rulik 1994, Lenting et al. 1997).

Le colmatage réduit les échanges d'eau, d'oxygène, de nutriments, et d'organismes entre le cours d'eau de surface et le milieu souterrain (Wood et Armitage 1997)

## **2. Conditions hydrologiques**

En plus d'être variable dans l'espace, l'occupation des sédiments par les invertébrés varie dans le temps sous l'influence des conditions hydrologiques (Dole-Oliver et Marmonier 1992b). En effet, les crues qui mobilisent le lit, font partie des événements les plus perturbateurs pour le peuplement d'invertébrés (Resh et al. 1988, Townsend 1989).

Les processus hydrologiques contrôlent aussi la structure des communautés hyporhéiques (Dole-Oliver et Marmonier 1992, Brunke et Gonser 1999). Les échanges hydrologiques peuvent influencer les communautés des invertébrés et la diversité spécifique directement, en changeant le gradient hydraulique dans la zone hyporhéique, mais également indirectement en changeant l'environnement physico-chimique (Boulton et al, 1998).

De nombreux travaux ont décrit et synthétisé les relations complexes qui existent entre la structure des communautés hyporhéiques, leur biodiversité, et les échanges hydriques qui s'établissent à travers cette zone à plusieurs échelles (Creuzé des Châtelliers 1991, Dole-Olivier et al. 1993, Stanley et Boulton 1993, Ward et al. 1998, Malard et al. 2002, Datry et al. 2007).

## **3. Morphologie des invertébrés :**

Des critères morphologiques tels que la taille, la forme et la flexibilité du corps pouvaient influencer la distribution des invertébrés (Williams et Hynes 1970).

## **4. Perturbations environnementales**

L'hyporhéos constitue un habitat permanent pour les organismes interstitiels (Gibery et al. 1977, Marmonier et Dole 1986, Ward et al. 1998) mais également un habitat temporaire (Miliams 1984), et une zone refuge durant les crues (Dole-Oliver et al. 1997) et les étiages sévères (Boulton et Lake 1992)

## **5. La profondeur**

La structure verticale de l'assemblage interstitiel est caractérisée par un gradient écologique qui est un changement successif dans la composition de la faune du fond vers la subsurface des sédiments (Dole 1983, Dole et Chessel 1986, Danielopol 1980, Danielopol 1984, Danielopol 1989, Marmonier et Dole 1986).

## **6. Facteurs Physicochimiques**

La température peut être un facteur critique, en déterminant le fonctionnement d'un écosystème et la structure des communautés des cours d'eau. Les changements de la température des cours d'eau sont liés aux interactions de l'interface eau souterraine /eau de surface (Hendricks et White 1991, 1993).

Les interactions physiques, chimiques et biologiques entre l'eau de surface et l'eau souterraine ont des influences majeures sur le fonctionnement d'un système aquatique (Grimm et al. 1981, Triska et al. 1989, Valett et al. 1990, Boulton 1993, Stanford et Ward 1993).

Strayer et al. (1997) et Franken et al. (2001) ont conclu que les conditions physico-chimiques (oxygène dissous, la température, et état des nitrates) déterminent aussi la distribution spatiale des hyporhéos.

## **7. habitat et nourriture**

La distribution verticale des invertébrés épigés est fortement liée à la disponibilité de l'habitat interstitiel (Maridet et al 1992, Maridet et Philippe 1993, maridet et al. 1996).

La réduction de l'espace interstitiel disponible pour les invertébrés limite fortement les fonctions de nurserie et de refuge offertes normalement par le substrat (Brunke et Gonser 1997). Brunke et Gonser 1999) suggérèrent que leur distribution est fortement influencée par la distribution des ressources trophiques.

## **8. Le cycle de vie**

Certains invertébrés benthiques accomplissent une partie de leur cycle vital dans les sédiments profonds (Williams 1984). L'importance de ces habitats apparaît également lorsqu'on prend en compte la zone hyporhéique du cours d'eau, où certains taxons benthiques réalisent une partie (larves d'insectes du genre *Caenis* sp, par exemple) ou la totalité de leur cycle (e.g. certaines populations de microcrustacés) et sont associés à des taxons souterrains qui participent à la richesse du système (Marmonier et al. 1993, Claret et al. 1999).

## **9. Le mélange upwelling-downwelling :**

Les organismes épigés colonisent des profondeurs plus grandes dans les zones d'infiltration. En revanche les organismes hypogés peuvent vivre très près de la surface dans les zones d'exfiltration (Gonsser 2001).

D'après Dole Oliver et Marmonier (1992a), La distribution de la faune est régie par cette dynamique ; les espèces hypogées prédominent dans les zones d'upwelling quand les espèces épigées apparaissent dans les zones downwelling.

## **10. D'autres facteurs :**

Enfin a large échelle la géologie, le climat, l'occupation du sol et des facteurs locaux (au sens de Frissell et al 1986), affectent fortement la distribution des invertébrés épigés et hypogés ce qui conduit à un assemblage d'espèces complexe (Brunke et Gonser 1997, Strayer et al. 1997).

## **V.La distribution verticale de la faune aquatique :**

Les mouvements verticaux actifs des organismes à l'intérieur des sédiments peuvent être le résultat de réponses adaptatives à des variations de caractéristiques hydrologiques (crue, étiage) mais également une réponse à des changements de milieu au cours de leur cycle de développement (poole et Stewart 1976).

Selon l'étude réalisée par Gayraud 2001, la distribution verticale a été évaluée par carottage cryogénique, les carottes de sédiments ont été découpées en Cinq strates (0-8 cm, 8-15, 15-30, 30-45, 45-60) et la densité en invertébrés dérivant de la zone d'étude a été exprimée en nombre d'individus dérivant par minute et par m<sup>2</sup>. Cette étude montre que les sédiments fins ont un rôle important puisqu'ils contrôlent partiellement la porosité des sédiments. Cette dernière influence la distribution des invertébrés en fonction de critères morphologiques. Par conséquent, au sein des strates, la densité, la richesse totale et la richesse des espèces à petite taille augmentent avec une porosité efficace.

D'autres études quantitatives de la distribution verticale des invertébrés, des facteurs trophiques et des paramètres de l'habitat (granulométrie, porosité) par carottage cryogénique, confirment que la distribution verticale des invertébrés épigés est fortement liée à la disponibilité de l'habitat interstitiel (Maridet et al. 1992, Maridet et al. 1993, Maridet et al 1996). Dans tous les sites, une porosité de 4 à 5% semble être la valeur limite en dessous de laquelle la colonisation du milieu

interstitiel est rendu impossible. En revanche, la distribution des organismes hypogés ne semble pas répondre à des règles particulières. On les rencontre à toutes les profondeurs (Danielopol 1989).

Au printemps, sur le Vianon, alors que l'on devrait observer une augmentation du nombre de macroinvertébrés dans la couche de surface (0-10cm) préparant l'émergence d'été, l'abondance et la diversité de la faune augmentent notablement entre 15 et 30 cm de profondeur (Maridet et al. 1996).

Les travaux de Claret et al. 2007 ont décrit les différences des abondances et de la richesse taxonomique entre les deux profondeurs 20cm et 50 cm, et ont conclu que le peuplement à -20cm (39 taxons) est plus riche qu'à -50cm (25taxons)

D'autres auteurs ont rapporté l'existence d'un nombre substantiels d'invertébrés aux profondeurs de 50 –80 centimètres dans des lits des cours d'eau en Amérique du Nord (Coleman et Hynes 1970, Williams et Hynes 1974, Fraser et Williams 1997). Cependant, Scarsbrook (1995) et Huryn (1996) ont constaté que les invertébrés peuvent se trouver à au moins 40 centimètres au-dessous de la surface dans quelques cours d'eau du sud de prairie d'île de nouvelle Zélande.

Jeffrey et al. (2005), concluent que la Densité des invertébrés diminue avec l'augmentation de la profondeur dans tous les sites d'étude pendant les deux saisons. Pour 62% des échantillons, la densité est plus élevée dans les sédiments extérieurs (0 –10 centimètres).

La distribution verticale des organismes dans le substrat diffère entre les sites d'étude des cours d'eau. Dans le Galaure et le Loire, la plupart des invertébrés sont trouvés dans les 15 premiers centimètres des sédiments. Ces résultats sont en accord avec d'autres études dans des cours d'eau des pays bas avec un lit de gravier (Boisson 1984) ou le substrat est sablonneux (Strommer et Smock 1989). Réciproquement, dans le Drac (France), la faune est abondante jusqu'à 45 centimètres, et plus de 60% de tous les organismes sont trouvés à une profondeur supérieure à 15 centimètres.

# **Chapitre II :Description du milieu physique**

## **I. Description du bassin versant de la Tafna:**

Le bassin versant de la Tafna, situé au nord-ouest Algérien, occupe une superficie d'environ 7245Km<sup>2</sup>, dont presque le tiers se trouve en territoire marocain. Il est limité au nord par les monts des Traras, au sud par les monts de Tlemcen, à l'ouest par les monts de Beni Snassen (maroc) et à l'est par le Djebel des Sbaa-chioukh.

L'oued Tafna est le principal cours d'eau du bassin versant, dont la longueur est de 177km. Il prend sa source dans les monts de Tlemcen à une altitude de 1100 m au niveau de la grotte de GharBoumaaza. Il coule dans une vallée encaissée jusqu'au bordj de Sidi medjahed .L'oued traverse ensuite la plaine de Maghnia, puis celle de Remchi et atteint la méditerranée au niveau de la plage de Rechgoun. Les principaux affluents de l'Oued Tafna sont :

**Rive gauche :** l'Oued mouillah son principal affluent, présente une superficie du sous bassin versant 2650 km, est située au territoire marocain, et rejoint la Tafna au niveau du barrage de Hammam Bouhrara à 150m d'altitude dans les plaines de Maghnia. Son débit moyen annuel est de 2.05m<sup>3</sup>/s (ANRH).

**Rive droite:** l'oued Isser avec une superficie de sous bassin de 1860 Km<sup>2</sup>, prend naissance au niveau d'Ain-Isser à 900 m d'altitude avec une pente de 6.9%. Sa confluence avec l'oued Tafna a lieu dans la plaine de Remchi à 80m d'altitude. Il coule dans une vallée alluviale peu encaissée.

L'oued chouly avec une superficie de sous-bassin de 178 km<sup>2</sup>, est un affluent rive gauche de l'oued Isser. Il prend sa source dans les monts de Tlemcen à environ 900m d'altitude. Il draine le versant Nord-Est des monts de Tlemcen, se jette plus bas dans l'oued Isser. C'est un cours d'eau à régime permanent qui doit sa pérennité aux nombreuses sources qui l'alimentent ; Aïn tot E-Hammam, Ain Ouissert et Ain Beni Hella.

L'oued sikkak prend sa source à 1190m d'altitude dans les monts de Tlemcen et draine un sous -bassin de 442Km<sup>2</sup> de superficie. Il est d'orientation générale N-Se t arrive au niveau du plateau de Terny où il est recueilli par le barrage d'El Meffrouch, il se reforme à partir des cascades d'El Ourit situé à 800m d'altitude et prend jusqu'à l'aval du village Safsaf.

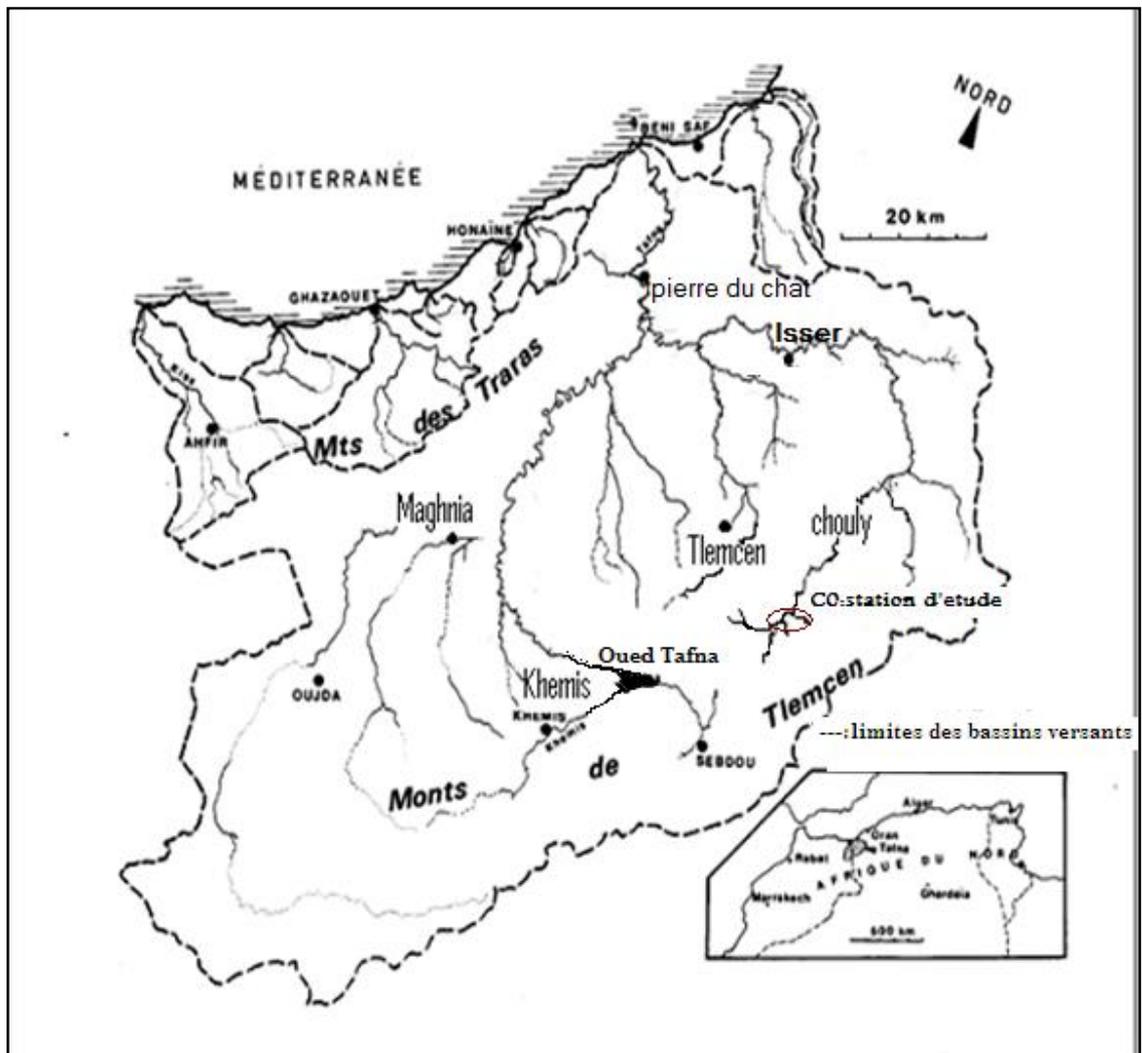


Figure 1 : Réseau hydrographique du bassin versant de la Tafna (Gagneur et Thomas 1988).

## **II. géologie du bassin versant de l'Oued Chouly :**

### **II.1- Secondaire**

#### **A- Jurassique**

**A.1- Marnes et calcaires du Kimméridgien moyen :** constituent la partie Nord de l'Oued Lakhdar. Ce sont des marnes grises, blanchâtres en surfaces intercalées de nombreux lits et bancs de calcaire généralement marneux, parfois durs et sublithographiques.

**A.2- Dolomies et calcaires du Kimméridgien supérieur :** C'est la formation dominante, ce sont des calcaires gris en bancs cristallins à la base, surmontés de dolomies d'escarpement. Elle constitue donc avec les dolomies de Terny parfois mises en communication par faille, l'aquifère le plus important du secteur étudié.

**B- Crétacé :** Représenté au Sud de l'agglomération de l'Oued Lakhdar par des argiles, de grés et de calcaires.

### **2.2- Tertiaire**

**A- Pliocène continental** affleurant au Nord de l'Oued Lakhdar, ce sont des dépôts alluvionnaires des plateaux Caillouteux et limoneux parfois grés sableux.

### **2-3- Quaternaire**

Représenté par un faciès continental d'origine alluvial et colluvial.

**A- les Alluvions récentes et sub-actuelles** sont des dépôts caillouteux et limoneux occupant les fonds des oueds, surmontant un niveau grossier au niveau de l'Oued Lakhdar et Oued Isser. Les formations subactuelles se présentent en terrasse d'origine fluvio-continentales (Benest 1985).

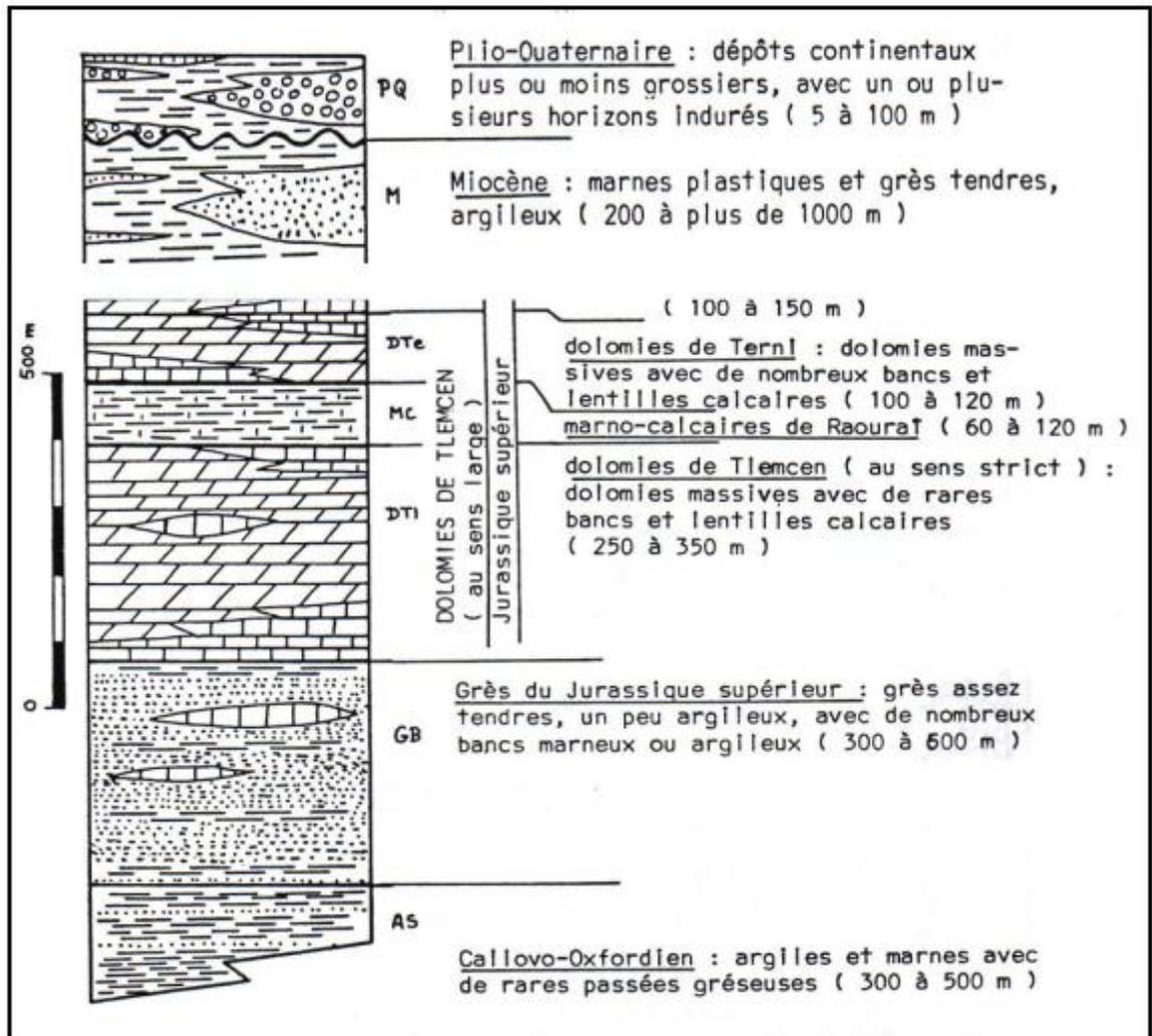


Figure 2 : Coupe synthétique des principales formations affleurant dans les monts de Tlemcen (jusqu'au callovo-oxfordien) (Collignon 1986).

### **III-Le profil en longueur**

La longueur de l'oued est de 30 Km. Le profil en long montre dans sa partie avale, avant de se jeter dans l'oued Isser, une pente relativement régulière moyenne de 1.3%.

Il faut noter l'existence de deux ruptures de pente, l'une au niveau du pont de la RN 7 à 1.6%, l'autre au niveau de Sidi Moffok avant la confluence avec l'oued Isser à 1,5%

### **IV-description du site d'étude:**

Le site d'étude retenu, est une zone de source située à proximité de la source d'oued chouly en amont du village de Yebdar, à une altitude de 850m, à une latitude de 34°49'15'' et une longitude de 1°18'30''.

Le site station se caractérise par un écoulement permanent et un débit variable dépendant des saisons (hautes eaux et étiage). Le fond du lit est dominé par des blocs et des cailloux recouverts de bryophytes, (Fontinalis antipyretica), de menthe (Mentha rotundifolia) et d'arche aquatique (Apium graveolens). De nombreux arbres et arbustes existent sur les rives du cours d'eau ; des peupliers et lauriers roses (Neurium oleander) (zettam 2010). Frêne Fraxinus axelisia ; figuer ficus carica (Benhadji 2013).

**-Description des deux stations A et B**

<b>Station</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Largeur du lit</b>	0.55m à 1.50m	3.5 à 5.5m
<b>Profondeur de l'eau</b>	10 à 25cm	20 à 60cm
<b>Granulométrie</b>	70% de fraction grossière (SG et SF) et 30% de fraction fine (L et A)	75% de fraction grossière (SG et SF) et 25% de fraction fine (L et A)
<b>végétation</b>	peu dense	Dense
<b>La couleur de l'eau</b>	Claire	peu trouble (pompage mécanique de l'eau)
<b>Substrat</b>	Caillouteux et sablonneux	Galets, sédiments
<b>Lumière</b>	Eclairé	Ombragé
<b>Action de l'homme</b>	Passage des troupeaux (bovins et ovins)	Pompage de l'eau (Irrigation)

**Tableau 1 : les caractéristiques des deux stations A et B**

## **Chapitre III :Synthèse bioclimatique**

## **Introduction**

Le climat méditerranéen est un climat qui tend vers une aridité de plus en plus accentuée, il se caractérise non seulement par son régime pluviométrique mais aussi par les fortes températures estivales entraînant une intense évapotranspiration.

I-méthodologie :

Le but de cette analyse bioclimatique c'est de suivre l'évolution du climat de la région d'étude en comparant 2 périodes climatiques. Pour la nouvelle période, nous avons utilisé les résultats fournis par l'ANRH ; et l'ancienne période nous avons pris les résultats dans le document de Seltzer (1913-1938).

<b>Stations</b>	<b>latitude</b>	<b>Altitudes</b>	<b>Longitudes</b>	<b>Orientation</b>
<b>Ouled Mimoun</b>	<b>34°50'15N</b>	<b>700m</b>	<b>1°03''</b>	<b>N_W</b>

**Tableau2 : Données géographiques de la station d'étude.**

## I. facteurs climatiques :

Pour mieux appréhender le bioclimat de la zone d'étude, deux paramètres essentiels sont pris en considération à savoir les précipitations et la température.

### a) précipitations moyennes mensuelles:

Le climat de la région de Tlemcen présente en général des irrégularités.

Les précipitations diffèrent d'année en année. Les paramètres climatiques permettent de définir des climats régionaux, locaux et des microclimats. Ces paramètres sont décisifs pour la survie et le développement de certains taxons.

Les paramètres du climat sont généralement représentés par des moyennes. Celles-ci n'ont pas une grande signification écologique mais elles servent à exprimer la relativité qui existe entre une région et une autre.

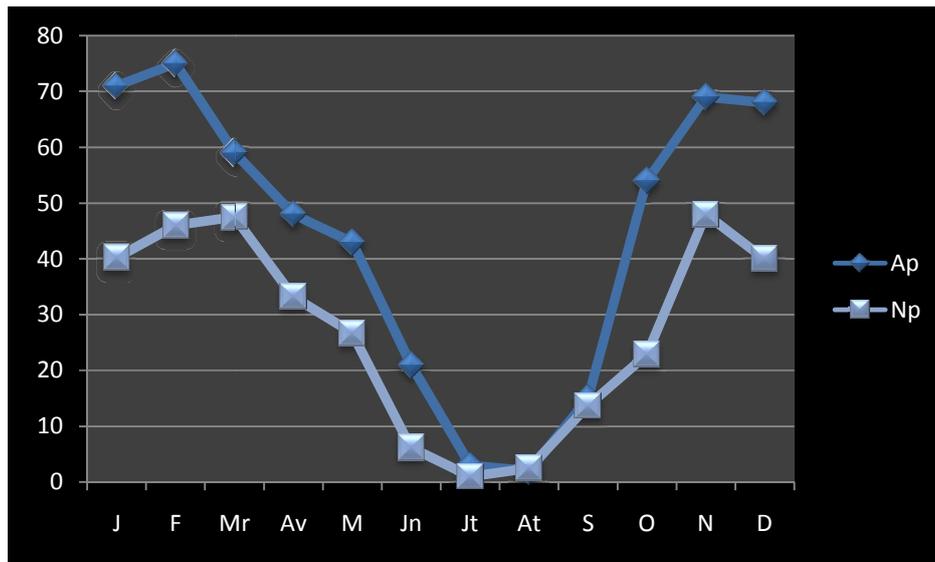
#### Régimes mensuels

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées au niveau de la station et pour tous les mois de l'année.

Périodes	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	P. Ann (mm)
Ap(mm) (1913_1938)	71	75	59	48	43	21	3	2	15	54	69	68	528
Np (mm) (1981–2011)	40,2	46	47.5	33.2	26.7	6.2	1	2.5	13.7	22.9	48.1	40	328

**Tableau3 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles durant les deux périodes:**

la moyenne mensuelle des précipitations qui arrosent cette station au cours de l'**ancienne période** (tableau 3) varie entre un minimum de 2 mm au mois d'Août , et un maximum de 75mm durant le mois de Mars, alors que pendant la Nouvelle période, elle varie entre 1 mm et 47.5 mm



**Figure 3 : Variations mensuelles des précipitations**

**b) Les températures moyennes mensuelles:**

Les moyennes mensuelles ou trimestrielles sont fréquemment utilisées par les climatologues et fournissent des résultats plus significatifs.

périodes	Jv	F	Ms	AV	M	Jn	Jt	AT	S	O	N	D	T moy
Ancienne période (mm)  (1913– 1938)	9	10 .2	12. 2	14. 6	18. 1	21. 7	25. 9	26. 4	22. 9	18. 1	12. 9	9.8	16.8 1
Nouvelle période (mm)  (1981- 2011)	9.8	10 .5	13. 4	13. 5	19. 1	22. 4	25. 7	25. 8	22. 1	19. 1	15. 1	10. 1	17.2 1

**Tableau 4: Les températures moyennes mensuelles**

Les températures moyennes mensuelles pour la station d'étude sont comprises entre 9.8°C au mois de Janvier et 25.8 °C au mois d'Août pour la nouvelle période (1981-2011) avec une moyenne annuelle de 17.21°C.

Pour l'ancienne période les températures moyennes mensuelles sont comprises entre 9°C au mois de Janvier et 26.4°C au mois d'Août avec une moyenne annuelle de 16.81°C.

Le mois le plus chaud pour la station d'étude est le mois d'Août et le mois le plus froid est le mois de janvier quelque soit la période

A partir de ces données, nous observons une légère élévation de la température moyenne annuelle de l'ancienne période (16.81°C) vers la nouvelle période (17.21°C) d'environ 0.4°C en moyenne.

Période	Tmoy annuelle (°C)	M °C	m °C	Amplitudes thermique M-m
Ancienne période (1913–1938)	16.81	32.8	5.2	27.6
Nouvelle période (1981-2011)	17.21	34.2	3.9	30.3

**Tableau5 : Variations mensuelles des températures durant les deux périodes**

## II. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

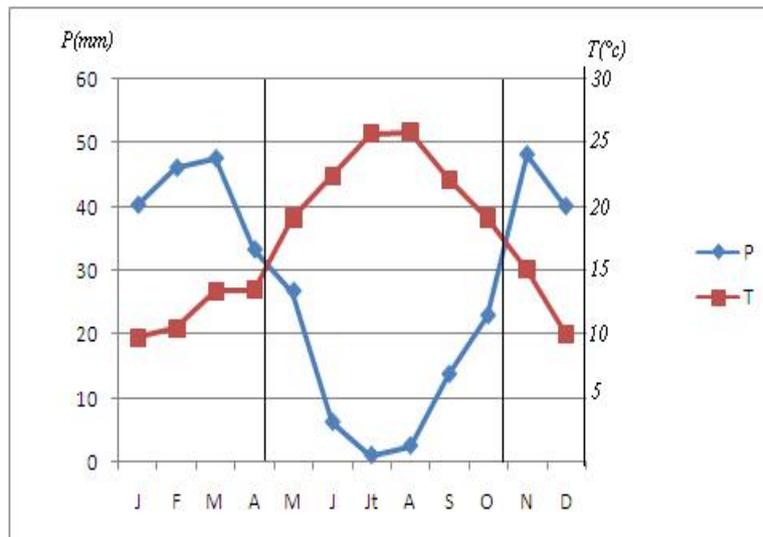
Selon **Bagnouls** et **Gaussen**, un mois est sec lorsque la moyenne des pluies est inférieure ou égale au double de la température moyenne du mois «  $P \leq 2T$  ». Cette méthode permet de déterminer les mois secs de l'année ainsi que la durée de la période sèche.

Selon l'échelle **P=2T**, les courbes ombrothermiques déterminent deux périodes, l'une humide et l'autre sèche.

Les mois de Juin jusqu'à septembre (4 mois) demeurent les mois les plus secs pour l'ancienne période. Ainsi, nous constatons que la période sèche actuelle est plus longue que l'ancienne période.



**Figure 4: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson durant l'ancienne période.**



**Figure 5: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson durant la nouvelle période.**

### III. Indice d'aridité de De Martonne

L'indice d'aridité est une valeur numérique censée représenter le degré de sécheresse du climat à un endroit donné, plusieurs méthodes de calcul ont été proposées. Les gradients de ces indices peuvent également servir à délimiter des zones en fonction de leur pluviométrie.

L'indice d'aridité de **De Martonne**, est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles :

$$\text{Indice d'aridité (I)} = \frac{P}{T + 10}$$

Où P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) et T : Température moyenne annuelle (°C)

Suivant les valeurs de **I, De Martonne** a établi la classification suivante :

- $I < 5$  climat hyperaride
- $5 < I < 7,5$  climat désertique
- $7,5 < I < 10$  climat steppique
- $10 < I < 20$  climat semi-aride
- $20 < I < 30$  climat tempéré

En comparant les valeurs de l'indice de De Martonne pour les deux périodes, on remarque qu'il y a une baisse chronologique d'où une aridité croissante :

Stations	Période	Précipitations annuelle (mm)	Tmoy annuelle (°C)	Indice de DE Martonne
Ouled Mimoun	1913-1938	528	16.81	19.69
	1984-2011	328	17.21	12.05

**Tableau 6 : Indice de De Martonne durant les deux périodes**

L'indice d'aridité d'Ouled Mimoun est de 19.69 durant l'ancienne période caractérisant un climat tempéré. Pour la nouvelle période, l'indice de De Martonne passe à 12.05 Ce qui montre l'appartenance de cette station à un régime semi-aride à écoulement temporaire.



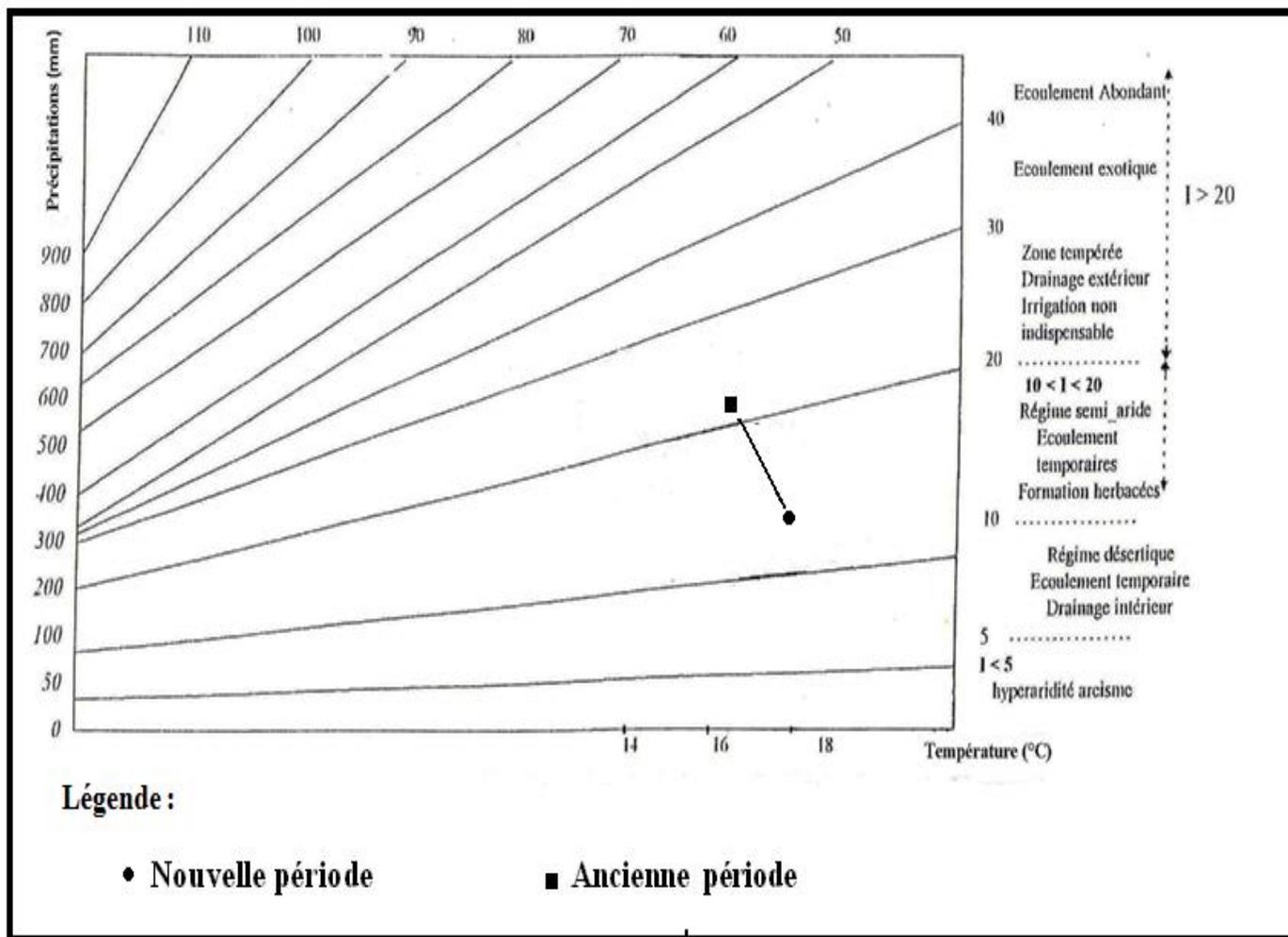


Figure 6. : Indice d'aridité de De Martonne.

#### IV. Quotient Pluviothermique d'Emberger

**Emberger** s'est intéressé aux extrêmes thermiques M et m entre lesquelles se déroule la période végétative et qui peuvent constituer des seuils écologiques pour les différentes espèces végétales

Le Quotient Pluviothermique d'Emberger ( $Q_2$ ) correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations (P en mm) et, pour les températures, d'une part de la « moyenne des minimums du mois le plus froid » (m), d'autre part de la "moyenne des maximums du mois le plus chaud" (M). Il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Où :

- ◆ P : précipitation moyenne annuelle (mm)
- ◆ M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (T+273°k)
- ◆ m : moyenne des minima du mois le plus froid (T+273°k)

On distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide. **Emberger** a borné chacun des étages bioclimatiques en sous-étages selon la valeur de « m ».

Stations	Périodes	°C	$Q_2$	Etage bioclimatique
Ouled Mimoun	191		6	Sub-humide à hiver tempéré
	3-1938	.2	5.51	
	198 0-2011	.9	3 9.83	Semi aride à hiver tempéré

**Tableau 7 : Quotient Pluviothermique d'Emberger des stations.**

L'étude comparative de ces résultats montre qu'il y a une diminution du taux du  $Q_2$  durant la période récente par rapport à l'ancienne

Les valeurs du  $Q_2$  de la région d'Ouled Mimoun est de 65.55 durant l'ancienne période et 39.83 pour la nouvelle période.

Le climagramme d'Emberger montre un redressement d'un sous étage ,Sub-humide à hiver tempéré vers le semi-aride à hiver tempéré.

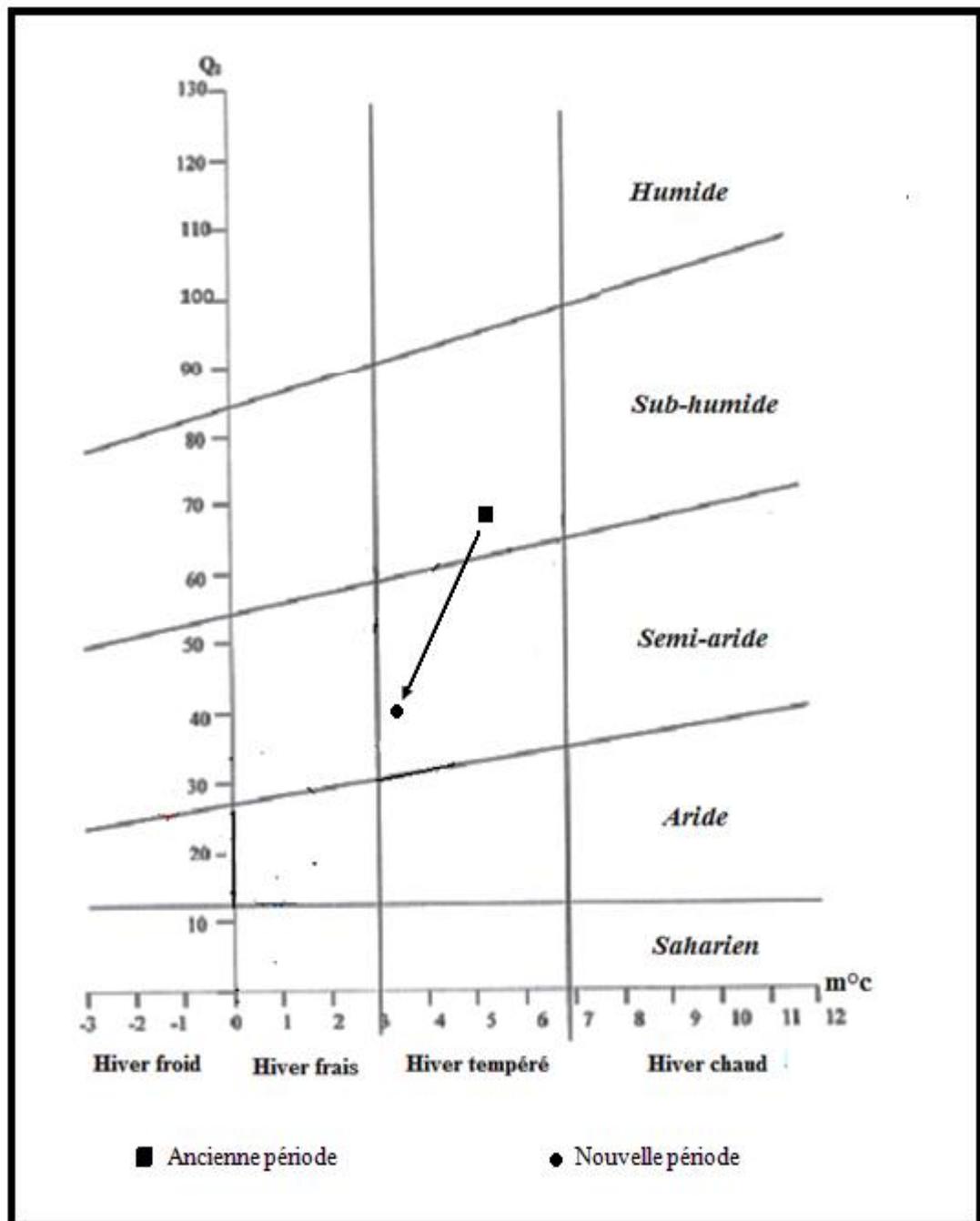


Figure 7: Climagramme du Quotient Pluviothermique d'Emberger ( $Q_2$ ).

## **Conclusion**

\*Le climagramme d'Emberger montre un redressement d'un sous étage, Sub-humide à hiver tempéré vers le semi-aride à hiver tempéré.

\*Selon l'indice d'aridité de la région d'Ouled Mimoun durant l'ancienne période on distingue un climat tempéré. Pour la nouvelle période il montre l'appartenance de cette région à un régime semi-aride à écoulement temporaire.

\*nous constatons que la période sèche actuelle est plus longue que l'ancienne, on remarque que la période de sécheresse s'étale de la mi-mai jusqu'à la fin d'octobre.

Donc la région d'étude est située dans l'étage semi Aride à une tendance vers l'aridité

# **Chapitre V :Materiel et methode**

## **Échantillonnage**

Les prélèvements faunistiques ont été effectués au niveau du site d'étude dans les deux milieux superficiel et hyporhèique, mensuellement entre Mai 2011 et Avril 2012 couvrant 2 périodes hydrologiques: hautes eaux et étiage.

### **I. méthode de prélèvement dans le milieu superficiel:**

Les prélèvements de la faune superficielle ont été réalisés avec un filet surber de 300  $\mu\text{m}$  de vide de maille, en considérant la vitesse de l'eau (courant lent, moyen, rapide) et le type de substrat (végétation, cailloux gravier blocs, sédiment fin)

La faune récoltée est fixée dans le formol à 70% et transportée au laboratoire.

### **II. Méthode de prélèvement dans le milieu hyporhèique**

La faune du milieu hyporhèique a été prélevée par la méthode du sondage tubés « Bou- Rouch » (Bou, 1974). L'aspiration se fait avec une pompe composée d'une sonde crépinée (diamètre de 5mm) enfoncée jusqu'à la profondeur désirée d'un système d'aspiration.

#### **II-1. Description de matériel**

##### **► La pompe:**

##### **a. La sonde**

Elle est constituée par un simple tube d'acier comprimé (=tube mécanique) d'un diamètre extérieure de 39mm terminé par une pointe pyramidale en acier forgé.

L'ensemble atteint une longueur de 1,6m, la profondeur de 0,60 à 0,80 étant en général optimum pour les prélèvements classiques (Bou, 1974).

La sonde est enfoncée par percussion à l'aide d'une masse.

##### **b. la pompe**

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

► une Masse pour enfoncer la sonde dans les sédiments.

► un seau d'une capacité de 10 L

► Un filet de 150  $\mu\text{m}$  de vide de maille

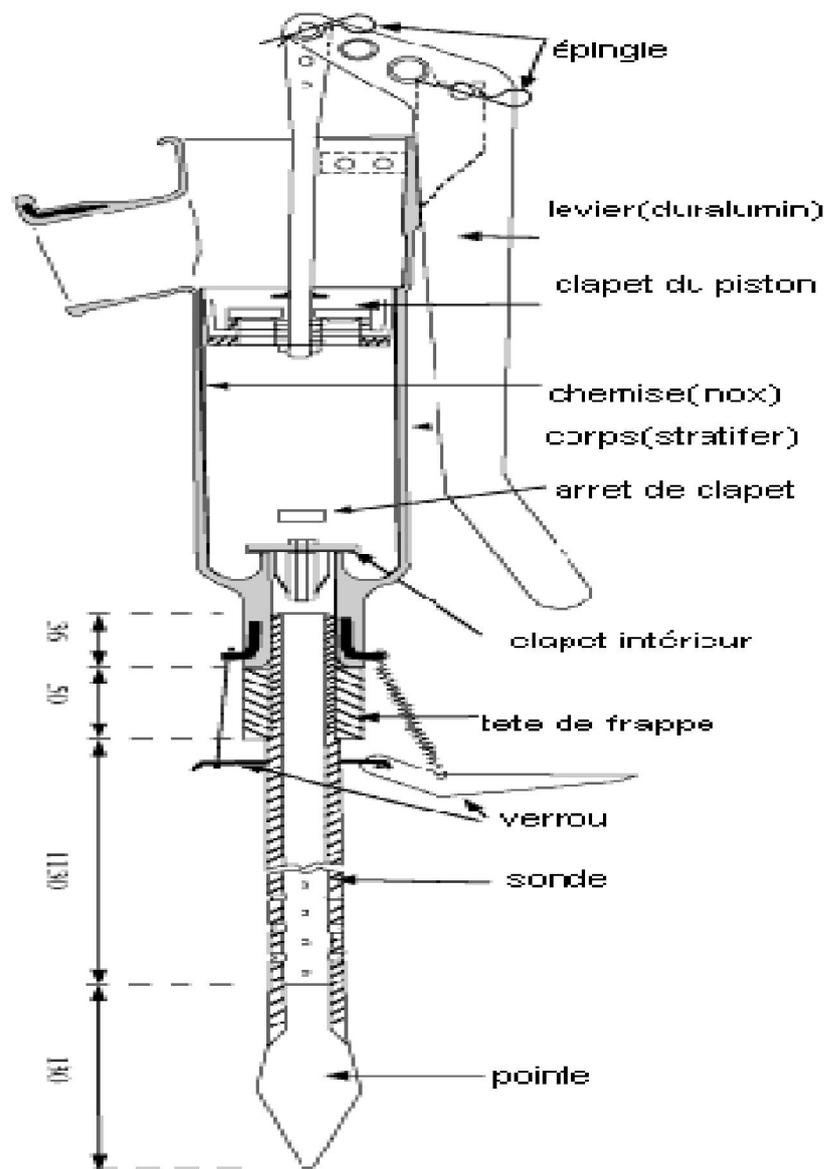


Figure 8: Schéma de la pompe Bou-Rouch (PASCALIS, 2006)

## **II-2. Protocole de prélèvement**

La faune hyporhéique est prélevée dans 4 piézomètres retenus le long d'un site long de 500m. Ce dernier est divisé en 2 stations, de l'amont vers l'aval, la station A (seuil amont du site), station B (mouille aval du site). On enfonce la sonde jusqu'à 30 cm de profondeur et pomper l'eau (10L), ensuite On enfonce dans le même point à 60cm

Enfin l'eau prélevée est filtré dans un filet de 150  $\mu$ m de vide de maille, puis conditionné

Dans des pots en plastiques étiquetés où l'on ajoute du formol à 5% afin de conserver l'échantillon.

## **III-le tri et détermination:**

Au laboratoire la faune est triée et déterminée sous la loupe binoculaire à l'aide de clés de détermination Tachet et al. 2000.

## **IV-Analyse physico-chimique:**

Pour les analyses physico-chimiques, les prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de la surface et de la zone hyporhéique.

- **La température :**

La température est mesurée grâce à un thermomètre de mercure. Elle est exprimée en degré celsius(C°).

- **L'oxygène dissous:**

L'oxygène dissous est mesuré grâce à un oxymètre .il est exprimé en mg/l.

- **La conductivité électrique :**

La conductivité électrique est mesurée grâce à un conductimètre .elle est exprimée en Micro-Simens par centimètre ( $\mu$ S/cm).

- **Le potentiel d'hydrogène pH:**

Le potentiel hydrogène est mesuré grâce à un pH mètre.

## **V- Traitements statistiques :**

### **V.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC) :**

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

L'AFC permet d'ordonner les valeurs d'un tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution (Thioulouse et Chassel, 1997).

### **V.2. ANOVA :**

L'ANOVA nous a permis de mettre en évidence des différences statistiques concernant les paramètres analysés et la faune récoltée entre les périodes hydrologiques et les stations des prélèvements.

### **V.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver H' :**

La formule de Shannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (Legendre et Legendre 1979 ; Barbault 1981). Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois de la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression :

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

$n_i$  = le nombre d'individus de l'espèce  $i$ .

$N$  = nombre total d'individus.

## *Conclusion*

Notre étude confirme que le milieu superficiel reste le plus riche d'un point de vue taxonomique par rapport au milieu hyporhéique. Il est dominé par le groupe des insectes Ephéméroptères de la famille baetidae du genre baetis, alors que le milieu hyporhéique est dominé par le groupe des Mollusques de la famille Bythinellidae du genre Bythinella.

On a des taxons qui sont strictement stygobis ; les Syncarides et les Cirolanidae et des taxons qui sont strictement superficiels ex : les Corriidae, Cordulidae et les Caleptorygidae.

En effet, la profondeur joue un rôle très important dans la distribution verticale de la faune aquatique, dont la diminution de ce facteur est associée à l'augmentation de l'abondance de certains taxons et la diminution de l'abondance des autres.

➤ Des taxons qui colonisent les deux milieux (hyporhéique et superficiel) et dont l'abondance est fonction de la profondeur de la zone hyporhéique :

➤ l'abondance est réduite avec la profondeur ; ex : Gammaridae, bithyniidae, Chironomidae, Baetidae.

➤ l'abondance augmente avec la profondeur ex : Bythinellidae, Psychodidae et Lumbriculidae.

L'oxygénation de l'eau c'est un autre facteur responsable de la migration de certains taxons au sein des deux milieux ; le milieu superficiel (plus oxygéné) et le milieu hyporhéique (moins oxygéné) ex ; les Gammaridae.

En ce qui concerne l'effet temporel, les analyses statistiques ANOVA et AFC prouvent qu'on n'a pas une différence entre la distribution de la faune durant les deux périodes (étiage-hautes eaux).

- Angelier, E., 1962. Remarques sur la répartition de la faune dans le milieu interstitielle hyporhéique. *Zoologischer. Anzeiger.* 351- 356
- Barbault, R., 1981: Ecologie des populations et des peuplements. Masson, Paris, 200p
- Belaidi, N., Taleb ,A., Gagneur, J., 2004. Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semi- -arid stream in relation to the management of a polluted reservoir. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology* 40: 237-250.
- Bencala, K.E., 1993. A perspective on stream catchment connections. *Journal of the North American Benthological Society* 12 (1) :44-47.
- Benest, M., 1985. Evolution de la plate forme de l'Ouest algérien et du Nord - Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse, Doctorat, Lab., Géol. Univ, Lyon. Fasc. 1., 367 p., 107 fig.
- Benhadji, N., 2013 : étude de la faune hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen. Mém. Mag. Fac. Sc. Univ. Tlemcen: 42p.
- Berrady, I., Essafi, K., Mathieu, J., 2000. Comparative physico-chemical and faunal studies of two thermal spring brooks near Sidi Harazem (Morocco). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 36: 261-274.
- Boisson, I. C., 1984. Etude de l'hétérogénéité des sédiments de cours d'eau par la technique des substrats artificiels: aspects physicochimiques et biologiques, Doctor Thesis, University Claude Bernard Lyon J, 159 pp.
- Boulton, A.J., Lake, P.S., 1992. The ecology of two intermittent stream in Victoria, Australia: temporal changes in faunal composition. *Freshwat. Biol.*, 27, 123-138.
- Boulton, A. J.; 2000: The functional role of the hyporheos. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und Angewandte Limnologie* 27:51-63.
- Boulton, A. J.; Stanley, E.H., 1995: Hyporheic processes during flooding and drying in a Sonoran Desert stream II. Faunal dynamics. *Archiv für Hydrobiologie* 134: 27-52.
- Boulton, A..J, 1993. Stream ecology and surface-hyporheic hydrologic exchange:

- implications, techniques and limitations. *Australian journal of marine and Freshwater Research*. 44: 553-564
- Boulton, A.J., Valet, H.M., Fisher, S.G., 1992 : Spatial distribution and taxonomic composition of the hyporheos of several Sonoran Desert streams. *Arch. Hydrobiol.* 125 :37-61.
- Boulton, A.-J., Findlay, S., Marmonier, P., Stanley, E.-H., Valett, M.-H., 1998, The functional significance of hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecological Systems*, n° 29, p. 59-81.
- Bretschko, G., 1981 : Vertical distribution of zoobenthos in an Alpine brook of the Ritrodat-Lunz study area.- *Verh. Int. Verein. Limnol.* 21 :873-876.
- Brunk, M., Gonser, T., Grieder, T., 1998 : Environmental gradient patterns in hyporheic interstices : a model based on hydrological exchange processes. Dans Bretschko, G. et Helesic, J. *Advances in River Bottom Ecology*. Leiden, 23-30.
- Brunk, M., Gonser, T., 1999 : hyporheic invertebrates-the clinical nature of interstitial communities structured by hydrological exchanges and environmental gradients.- *Journal of the North American Benthological Society* 18 : 344-362.
- Brunke, M., Gonser, T., 1997, the ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater, *Freshwater Biology*, n° 37, p. 1-33.
- Chafiq, M., Gibert, J., Marmonier, P., Dole-Olivier, M.J. et Juget, J., 1992.- Spring ecotone and gradient study of interstitial fauna along two floodplain tributaries of the river Rhône, France. *Regul. Riv.*, 7, 103- 115.
- Claret, C., Lienhardt, G., Cartier, V., Franquet, E., Miralles, G., 2007, Composition et distribution des assemblages d'invertébrés dans la zone hyporhéique d'une plaine alluviale de la Moyenne-Durance
- Claret, C., Marmonier, P., Boissier, J.-M., Fontveille, D., Blanc, P., 1997, Nutrient transfer

- between parafly uveal interstitial water and river water : influence of gravel bar heterogeneity, *Freshwater Biology*, n° 37, p. 657-670.
- Claret, C., Marmonier, P., Dole-Olivier, M.-J., Creuzé Des Chatelliers, M., Boulton, A.-J., Castella, E., 1999, A functional classification of interstitial invertebrates : Supplementing measures of biodiversity using species traits and habitat affinities, *Archiv für Hydrobiologie*, n° 145, p. 385-403
- Coleman, M. J. et H. B. N. Hynes., 1970. The vertical distribution of the invertebrate fauna in the bed of a stream. *Limnol. Oceanogr.* 15: 31–40
- Collignon, B., 1986-Hydroéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie), Thèse de Doctorat nouveau régime, Univ, avignon, 282p.
- Cooling, M. P., Boulton, A. J., 1993: Aspects of the hyporheic zone below the terminus of a *south Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 44: 411- 426.
- Creuzé des Châtelliers, M. et Poinart, D., 1991. Caractéristiques des aquifères alluviaux et densité faunistique du sous écoulement du Rhône. *Hydrogéologie*, 3: 201-215.
- Creuzé Des Chatelliers, M., 1991, Geomorphological processes and discontinuities in the macrodistribution of the interstitial fauna. A working hypothesis, *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, n° 24, p. 1609-1612.
- Danielopol, D.L., 1989. groundwater fauna associated with riverine aquifers. *journal of the North American Benthological Society* 8(1) : 18-35.
- Danielopol D.L., 1984. Ecological investigations on the alluvial sediments of the Danube in the Vienna area. A phreatobiological projet. *Int. Ver. Ang. Limnol.* 22: 1755-1761.
- Danielopol D.L., 1980. The role of the limnologist in groundwater studies. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 65:777-791.
- Datry, T., Larned, S.-T., Scarsbrook , M.-R., 2007, Responses of hyporheic invertebrate assemblages to large-scale variation in flow permanence and surface-subsurface exchange, *Freshwater Biology*, n° 52, p. 1452-1462.

- Dent, C.L., Shade, J.D, Grimm, N.B., Fisher, S.G.,2000. Subsurface influences on surface Biology. Dans Jones JB et Mulholland PJ (Eds).2000. Streams and Ground Waters. *Academic Press* :381-402.
- Dole, M.J. et Chessel, D., 1986.Stabilité physique et biologique des milieux interstitiels .Cas des deux stations du Hautes-Rhône. *Annl. Limnol.*, 22(1) : 69-81.
- Dole-Olivier, M-J., Marmonier, P., 1992, Effects of spates on interstitial assemblages structure. Disturbance-perturbation relationship, rate of recovery, *Hydrobiologia*,n° 230, p. 49-61.
- Dole-Olivier, M-J., Marmonier, P., Beffy, J.-L., 1997, Response of invertebrates to lotic disturbance : is the hyporheic zone a patchy refugium ?, *Freshwater Biology*, n° 37(2), p. 257-276.
- Dole-Olivier, M-J., Marmonier, P., Creuzé Des Chatelliers, M., Marmonier, P., 1993, Repeated gradients in subterranean landscape. Example of the stygofauna in the alluvial floodplain of the Rhône River (France), *Archiv für Hydrobiologie*, n° 127(4), p. 451-471.
- Essafi , K., mathieu,J. et Beffy, J.L.1992 : Spatial and temporal variations of *Niphargus* populations in interstitial aquatic habitat at the karst/floodplain interface.- *Regul.Rivers* 7 : 83-92
- Essafi 1990 ;structure et transfert des peuplements aquatiques souterrains à l'interface karst-plaine alluviale.-Thèse de Doctorat, Lyon France, 102 pp.
- Fenoglio-Marc, L., Kusche. J., and M. Becker 2006, Mass variation in the Mediterranean Sea from GRACE and its validation by altimetry, steric and hydrologic fields, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L19606, doi:10.1029/2006GL026851.
- Fraser, B. G. et Williams, D. D, 1997. Accuracy and precision in sampling hyporheic fauna. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 54: 1135.
- 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.

- Gayraud.S., 2001, Les sédiments du lit des cours d'eaux : quantification de leur influence sur les peuplements de macro-invertébrées par une approche multi-sites, p.26.
- Gibert, J., Ginet, R., Mathieu, J. et Reygrobellet, J.L., 1981.- Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône Français; IX: Analyse des peuplements de deux stations phréatiques alimentant des bras morts. *Int. J. Speleol.*, 11, 141-158.
- Gibert,J., Mathieu, J et Fournier, F., 1997: *Groundwater/Surface Water Ecotones: Biological and hydrological Interactions and Management Options*. Intern. Hydrology Series, Cambridge University Press
- Gibert, J., Dole-Olivier, M., Marmonier, P and Vervier, P. editors., 1990. Surface Water-Groundwater Ecotones. The Parthenon Publishing Group., Carnforth, England.
- Gibert, J., Stanford, J.-A., Dole-Olivier, M-J., Ward, J.-V., 1994, Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research, in : Groundwater Ecology, Gibert, J., Danielopol, D.-L., Stanford, J.-A. (Eds), *Academic Press, San Diego*, p. 7-40.
- Godbout, L et Hynes, H. B. N., 1982. 'The three dimensional distribution of the fauna in a single rime in a stream in Ontario',*Hydrobiologia*, 97, 87-96.
- Griffith,M.B.et Perry, S.A.,1993 : the distribution of macroinvertebrates in the hyporheic zone of two small Appalachian headwater streams.-*Arch.Hydrobiol.* 126 :373-384.
- Grimm, N.B., S.G. Fisher., et W.L. Minckley., 1981. Nitrogen and phosphorus dynamics in hot desert streams of southwestern U.S.A. *Hydrobiologia*. 83: 303-312.
- Hendricks S.P. et White D.S., 1991. Physicochemical patterns within a hyporheic zone of a northern Michigan river, with comments on surface water patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:1645-1654.
- Hinkle, S.R, Duff, J.H., Triska,F.J., Laenen. A., Gates,E.B., Bencala, K.E., Wents, D,A., Silva, S.R., 2001. Linking Hyporheic flow and nitrogen cycling near the Willamette River. A large river in Oregon, USA. *Journal of Hydrology* 244 : 157-180.
- Huryn, A. D., 1996. An appraisal of the Allen paradox in a New Zealand trout stream. *Limnol.*

- Oceanogr.* 41: 243–252.
- Hynes, H.-B.-N., 1983, Groundwater et Stream Ecology, *Hydrobiologia*, n° 100, p. 93-99.
- Jeffrey, T., Varricchio Steven, A., Thomas et Wayne Minshall, G., 2005, Vertical and seasonal distribution of hyporheic invertebrates in streams with different glacial histories ;p.449
- Jones, J.B., Mulholland, P.J., 2000. Streams and Ground Waters. Academic Press.
- Legendre et Legendre., 1979 ; Legendre, L. and Legendre, P.: Écologie numérique. Masson, Paris and Les Presses de l'Université du Québec, Québec (1979).
- Leichtfroid, M., 1985 : Organic matter in gravel streams. Verhandlungen der International en Vereinigung *Fur Theoretische und Angewandte limnologie* 212 :2058-21062.
- Lenting, N., Williams, D.D. et Fraser, B.G., 1997 : qualitative differences in interstitial organic matter and their effects on hyporheic colonization.- *Hydrobiologia* 344 :19-26.
- Malard, F., Lafont, M., Burgherr, P., Ward, J.-V., 2001, A comparison of longitudinal patterns in hyporheic and benthic Oligochaete assemblages in a glacial river, Arctic, Antarctic and Alpine Research, n° 33(4), p. 457-466.
- Malard, F., Tokhner, K., Dole-Olivier, M.-J., Ward, F.-V., 2002, A landscape perspective of surface-subsurface hydrological exchanges in river corridors, *Freshwater Biology*, n° 47, p. 621-640.
- Maridet L., et Philippe, M., 1993 : influence of substrat characteristics on the vertical distribution of stream macroinvertebrates in the hyporeic zone. In workshop proceedings « River Bottom III », Olomouc, Czech Republic, Eds Helsic J. et Zahradkova S., 100-103.
- Maridet, L., Philippe, M., Wasson, J.G. et Mathieu, J., 1996, Spatial and temporal distribution of macroinvertebrates and trophic variables within the bed sediment of three streams differing by morphology and riparian vegetation *Archiv fur Hydrobiologie* 136 :41-64.

- distribution of stream macroinvertebrates in the hyporheic zone. in Workshop proceedings « River Bottom III », Olomouc, Czech Republic, Eds Helesic J. & Zahradkova S.,100-103.
- Maridet, L., Wasson, J.-G., Philippe, M., 1992, Vertical distribution of fauna in the bed-sediment of three running water sites : Influence of physical and trophic factors, *Regulated rivers : Research & Management*, n° 7, p. 45-55-57.
- Marmonier, P., Dole, M.-J., 1986, Les amphipodes des sédiments d'un bras court-circuité du Rhône : Logique de répartition et réaction aux crues, *Sciences de l'eau*, n° 5, p. 461-486.
- Mermillod-Blondin, F., Creuzé des Châteliers, M., Marmonier, P. et Dole-Olivier, M.J., 2000.- Distribution of solutes, microbes and invertebrates in river sediment along a riffle-pool-riffle sequence. *Freshwater Biol.*, 44, 255-269
- Minshall, G. W., 1984. 'Aquatic insect-substratum relationships', in Resh, V. M. and Rosenberg, D. M. (Eds), *Ecology of Aquatic Insects*, 358-400.
- Mulholland PJ (Eds).2000. Streams and Ground Waters. Academic Press.
- Newbold, J.D., Elwood, J.W., O'Neill, R.V. et Ingle, W.V.W., 1981, Measuring nutrient spiralling in streams, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38, 860–863.
- Orghidan, T., 1959. Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers, der hyporeische Biotop. *Archiv für Hydrobiologie* 55 :392-414
- PASCALIS., 2006. Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life In the Subsurface: [www.pascalis-project.com](http://www.pascalis-project.com).
- Peyrard, D., 2008. Un modèle hydrobiogéochimique pour décrire les échanges entre l'eau de surface et la zone hyporhéique de grande plaine alluviale, Thèse de Doctorat, Univ, Toulouse III- Paul Sabatier: 276p.
- Poole, C.W. et Stewart., 1976. The vertical distribution of macrobenthos within the substratum of the Brazos River, Texas. *Hydrobiologia*, 50:151-160.

- Pugsley, C. W. et Hynes, H. 8. N., 1983. 'A modified freeze-core technique to quantify the depth distribution of fauna in stonystreambeds', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 40, 637-643.
- Quezel, P. et Medail, F., 2003 - *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier. Collection Environnement. Paris. 573 p.
- Resh, V.H., Brown, A.V., Covich, A.P., Gurtz, M.E., Li, H.W., Minshall, G.W., Reice, S.R., Sheldon, A.L., Wallace, J.B. et Wissmar, R.C., 1988 : The role of disturbance in stream ecology.- *Journal of the North American Benthological Society* 7 :433-455.
- Rulik, M., 1994 : Vertical distribution of coarse organic matter in bed sediments (Morava river, Czech Republic).- *Regulated Rivers : Research & Management* 9 :65-69.
- Scarsbrook, M. R., 1995. Disturbance and spatial refugia in stream communities. Unpublished Ph.D. thesis, University of Otago, Dunedin, New Zealand.
- Schmid-Araya, J.M. et Schmid, P., 1995 preliminary results on diet of stream invertebrate species: the meiofaunal assemblages. *Jahresbericht Biologische Station Lunz*, 15, 23±31.
- Schwoerbel, J., 1964. Die Bedeutung des Hyporheals für die bentischen Lebensgemeinschaften des Fließgewässers. *Verhandlung der internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 15 : 215-226.
- Stanford, J.A. et Ward, J.V. 1988 : the hyporheic habitat of river ecosystems.-*Nature* 335 : 64-66.
- Stanford, J.-A., Ward, J.-V., 1993, An ecosystem perspective of alluvial rivers : connectivity and the hyporheic corridor, *Journal of the North American Benthological Society*, n° 12 (1), p. 48-60.

- Stanley, E.-H., Boulton, A.-J., 1993, Hydrology and the distribution of hyporheos : perspectives from a mesic river and a desert stream, *Journal of the North American Benthological Society*, n° 12, p. 79-83.
- Storey, R. G. et D. Dudley-Williams., 2004. Spatial responses of hyporheic invertebrates to seasonal changes in environmental parameters. *Freshwater Biology* 49:1468-1486.
- Strayer, D. L., May, S. E., Nielsen, W. , Wollheim, W et Hausam, S., 1997: Oxygen, organic matter, and sediment granulometry as controls on hyporheic animal communities. *Archiv für Hydrobiologie* 140: 131-144
- Strommer, I. L. et Smock, L. A., 1989. 'Vertical distribution and abundance of invertebrates within the sandy substrate of a lowgradient head water stream', *Freshwater Biology*, 22, 263-274.
- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, I.P.H., 2000. Introduction à l'étude des vertébrés d' eau douce, Ed Univ de Lyon I, Association française de limnologie : 155p.
- Taleb, A., Belaidi, N., Sanchez-Pérez, J.M., Vervier, P., Sauvage, S., 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*, Volume 24, Issue 2, pages 183-196.
- Thioulouse, J., Chessel, D., Dolédec, S. et Olivier, J.M., 1997.- ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Stat. Comput.*, 7, 75-83.
- Townsend, C.R., 1989: The patch dynamic concept of stream community ecology.- *journal of the North American Benthological Society* 8:36-50.
- Triska, F.J., V.C. Kennedy, R.J Avangina, G.W. Zellweger et K.E. Bencala, 1989. Retention and transport of nutrients in a third-order stream in north-western California: hyporheic processes. *Ecologie* 70 (6): 1893-1905.
- Valett, H.M., Haken Kamp C. C. et Boulton A.J., 1993. Perspectives on the hyporheic zone: integrating hydrology and biology. Introduction *journal of North American*

- Benthological Society*.12 (1) : 40-43.
- Valett, H.M., S.G. Fisher, et E.H. Stanley., 1990. Physical and chemical characteristics of the hyporheic zone of a sonoran desert stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 9: 201- 215.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., et Cushing, C. E. 1980. 'The river continuum concept', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37, 130-137.
- Vaux, W.G., 1968. Intragravel flow and interchange of water in a streambed. *Fish. Bull.* 66: 479-489
- Ward, J.-V., Bretschko, G., Brunke, M., Danelopol, D., Gibert, J., Gonser, T et Hildrew, A.-G., 1998, The boundaries of river systems : the metazoan perspective, *Freshwater Biology*, n° 40, p. 531-569.
- White, D.-S., 1993, Perspectives on defining and delineating hyporheic zones, *Journal of the North American Benthological Society*, n° 12(1), p. 61-69.
- Williams, D. D.et H. B. N. Hynes., 1974. The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. *Freshwater Biol.*
- Williams, D.D., 1984. The hyporheic zone as habitat for aquatic insects and associated arthropods. In: RESESH V.H. and ROSENBERG D.M. (ed), *The ecology of aquatic insects.*, New York: 430-455.
- Wood, P.-J et Armitage, P.-D., 1997, Biological effects of fine sediment in the lotic environment, *Environmental Management*,n° 21, p. 203-217.
- Yacoubi- Khebiza, M., 1996. Biocénoses aquatiques interstitielles des vallées du Haut- Atlas de Marrakech: Microdistribution, Dynamique de répartition, Écologie et Biogéographie. Thèse Doctorat d'État ès Sciences, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci., Marrakech, 374p.
- Yakoubi – Khebiza, M., 1990. Ecologie et biogéographie des biocénoses aquatiques des

nappes alluviales de quelque vallée du haut -Atlas de Marrakech (Maroc).  
Paléobiogéographie des Crustacés phréatobis. Thèse 3eme cycle. Fac. Sci., Marrakech  
: 1-246.

Yakoubi – Khebiza, M., 1987, Etude de la faune hyporheique d'un oued du haut -Atlas de  
Marrakech. L'oued n'fis et ses affluents au voisinage du barrage de LallaTakerkoust,  
mémoire. C.e.a. fac. Sci., Marrakech : 1-27.