République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière : Sciences de l'Environnement
Option : Environnement et Santé Publique

Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Thème

Ecohydrobiologie de la zone hyporheique d'Oued Agrioune (région de Souk El Tenine)

Présenté par :
BERBACHE Mohand Akli

Soutenu le : **10 Juin 2015**

Devant le jury composé de :

Melle KHERBOUCHE. D	MCB	Présidente
Mr KHEMMOUDJ. K	MCB	Encadreur
Mme KADJI .H	MCB	Examinatrice

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu, notre créateur de nous avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

J'adresse un remerciement à mon promoteur Mr KHEMMOUDJ,

Mes sincères considération et remerciement s'adressent également à Mme Kherbouche d'avoir accepté de présider le jury, Mme Kadji pour avoir accepté d'examiner cet humble travail, les agents des laboratoires de génie civil et génie des procédés ainsi la mairie de souk el tenine.

Comme je suis ravi de saisir l'occasion de remercier tous les enseignants qui ont guidé mes pas vers un avenir brillant en appréciant leurs efforts inappréciables.

Merci également à mon cher frère loucif et à mes chères amis miza,boubkeur, farid, karima,fahima, et hania avec qui j'ai effectué un travail d'équipe, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je tien à dédier solennellement ce modeste travail à :

A ma très chère mère.

A toute ma famille, mes frères et sœurs, à ma nièce mayless ,omar , yanis et younes.

A mes amis spécialement :karima, roba, fahima, boubkeur, farid, samir, sinou ,miza et sofiane que je remercie pour leur soutien.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Liste
des abréviations

Liste d'abréviations

ACL : Agglomération Chef-Lieu

ANRH : Agence Nationale Des Ressource Hydraulique

TAAM : Taux d'Accroissement Annuel Moyenne

RGPH : Recensement Globale Par Habitation

SAU : Superficie Agricole Utile

Ha : Hectare

STEP: Station depuration

TDS: Total Dissolved Solid

PPM : Partie par million

PPT : partie par trillion

EC: Electrical Conductivity

PH : Potentiel D'Hydrogène

UTN : Unité de Turbidité Néphélémétrie

µS: micro Siemens

Moy: Moyenne

Mm : millimètre

Kg : Kilo gramme

M : Moyenne des maxima

P1S1 : Prélèvement n°1 de la Station n°1

P2S1 : Prélèvement n°2 de la Station n°1

P3S1 : Prélèvement n°3 de la Station n°1

P1S2 : Prélèvement n°1 de la Station n°2

P2S2 : Prélèvement n°2 de la Station n°2

P3S2 : Prélèvement n°3 de la Station n°2

P1S3 : Prélèvement n°1 de la Station n°3

P2S3 : Prélèvement n°2 de la Station n°3

P3S3 : Prélèvement n°3 de la Station n°3

Listes des figures

Liste des figures

Figure 1: Schéma de la zone hyporhéique (Malard et al, 2000). 4
Figure 2:Différents types de zone hyporhéique (adapté de Malard et al, 2002 ; d'après White, 1993)..... 7
Figure 3: Comparaison entre(A) le modèle de Triska et al. (1989) et (B) le modèle dynamique de l'écotone eau de surface/eau souterraine, proposé par Gibert et al. (1990) (extrait de Vervier et al1992). 8
Figure 4: Modèle conceptuel des échanges préférentiels (extrait de White,1993) 10
Figure 5: Modèle conceptuel des flux de matière à travers l'écotone eau de surface/eau souterraine (extrait de Vervieret al. 1992)..... 13
Figure 6: classification phénologique de la faune associée à la zone hyporhéique et les eaux souterraines (d'après Gibert et al.1994). 18
Figure 7: illustration des effets du dépôt et d'érosion sous l'effet du débit solide(Qs) et débit liquide(Q), pente du cours d'eau et diamètre des matériaux Par un système d'oscillation(Balance de lane 1955)..... 21
Figure 8: délimitation du lit majeur et lit mineur. 22
Figure 9: morphologie d'oued agrioun. 23
Figure 10: Échanges entre le cours d'eau et la zone hyporhéique (d'après J. Gibert)..... 24
Figure 11: texture et aération du sol..... 29
Figure 12: Situation géographique et organisation spatiale de la commune de Souk El Tenine. (Source : direction de l'environnement)..... 32
Figure 13: Extrait de la carte topographique de Bejaia .1/50000..... 33
Figure 14: Diagramme ombrothermique. (Source : Direction de l'environnement). 35
Figure 15: Extrait de la carte pluviométrique du nord de l'Algérie. 36
Figure 16: situation de la région d'étude sur le climagramme d'EMBERGER..... 37
Figure 17: Répartition de la population par zone RGPH 2008. 38
Figure 18:La station d'épuration (STEP) intercommunale de Souk El Tenine et Melbou 41
Figure 19: Décharge de Souk El Tenine (Mai 2015). 41
Figure 20: vue générale sur la ripisylve d'oued agrioun (avril 2015)..... 43
Figure 21: appareil électronique de mesure du poids de marque KERN. 44
Figure 22: criblage et tamisage du sol au laboratoire..... 49
Figure 23: multi-paramètre de terrain. 50
Figure 24:granulométrie du sol de lit majeur. 59
Figure 25: présentation de la granulométrie du sol prélevé en dehors du lit majeur. 60

Liste
des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I:comparaison entre le système souterrain et celui de surface. 19
Tableau II: nature et caractéristiques des sédiments. 27
Tableau III: Températures de Souk El Tenine (1993-2013). 34
Tableau IV: Précipitations de Souk El Tenine. 34
Tableau V: Évolution de la population communale. 38
Tableau VI: Répartition des terres agricoles. 39
Tableau VII: diamètre des tamis utilisés dans le criblage du sol au laboratoire. 45
Tableau VIII: Résultats des paramètres physico-chimiques des prélèvements de la sortie du 28-04-2015..... 52
Tableau IX:Résultats des paramètres physico-chimiques des prélèvements de la sortie du 10-05-2015…….53
Tableau X: Résultats des paramètres physico-chimiques des prélèvements de la sortie du 26-05-2015 ……...55
Tableau XI: Paramètres physico-chimiques d'un puit représentant de la nappe…….56
Tableau XII:Présentation des moyennes des analyses physico-chimiques des stations de prélevement …….57
Tableau XIII : Résultats du sol prélevé dans le lit majeur..... 58
Tableau IVX : Granulométrie du sol prélevé en dehors de lit majeur..... 59

Sommaire

Introduction……....1

Chapitre I : La zone hyporheique

I.1-Définitions et généralités 4

I.2-Configurations et limites de la zone hyporhéique 6

I.2.1-Les différents types de zone hyporhéique 6

I.2.2-Délimitation de la zone hyporhéique 7

I.3-Fonctionnement hydraulique du complexe cours d'eau/aquifère 8

I.4-Lien hydrauliques et connectivité paysagère entre compartiment sous-jacent et fleuve11

I.5-Nature et contrôle des échanges au niveau de la zone hyporhéique 12

I.5.1-Nature des échanges 12

I.5.2-Contrôle des échanges 12

I.6-Gradients physico-chimiques dans la zone hyporhéique 14

I.6.1-Lumière et vitesse du courant 14

I.6.2-Température 15

I.6.3-Gradient d'oxygène dissous 15

I.6.4-Dioxyde de carbone et pH 15

I.6.5-Matière organique et nutriments 15

I.7-Origine possible des communautés souterraines et biologie de la zone hyporhéique ... 15

I.7.1-Origines possibles des communautés souterraines « hyporhéiques » 15

I.8.-Biologie de la zone hyporhéique 16

I.9-Facteurs influençant la répartition de la faune dans l'hyporhéique……20

I.9.1-Géomorphologie du cours d'eau et échanges de la zone hyporhéique 20

I.9.1.1-Géomorphologie des cours d'eau……..20

I.9.1.1.1-Autres facteurs influant sur la morphologie des cours d'eau……21

I.9.1.1.2-Crues, lit majeur, lit mineur et débit de plein bord.....22

I.9.1.1.3- Sinuosité et méandre d'un cours d'eau……22

I.9.1.2-Echanges des cours d'eau……23

I.9.2-Les facteurs physicochimiques……25

I.9.2.1-Les sédiments……...26

I.9.2.1.1-La nature des sédiments……26

I.9.2.1.2-Profondeur des sédiments……..26

I.9.2.1.3-La texture……...27

I.9.2.1.4-Appréciation de la texture……27

I.9.2.1.5-Intérét de l'appréciation de la texture……28
I.9.3-Les facteurs biotiques 29
I.9.4-Les perturbations environnementales 29
I.10-Autoépuration et bioremédiation 30
I.10.1-Autoépuration 30
I.10.2-Bioremédiation 30
ChapitreII-Etude de la région
II.1-Situation géographique et caractéristique 30
II.1.1-Contexte géographique..... 32
II.1.2-Topographie 33
II.1.3-Géologie 33
II.2-Hydrographie et météorologie 34
II.2.1-Le climat 34
II.2.2-Température 34
II.2.3-Pluies 34
II.2.4-Climagramme d'Emberger 36
II.2.5- Evolution de la population communale de Souk EL Tenine……...37
II.2.6-Répartition de la population par dispersion 38
II.3-L'Agriculture…….39
II.4-Industrie 39
II.4.1- Nature des industries…….39
II.4.1.1-Matériaux de construction……..39
II.4.1.2-Industries agroalimentaires…….40
II.4.1.3-Industrie métallurgique……...…40
II.4.1.4-Industriechimique et plastique……...……40
II.4.1.5-Industries diverses……...…40
II.5-Réseau d'assainissement de la commune..... 40
II.6-Station d'épuration des eaux usées……40
II.6.1-La constitution de la STEP de Souk El Tenine 41
II.7-Décharge publique non contrôlée (sauvage) 41
II.8-Présentation d'oued agrioun..... 42
II.8.1-Sillon 42
II.8.2-Amont..... 42
II.8.3-Aval 42
II.8.4-Ripisylve 42
Chapitr III : Matériels et méthodes

III.1- Le prélèvement du sol.....44
III.1.1-Procédures……44
III.1.2-Taux de rétention des eaux…….46
III.2-Prélèvement de l'eau……..47
III.2.1-Technique de prélèvement et de mesure…….47
III.3-Paramètres physico-chimique 48
III.3.1-TDS (Total des Solides Dissous ou Total Dissolved Solids) 48
III.3.2-Conductivité électrique (EC ou Electrical Conductivity)..... 48
III.3.3-PH (Potentiel Hydrogène) 48
III.3.4-Turbidité 49
III.3.5-Température..... 49
III.3.6-Conductivité……50
III.3.7-L'oxygène dissous 50
IV-Résultats et discussion
IV.1-Analyse physico-chimique de l'eau d'oued agrioum 52
IV.1.1-Le premier prélèvement……52
IV.1.2-Le deuxième prélèvement…….53
IV.1.3-Le troisième prélèvement…… 54
IV.1.4-Prélèvement du puit…….....56
IV.2-Analyse du sol…….57
IV.2.1-Le taux de rétention de l'eau par les sols……..61

Conclusion ……..62
Perspectives…….63
Références bibliographiques…….66

Introduction

Introduction

Les études sur la zone hyporhéique des cours d'eau sont développées grâce à Traian Orghidan (1959) fut le premier à utiliser le mot hyporhéique en combinant deux mots grecs : *hypo* (ci-dessous) et *rheos* flux.

La zone hyporhéique est un ensemble de sédiments saturés en eau, situés au-dessous et à côté d'un cours d'eau contenant une certaine quantité d'eau de surface. Si le cours d'eau s'écoule sur un substratum imperméable, il ne développera pas de zone hyporhéique, cette zone peut être constituée exclusivement d'eau de surface (cas des rivières perchées au-dessus de la nappe alluviale) ou caractérisée par un mélange d'eau de surface et d'eau souterraines (lorsque les échanges avec la nappe existent). Ces différentes configurations se succèdent le long d'une même rivière, les têtes du bassin présentent une zone hyporhéique réduite ou absente contrairement à la plaine alluviale qui présente une zone hyporhéique très importante qui joue un rôle non négligeable dans l'autoépuration du cours d'eau. Lorsqu'un cours d'eau s'écoule dans une vallée ou une plaine alluviale, des échanges d'eau et de matière se produisent entre l'eau de surface et les sédiments qui constituent les lits mineurs et majeurs du cours d'eau (Bencala, 1993). Ces échanges complexes varient en fonction des secteurs morphologiques, des saisons, de l'hydraulique du cours d'eau, de la position relative de la surface de l'aquifère et de celle du fond du lit du cours d'eau et des caractéristiques physiques de la couche de sédiments. L'importance de ces échanges dans le fonctionnement hydrobiogéochimique de l'hydrosystème a été mis en évidence par de nombreuses études (Grimm et Fisher, 1984 ; Triska *et al*, 1989 ; Gibert *et al*, 1990 ; Vervier *et al*, 1992).

Les animaux souterrains déploient les caractéristiques qui reflètent des développements évolutionnaires dans l'environnement interstitiel obscur en incluant le manque de pigmentation, aveuglement ou la réduction de l'utilisation des yeux, et l'hypertrophie des organes sensoriels (Gibert et al 1994). Les organismes tendent à être relativement lent et plus mince que ceux de surface, dût à la conséquence de la limite d'espace viable dans les sédiments, souvent avec des capacités sensorielles chimiques et mécaniques très développées (Gibert et al.1994, Gayrand et Phillipe.2003).

La faune hyporhéique en incluant les microbes (bactéries, champignons, protozoaires) micro invertébrés, méioinvertebrés et macro invertébrés, occasionnellement les invertébrés

comme les poissons et les amphibiens se servirent de la zone benthique et hyporhéique pour la reproduction et le refuge **(**Magoulick and Koubza 2003).

La répartition de la faune hyporhéique est soumise à de différents facteurs tel que : abiotiques, biotiques, morphologie du cours d'eau, sédiments et perturbations environnementales.

Des solutions trouvées pour la remédiation de la zone hyporhéiquepour traiter la pollution des chlorobenzènes (Van der meer et al.1999 ;Wendroth et al.2003), esticides(Hoyle and arthur.2000) et hydrocarbures(chapelle2001). Actuellement il y 'avait deux stratégies de remédiation populaires : la biostimulation et la bioaugmentation. Cette zone (zone hyporhéique) serve de refuge et d'aire pour la biodiversité (Meyer et al., 2007) et la diversité des types de cours d'eau ; qui les forment (cours d'eau intermittents ou de premier ordre ou bien de second ordre) contribue à la biodiversité du système rivière et des systèmes adjacents ainsi qu'à l'habitat unique requis à la faune qui y résident ou qui y migrent offrant un refuge contre les fortes amplitudes de température, de la compétition entre espèces et de la prédation des espèces introduites ; servant ainsi de source de colonisation (zone de fraie et de pullulation) riche en sources de nourriture (Judy et al., 2007). Néanmoins, elles ont un fonctionnement original basé sur l'hétérotrophie (Baudoin, 2007) et dépendent fortement des apports en particules organiques grossières (ex : feuilles mortes) de la végétation riveraine et de la ripisylve.

Beaucoup de travaux, études et recherches sont entamées ou achevées sur la zone hyporhéique dans le monde en citant au titre d'exemple :

Schowoerbel (1964,1967) qui la décrit comme zone frontière (« Grenzbiotop »), utilisation du mot hyporhéique dans l'étude des organismes vivants dans les sédiments macroporeux, situés dans le milieu interstitiel.(Angelier 1962).

En revanche peu de recherches sont étendues sur le biotope hyporhéique dans les plaines alluviales en avérant le rôle de cette zone et l'hyporhéos au profit de la nappe phréatique et des eaux de surface.

Les études et les travaux sur la zone hyporhéique en Algérie sont rarement cités, notant au titre d'exemple : Chaoui Boudghène (1991), Belaidi et al, (2004) qui avaient opté pour l'étude de la faune du milieu hyporhéique et du milieu phréatique ; et Benhadj. N, (2013) qui avait éclairci un mémoire de magister sur la contribution à l'étude de la faune hyporhéique de zones de source de Monts de Tlemcen.

Dans ce travail nous allons élucider les rapports de corrélation entre la zone hyporhéique du lit majeur et du lit mineur d'oued agrioun et de mettre en exergue quelques paramètres

abiotiques et leur double probable influence sur la qualité des eaux souterraines, de surface et le comportement de l'hyporhéos dans l'écotone.

Dans lequel on présente quatre chapitres :

Le premier chapitre, nous faisons un rappel bibliographique sur les différentes caractéristiques la zone hyporhéique.

Le deuxième chapitre : étude de la région, dans lequel on mit en évidence la nature de la zone d'étude et ses différentes.

Le troisième chapitre dont on présente les caractéristiques physico chimiques mesurés et les matériels utilisés.

Enfin le Chapitre IV : résultats et discussion, on présente les différents résultats obtenus en discutant les variations de différents valeurs, finalement on termine avec une conclusion et perspectives.

III.1-Le prélèvement du sol

Le prélèvement du sol dans le lit majeur au bord d'oued agriouna eu lieu à la proximité de la station 1 située à Tizi El Oued, et le prélèvement en dehors du lit majeur a eu lieu à la proximité de la station 3, pour cela on a utilisé une pioche et des sachets en plastique.

III.1.1-Procédures

Après avoir prélevé le sol on a lui laissé à l'air libre pour aération, exposé au soleil pour assèchement pendant une semaine. Puis broyé avec les mains pour faciliter sa pénétration dans les tamis.

Au laboratoire de génie civil à l'université de Bejaia, on a pesé les échantillons de chaque prélèvement avec un appareil de mesure du poids **(Figure 22).**

Figure 21: appareil électronique de mesure du poids de marque KERN.

Après les avoir pesé, nous avons les mis dans des tamis dont leurs diamètres sont cités dans le tableau suivant :

Tableau VII: diamètre des tamis utilisés dans le criblage du sol au laboratoire**.**

N° du tamis	Diamètre du filet (mm)
1	6,3
2	5
3	1,5
4	1,25
5	0,53
6	0,4
7	0,16
8	0,125
9	0,08
10	0.065
11	00

Le tamisage a été fait manuellement suit à la non-conformité et défaillance du l'appareil qui sert au criblage dans le laboratoire de génie civil **(Figure 23).**

Figure 22: criblage et tamisage du sol au laboratoire.

On a commencé le tamisage à partir du tamis N°1 dont le diamètre est de 6.3 jusqu‘au tamis N°11, qui est considéré comme un entonnoir de récolte du sol restant après son tamisage.

III.1.2-Taux de rétention des eaux

On a pris 1 kg de chaque prélèvement du sol dans un tamis différent puis on a versé 500 ml à chaque échantillon, le volume d’eau pénétrer par les tamis récupéré puis mesuré pour voir la différence du volume d’eau versé sur le sol et le volume d’eau pénétrer dans le tamis, qui est le volume d’eau retenu.

III.2-Prélèvement de l'eau

On a prélevé trois échantillons différents dans des bouteilles d'eau de 0,5 litre chacune dans trois stations différentes, leurs localisations sont citées en Figure 24 et nommées comme suite :

- ✓ station1 : Tizi El Oued ;
- ✓ station2 : pont ;
- ✓ station 3 embouchure.

Les paramètres mesurés sur le terrain son le PH, température, salinité, TDS et conductivité à l'aide d'un multi paramètre de terrain de types Ex stik II.

Figure 23: multi-paramètre de terrain.

Les autres paramètres (turbidité et oxygène dissous) ont été mesurés à l'aide d'un turbidimètre et multimètre de laboratoire. A signaler qu'un autre prélèvement a été fait dans un puit dans une ferme privé près de la station 3 d'où on discutera les résultats dans le chapitre de résultats et discussions.

III.2.1-Technique de prélèvement et de mesure

Le prélèvement de l'eau se fait dans le cours d'eau dans une profondeur qui nous permet d'émerger toute la bouteille en remettant son bouchon dans l'eau, afin d'éviter l'infiltration de l'air dans la bouteille, puis remettre les bouteilles dans la glacière pour avoir des résultats fiables.

La mesure des paramètres physico-chimiques se font en plongeant la sonde de multi paramètres ou multimètre dans l'eau jusqu'au l'affichage stable de résultat, on rince avec l'eau distillée et on essuie avec le papier absorbant la sonde avant chaque prélèvement, en notant à chaque fois la valeur du prélèvement dans une feuille de brouillon.

III.3-Paramètres physico-chimiques mesurés

III.3.1-TDS (Total des Solides Dissous ou Total Dissolved Solids)

Détermine la quantité totale d'ions chargés mobiles, comprenant les minéraux, les sels, les métaux, les cations ou anions dissous dans l'eau.

Il comprend tout ce qui est présent dans l'eau, à l'exception de la molécule d'eau pure (H2O) et des solides en suspension. Plus le niveau de TDS est bas, plus l'eau est pure.

Unité : ppm = partie par million, 1 ppm = 1 mg/l, 1000 ppm = 1 ppt

III.3.2-Conductivité électrique (EC ou Electrical Conductivity)

Mesure la capacité de l'eau à conduire l'électricité. Tous les ions dans l'eau y participent : la quantité des sels minéraux dissouts influence la conductivité, mais la présence de nitrites, de nitrates, d'ammonium, et d'autres comme tous les sels d'acides organiques, les chlorures, le sodium... la modifie aussi. La conductivité électrique est donc définie par l'ensemble des ions dissous présents dans une solution et est inversement proportionnelle à la résistance. Plus la mesure de conductivité est proche de 0, plus l'eau est pure.

Conversion : 1000 µS = 1 mS

III.3.3-PH (Potentiel Hydrogène)

Indique l'acidité ou l'alcalinité d'une solution sur une échelle de 1 à 14. Une mesure du pH donne une information sur la teneur de l'eau en ions d'hydrogène libre (H+). Une solution aqueuse à 25°C avec :

- pH = 7 est neutre,

- pH < 7 est acide,
- pH > 7 est basique (alcalin).

III.3.4 Turbidité

Désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues.

Quand un fleuve turbide se jette en mer, il crée généralement un bouchon vaseux, un delta sédimentaire et produit en mer un « éventail turbiditique » parfois bien visible de satellite.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire :

- ✓ une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension (consécutive par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés) ;
- ✓ une teneur élevée en plancton ;
- ✓ une pollution ou eutrophisation de l'eau, cause éventuelle d'*asphyxie* (par anoxie) du milieu ou de colmatage des branchies des poissons.

Elle est exprimée en UTN (*Unité de Turbidité Néphélémétrique*).

NTU < 5 => eau claire

NTU < 30 => eau légèrement trouble

NTU > 50 => Eau trouble.

III.3.5-Température

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique : Plus la température de l'eau s'élève, plus la quantité d'oxygène dissous diminue. Une température trop élevée des eaux d'une rivière peut donc aboutir à des situations dramatiques de manque d'oxygène dissoute pouvant entraîner : la disparition de certaines espèces, la réduction de l'auto épuration,

l'accumulation de dépôts nauséabonds (odeurs), la croissance accélérée des végétaux (dont les algues).

III.3.6-Conductivité

La mesure en µS/cm ou mS/cm (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre.

Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes plongées dans l'eau. La mesure s'effectuer à 20° C ou avec un conductimètre avec compensateur automatique de température.

Si l'eau très pure est un isolant qui oppose une grande résistance au passage de l'électricité, il n'en est plus de même lorsqu'elle est chargée en sels minéraux d'origine naturelle (calcium, magnésium, sodium, potassium). A cette minéralisation naturelle liée à la nature des sols s'ajoutent aussi ...les polluants. La conductivité permet d'apprécier globalement l'ensemble des produits en solution dans l'eau.

- ✓ **L'eau de pluie** n'offre qu'une conductivité variant entre 60 et 100 µS/cm
- ✓ **L'eau du robinet** à Besançon (région calcaire) est d'environ 550 µS/cm

III.3.7-L'oxygène dissous

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies. En dessous d'un certain seuil de concentration en oxygène c'est l'asphyxie des poissons. (7 mg/l pour les salmonidés ; 3 mg/l pour les carpes) L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques, mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène.

L'oxygénation de l'eau provient d'abord du contact de sa surface avec l'atmosphère. Elle est favorisée par les remous, les cascades et surtout la température de l'eau. Car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène y est soluble. Valeurs de saturation en oxygène de l'eau en conditions ordinaires (pression atmosphérique 760 mm d'Hg) :

- ✓ à 5°C, maximum d'oxygène dissous : 12,3mg/I ;
- ✓ à 10°C : 10,9 mg/l;
- ✓ à 15°C : 9,7mg/l;
- ✓ à 20°C : 8,8mg/l ;
- ✓ à 25°C : 8,1 mg/l.

Dans cette partie nous allons exposer l'ensemble des résultats obtenus dans notre travail, dans lequel nous allons présenter les résultats des analyses physico-chimiques sous forme de tableaux et de graphes.

IV.1-Analyses physico-chimiques de l'eau d'oued agrioun

L'analyse physico chimique a une importance majeure sur la connaissance de la qualité des eaux et des sols limitrophes vus leur contact et consommation directe ou indirecte par la population. Pour cela, nous avons choisi trois stations d'échantillonnage selon leur accessibilité et représentativité.

IV.1.1-Le premier prélèvement

La première analyse des échantillons est présentée dans le tableau suivant :

Tableau I: Résultats des paramètres physico-chimiques des prélèvements de la sortie du 28-04-2015

-Ph : on remarque une légère variation du ph dans les trois stations d'où ses valeurs varies entre (7,4 et 7,5), donc ses valeurs sont très proches de la neutralité et légèrement alcalines.

-Température : une légère variation observée entre les trois stations qui n'a pas dépassée 1°C.

Paramètres	Station 1 (Tizi El Oued)	Station 2 (pont)	Station 3 (embouchure)
Ph	7,45	7,42	7.49
Température (°C)	205	21	21.2
Turbidité (UTN)	-	-	-
Salinité (mg/l)	410	390	416
Conductivité (µS/cm)	826	803	810
Oxygène dissous (mg/l)	-	-	-
TDS (ppm)	496	471	470

-Turbidité : n'a pas été mesurée par défaut de la présence du matériel.

-Salinité : la plus haute valeur est enregistrée à la station 3 avec une valeur de 416 mg/l et la plus basse dans la station n2avec 390 mg/l.

- conductivité : la plus grande valeur est de 826 µS/cm dans la station de Tizi El Oued, 810 µS/cm dans la station 3 et 803 µS/cm dans la station 2.

- oxygène dissous : n'a pas été mesuré par défaut d'absence du matériel.

-TDS : on a enregistré 496 ppm dans la station de Tizi El Oued, 471 dans la station du pont et 470 dans l'embouchure.

IV.1.2-Le deuxième prélèvement

Le deuxième prélèvement de l'échantillonnage et son analyse a eu lieu le 10-05-2015 comme suite :

Tableau II: Résultats des paramètres physico-chimiques des prélèvements de la sortie du 10 -05-2015

paramètres	Station 1 (Tizi El Oued)	Station 2 (pont)	Station 3 (embouchure)
Ph	7,50	7,48	7,47
Température (°C)	21,7	22,7	22,8
Turbidité (UTN)	55	36	55
Salinité (mg/l)	542	432	434
Conductivité (µS/cm)	745	720	718
Oxygène dissous (mg/l)	0,3	0,3	0,5
TDS (ppm)	371	432	447

-ph : ses valeurs varient entre 7,47 dans les stations 3 et 7,50 dans la station 1 d'où sa valeur dans la station 2 a été enregistrée à 7,48.

- température : sont 22.8 °C dans la station 3, 22,7°C dans la station 2 et 21,7°C dans la station 1.

- turbidité : nous avons enregistré 55 UTN dans les stations 1 et 3, et 36 UTN dans la station 2.

- conductivité : on remarque une augmentation assez conséquente dans la station 1 qui est de 745 µS/cm par apport aux deux autres stations qui sont successivement de 720 µS/cm et 718 µS/cm dans les stations 2 et 3.

- salinité : on remarque une augmentation remarquable dans la station 1 qui est de 542 mg/ l par apport aux deux autres stations qui sont successivement de 434 mg/l et 432 mg/l dans les stations 3 et 2.

- oxygène dissous : il a été mesuré à 0,5mg /l dans l'échantillon de la station 3 et 0,3mg/l dans les échantillons de deux autres stations.

- TDS : elle a été mesurée à 447 ppm dans la station 3, 432 ppm dans la station 2 et 371ppm dans la station 1.

IV.1.3-Le troisième prélèvement

Le troisième prélèvement de l'échantillonnage et son analyse a eu lieu 26-05-2015 et sont inscrites dans le tableau suivant :

Tableau III: Résultats des paramètres physico-chimiques des prélèvements de la sortie du 26 -05-2015

Paramètres	Station 1 (Tizi El Oued)	Station 2 (pont)	Station 3 (embouchure)
Ph	7,80	8,15	8,02
Température (°C)	19	19	19,4
Turbidité(UTN)	9	10,3	11,5
Salinité (mg/l)	430	469	405
Conductivité (µS/cm)	810	805	816
Oxygène dissous (mg/l)	0,5	0,5	0,6
TDS (ppm)	480	465	496

-ph : la plus grande valeur a été enregistrée à la station 2 qui est de 8,15 et les stations 3 et 1 sont successivement de 8,02 et 7,80.

-température : elle a été presque stable dans les trois stations aux environs de 19°C.

- turbidité : elle a été mesurée à 11,5 UTN à la station 3 et successivement 10,3 UTN et 9 UTN dans les stations 2 et 1.

- salinité : la plus grande valeur a été enregistrée à la station 2 avec 469 mg/l puis 430 mg/l dans la station 1 et finalement 405 mg/l dans la station 3.

- conductivité : la valeur maximale est enregistrée dans la station 3 au environ de816 µS/cm puis 810 µS/cm dans la station 1 et finalement 805 µS/cm dans la station 2.

- oxygène dissous : il a été mesuré à 0,6 dans la station 3 et à 0,5 dans les deux autres stations.

- TDS : on a obtenu 496 ppm dans la station 3, 480 ppm dans la station 1 et 465 ppm dans la station 2.

IV.1.4-Prélèvement du puit

Il s'agit d'un prélèvement qui a été fait dans une ferme privé qui se situe à 200 m du sud de la station l et aux environs de 150 m de la station 3. Dont les paramètres physico-chimiques sont présentés dans le tableau XI.

Tableau IV: paramètres physico-chimiques d'un puit représentant de la nappe.

Paramètres	Puit
Ph	7,6
Température (°C)	20
Turbidité (UTN)	16
Salinité (mg/l)	555
Conductivité (µS/cm)	1140
Oxygène dissous (mg/l)	0.08
TDS (ppm)	660

En comparant ces paramètres avec la moyenne des paramètres obtenus dans les prélèvements des stations 1,2 et 3, présentées dans le tableau VII, on conclut que le ph est presque identique (7,53 dans les stations et 7,6 dans le puit), la même chose pour la température ; 20°C dans le puit et 20,76 dans l'oued, quant à la turbidité elle est plus importante à l'oued qu'au puit à cause des crues, rejets solide et liquides et tous autres diversement à l'oued, suite à l'implantation de différentes industries à la proximité et aux bords d' oued agrioun. Concernant la salinité (436,4 mg/l dans l'oued contre 555 mg/l dans la nappe, ce qui illustre les échanges eau de mer eau souterraine par l'intermédiaire de la zone hyporhéique, la même interprétation sera pour la conductivité. L'oxygène dissous reste très faible dans les deux comparaisons malgré cette petite différence. La TDS est plus importante dans le puit que dans l'oued à cause de la présence de la matière algale en excès dans le puit ; le tableau suivant avère les moyennes des valeurs physico-chimiques des stations.

Tableau V: présentation des moyennes des analyses physico-chimiques des stations de prélèvement.

	Station 1			**Station 2**			**Station3**				
Paramètres	**P1S1**	**P2S1**	**P3S1**	**P1S2**	**P2S2**	**P3S2**	**P1S3**	**P2S3**	**P3S3**	**somme**	**Moy**
Ph	7,47	7,42	7,49	7,5	7,48	7,47	7,80	7,15	8,02	67,85	7,53
Température (°C)	20,5	21	21,2	21,7	22,7	22,8	19	19	19,4	186.9	20.76
Turbidité (UTN)	-	-	-	55	36	55	9	10,3	11,4	176,7	29,45
Salinité (mg/l)	410	390	416	542	432	434	430	469	405	3928	436,44
Conductivité (µS/cm)	826	803	810	745	720	718	810	805	816	7053	783,66
Oxygène dissous (mg/l)	-	-	-	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	2,7	0,45
TDS (ppm)	496	471	470	371	432	447	480	465	496	4128	458,66

IV.2-Analyses du sol

La granulométrie du sol prélevé dans le lit majeur présentée dans le tableau XIIIen comparaison avec celle du tableau XII est comme suite :

Tableau VI: résultats du sol prélevé dans le lit majeur.

N° du tamis	Diamètre du filet (mm)	Poids restant (kg)
1	6,3	0,134
2	5	0,02
3	1,5	0,062
4	1,25	0 ,02
5	0,53	0,150
6	0,4	0,210
7	0,16	0,304
8	0,125	0,03
9	0,08	0,03
10	0.065	0,018
11	00	0,01
	total	0.988

- **Présentation des résultats :**

- gravier moyen au environ de 21,6%

- sable grossier au environ de 38%

- sable moyen et fin 36,4%

- limon et argile au environ 3%

-impureté au environ de 1%

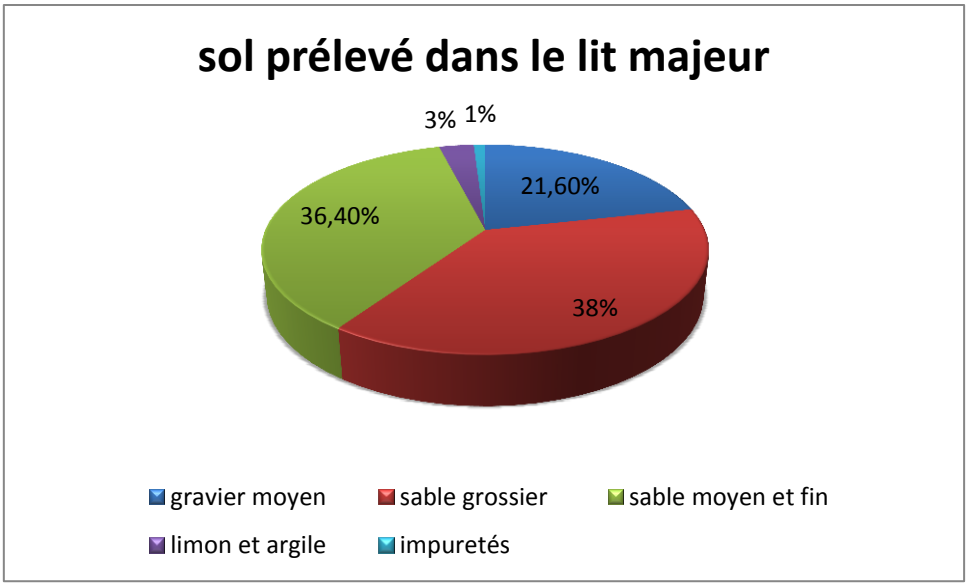


Figure 1:granulométrie du sol de lit majeur.

Tableau VII: granulométrie du sol prélevé en dehors du lit majeur.

N° du tamis	Diamètre du filet (mm)	Poids restant (kg)
1	6,3	0,142
2	5	0,05
3	1,5	0,029
4	1,25	0,05
5	0,53	0,122
6	0,4	0,06
7	0,16	0,15
8	0,125	0,1
9	0,08	0,102
10	0.065	0,052
11	00	0,106
	total	0.963

- **Interprétation des résultats**

- gravier moyen au environ de 22,1%

- sable grossier au environ de 12,2%

- sable moyen 27,2%

- sable fin 15,4

- limon et argile au environ 20%

-impureté au environ de 3,1%

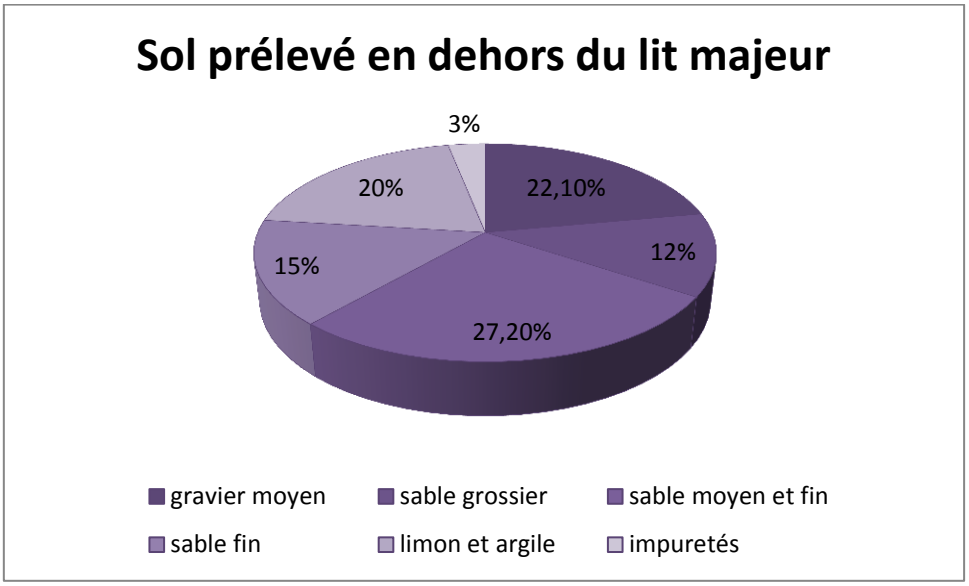


Figure 2: présentation de la granulométrie du sol prélevé en dehors du lit majeur.

D'après les résultats obtenus nous avons constaté que la granulométrie prélevée dans le lit majeur et en dehors du lit majeur favorisent les échanges cours d'eau/aquifère ce qui donne l'avantage au transfert des flux d'énergie entre la surface et le souterrain.

Donc l'abondance de l'hyporhéos et la facilité de son déplacement vertical et horizontal vu la nature favorisante de la porosité de la zone hyporhéique.

IV.2.1-Le taux de rétention de l'eau par les sols

1- Sol prélevé du lit majeur : on a pris 1 kg du sol prélevé du lit majeur dans un tamis, puis on a versé 500 ml d'eau sur le sol et on a obtenu les résultats suivants : - eau infiltré par le tamis 320 ml ce que signifie que le volume d'eau retenu égal à 500 ml - 320 ml. Donc le volume retenu = 180 ml, ce qui représente 36%de porosité.

2- Sol prélevé en dehors du lit majeur : on a pris 1 kg du sol prélevé en dehors du lit majeur dans un tamis, puis on a versé 500 ml d'eau sur le sol et on a obtenu les résultats suivants : - eau infiltré par le tamis 150 ml ce que signifie que le volume d'eau retenu égal à 500 ml - 150 ml. Donc le volume retenu = 350 ml, ce qui représente 70 % de porosité.

L'importance de la présence de la porosité dans ces résultats nous informe sur la probable abondance de l'hyporhéos de taille plus ou moins importante, donc donne site aux euryoéciques poïkilothermes. Ce facteur édaphique favorise aussi la présence de la faune hydrophile dans les sédiments d'où son déplacement vertical et horizontale dépend de la nature, la structure et la recharge du sédiment en eau, matière organique, nutriments... etc.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Le travail présenté dans ce mémoire, s'inscrit dans une approche pluridisciplinaire consacrée à la mise en évidence de quelques processus biotiques et abiotiques au sein d'un mésoécosystème d'une plaine alluviale de la région de Souk El Tenine (oued agrioun), et leur probable influence sur la nappe phréatique, aussi mise en évidence les échanges nappe/aquifère dans les parties fonctionnelles de l'hydrosystème. Parmi les compartiments fonctionnels, la zone hyporhéique tient une place essentielle dans les grandes plaines alluviales car elle constitue un des réceptacles des flux de contaminants diffus circulant dans les cours d'eau et l'aquifère (Jones et Mulholland, 2000).

Vu les résultats obtenues sur les analyses physico-chimiques de l'eau et la granulométrie du sol dans l'oud agrioun, nous constatons que la nature de la plaine alluviale, notamment la zone hyporhéique est un milieu favorable pour le transport des flux et l'hydrodynamique.

En effet, l'étude élargie de l'écohydrobiologie de cette zone, donne lieu à une connaissance plus approfondie des dynamiques, systèmes et mécanismes souterrains, échanges de flux et système de biome interstitiel dont le comportement et la délimitation de l'entendue de l'hyporhéos restent encore vagues vu son rôle important dans la bioremédiation.

C'est pour cela qu'il fallait réagir et faire face à la pollution des cours d'eau qui alimentent directement la zone interstitielle en contribuant à la dégradation du patrimoine physico-chimique et biologique du milieu souterrain.

Perspectives

Quelques perspectives résumées sous forme de tableaux qui avèrent les différents domaines de recherche, questions à poser et les besoins pour la recherche :

Domaine général	Question à poser	Besoins pour la recherche
– Sédiment et hydrologie	– Comment localiser et mesurer les échanges eau de surface /eau souterraine ?	– Besoin de méthode pour évaluer les entraves hyporhéiques
– autoépuration	– Comment amplifier le rôle de la zone hyporhéique dans l'autoépuration du cours d'eau ?	_ Besoin de méthodes de terrain moins cher et rapide pour la rétention idéale des capacités de mesure
_ changements climatique	_ comment amplifier la rétention et la biodégradation de matière minérale et organique dans la zone hyporhéique ?	_besoin de modélisation
	_ comment prévenir les futures changements climatiques (T° et hydrologie) dans le processus hyporhéique ?	_besoin des indicateurs de mesure préalable des changements
	_ quel type d'indicateur peut être utilisé pour évaluer le fonctionnement de la zone hyporhéique et la santé ?	_ besoin de méthodes pour évaluer le potentiel de restauration hydromorphologique des processus hyporhéiques
	_comment inclure les fonctions de la zone hyporhéique dans le management global dans les systèmes des oueds ?	

Domaine générale	Question à poser	Besoin Pour la recherche
_Structures trophique	_Comment déterminer et quantifier les interactions trophiques avec les communautés hyporhéiques ?	_ besoin de généralisation et de modélisation des flux d'énergie et des communautés hyporhéiques
_ Groupes fonctionnels	_ quel est le rôle des invertébrés dans la zone hyporhéique ?	_ besoin de définir les groupes fonctionnels des hyporhéos
_variation temporelle	_ comment les assemblages varient dans les saisons et quelle est la conséquence dans les fonctions hyporhéiques ?	_besoin de comprendre et mesurer les migrations verticales des invertébrés envers la zone hyporhéique durant les perturbations de surface
_changements globales et future	_ quel est l'effet de réchauffement globale, hydrologie hyporhéique et l'interaction de ces changements aux fonctions de l'assemblage ?	_besoin pour l'évaluation de la valeur du patrimoine de la faune hyporhéique

Domaine général	Question à poser	Besoins pour la recherche
_amélioration	_ comment améliorer les processus dans les stations localisée	_ besoin de modélisation pertinente
_ la matière organique et nutriments inorganique	_ quels sont les paramètres qui contrôle le recyclage de la qualité de la matière organique ?	_ besoin d'explorer des voies d'études microbiennes
_ perturbation physique	_ quel sont les effets de perturbations hydraulique (inondations et sécheresse) dans le processus biogéochimique dans la zone hyporhéique ?	_ besoin de comprendre les effets des échanges dans les caractéristiques des sédiments (exp : colmatage) pour les processus biogéochimique majeurs.
_ toxicité et pollution	_ quel sont les paramètres qui contrôlent le flux des contaminants dans la zone hyporhéique et quel conséquences qu'on peut attendre ?	_ besoin de méthodologie pour estimer la biodégradation des contaminants et leurs efficacités.

Référence Bobliographiques

Références Bibliographiques

A

Ait Boughrous A., 2007, « Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech », Thèse de Doctorat. UFR : Sciences et Techniques des eaux, Spécialité: Hydrobiologie souterraine, Université Cadi.

Amoros C., Roux AL., 1988, «Interaction between water bodies within the floodplain of large rivers: function and development of connectivity». MünsterscheGeographischeArbeiten**29**: 125-130.

Angelier E., 1962, « Remarques sur la répartition de la faune dans le milieu interstitiel hyporhéique », ZoologischerAnzeiger: 351-356.

B

Baudoin JM., 2007, « Biodiversité et fonctionnement de cours d'eau forestiers de tête de bassin : Effet de l'acidification anthropique et d'une restauration », Thèse Doctorat. Université Paul Verlaine – Metz. 258p.

Belaidi N., Taleb A., 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. doi:10.1051/limn/2004020.

Benazouz A., 1983, « Recherche sur la faune interstitielle dans la vallée de l'oued Gheris (versant Sud du Haut Atlas) ». Mém. De C.E.A. dactyl. Fac. Sc. Marrakech: 1-28.

BENHADJI N., 2013, « Contribution à l'étude de la faune hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen ». Magister en Ecologie et Biodiversité Des Ecosystèmes Continentaux, Université Abou BekrBelkaïd – Tlemcen.

Bencala KE., 1993, « A perspective on stream-catchment connections ».Journal of the North American Benthological Society **12**(1): 44-47.

Berthélemy C., 1968, « Contribution à la connaissance des Leuctridae ». AnnlsLimnol .4(2): 175-198.

Berthélemy C., 1973, « Données préliminaires des Plécoptères de Tunisie ». Verh.int.Verein.theor.angew.Limnol., 18: 1544-1548.

Berthélémy D., 1966. « Recherches écologiques et biogéographiques sur les plécoptères et lesColéoptères d'eau courante (Hydraena et Elminthidae) des Pyrénées ».

Boulal M., Touyer A. et Boutin C., 1997, « Qualité de l'eau et faune aquatique des puits près d'Agadir, dans le secteur aval de la plaine du Souss (Maroc) ». Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 133, 59-70.

Brunke M., Gonser T., 1997. «The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater». Freshwater Biology 37: 1-33.

Botosaneanu, L., 1998. « Sources: aux portes du Styx. In Botosaneanu, L. (ed.), Studies in Crenobiology ». The Biology of springs and Springbrooks. Backhuys, Leiden, 229–250.

Boulanouar M., 1986, « Études écologiques comparées de quelques puits de la région de Marrakech. Impact des pollutions sur la zoocénose des puits ». Thèse de 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 207p.

Boulanouar M., 1995. « Faune aquatique des puits et qualité de l'eau dans les régions de Marrakech et des Jbilet. Statut et dynamique d'une population de Proaselluscoxalis africanus (Crustacés Isopodes Asellidae) des Jbilet ». Thèse de doctorat d'État, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 210p.

Boulton A.J.,Dole-Olivier M.J. &**Marmonier P.,** 2004, « Effects of sample volume and taxonomic resolution on assessment of hyporheic assemblage composition sampled using a BouRouch pump». ArchivfürHydrobiologie 159/3, 327-355.
Boulton A.J., Findlay S., Marmonnier P., Stanley E.H. &**Valett H.M.**, 1998. « The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers». Ann.Rev.Ecol.Syst. 29:59-81.
Boutin C. et Boulanouar M., 1984. « Premières données sur la faune des puits des environs de Marrakech (Maroc occidental) ». Verh. Internat.Verein. Limnol., 22: 1762-1765.

C

Cantonati M., Gerecke R., JüttnerI. And **Cox, E.J.,** 2011, « Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation J. Limnol». Guest Editors, 70(Suppl. 1): 147-154 - DOI: 10.3274/JL11-70-S1-11.
Cardenas MB. Wilson JL. &Zlotnik VA., 2004. « Impact of heterogeneity, bed forms, and stream curvature on subchannelhyporheic exchange». Water Resources Research **40**: 1-13.
Claret C., Marmonier P. & Dole-Olivier M.J., 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.
Crema S., Ferrarese U., Golo D., Modena P., Sambugar B. &Gerecke R., 1996, «Ricerchesullafaunabentonicaedbinterstiziale di ambientisorgentizi in area alpinaeprealpina». Report del Centro di EcologiaAlpina 8: 1-104. Order from CEA, Viote Monte Bondone, I 38040 Sardagna (TN), Italy.
Castellarini F., Dole-Olivier M.J., Malard F. Olivier JM &Gibert J., 2004. «Improving the strategy to assess the groundwater biodiversity in the meridional Jura (France) ». Symposium on world Subterranean Biodiversity, 8-10th December 2004, Villeurbanne, France. (Poster).

D

Datry T., Dole-Olivier M-J., Marmonier P., Claret C., Perrin J-F., Lafont M. et Breil P., 2008. « La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau ». Cemagref Lyon, UR BELY, Biologie des écosystèmes AquatiquesIn: Ingénieries - E A T, n° 54.
Danielopol D., 1980. «The role of limnologist in groundwater studies». Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie **65**: 777-791.
D'Angelo DJ, Webster JR, Gregory SV, Meyer JL, 1993. « Transient storage in Appalachian and Cascade Mountains streams as related to hydraulic characteristics». Journal of the North American Benthological Society **12**(3): 223-235.
Dent CL, Schade JD, Grimm, NB, Fisher SG, 2000. «Subsurface influences on surface biology.Dans Jones JB et Mulholland PJ (Eds) ». Streams and Ground Waters. Academic Press: 381-402.
Dole-Olivier M.J. &Marmonier P., 1992a, « Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors».FreshwaterBiology, 27: 177-191.
Dole-Olivier M.J., Malard F. & Gibert J., 2003, « Biodiversité dans les eaux souterraines ». Echo de la Petite Montagne, Journal d'un Pays Jurassien. 84, 3, 20-21.
Dole-Olivier M.J., Malard F., Martin D., Lefébure T., Gibert J., 2009, « Relationshipsbetweenenvironmental variables and groundwaterbiodiversity at the regionalscale ». FreshwaterBiology, 54 : 797-813.
Doussan C., 1994, « Transferts rivière-nappe et effet filtre des berges. Applications aux transferts de l'azote ». Mémoire des sciences de la terre, École des mines de Paris, N° 23.
Dumas P., Bou C., Gibert J., 2001, « Groundwater macrocrustaceans as natural indicators of the Ariège alluvial aquifer». Int. Rev. Hydrobiol. 86, 619–633.

E

Erman N.A., Erman D.C., 1995. « Spring permanence, Trichoptera species richeness, and the roleof drought». Pp. 50-64. In: Biodiversity of aquatic insects and other invertebrates in springs (L.C. Ferrington, Jr., ed.; Journal of the Kansas Entomological Society Special publication N°...).

F

Ferreira D., Malard F., Dole-Olivier M.J., &Gibert J., 2005. « Hierarchical pattern of obligate groundwater biodiversity in France». Proceedings on Symposium on World Subterranean Biodiversity, J. Gibert , Univ. Lyon 1 Ed., Lyon France.

Ferreira D. Malard F., Dole-Olivier M.J., &Gibert J., 2007.« Obligate groundwater fauna of France: diversity patterns and conservation implications». Biodiversity and Conservation 16/3, 567-596.

Findlay S., 1995, «Importance of surface-subsurface exchange in stream ecosystems: the hyporheic zone». Limnology and Oceanography **40**: 159-164.

Fraser, B. G., & Williams, D. D., 1998, «Seasonal boundary dynamics of a groundwater/surface-water ecotone». Ecology, 79(6), 2019–2031.

G

Gagneur J. et ChaouiBoudghène C., 1991, « Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'Ouest Algérien ». SPB AcademicPublishingbv, The Hague. Stygologia, 6(2) 77-89.

Gagneur J. &Yadi B., 2000, « Intérêt faunistique du peuplement des sources en Algérie et plus généralement en Afrique du Nord». Bull.Soc.Hist.Nat., Toulouse, 136, 33-42.

Gerecke R., Meisch C., Stoch F., Acri F. & Franz H., 1998,« Eucrenon/Hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae) ». In Botosaneanu L. (ed.), Studies in crenobiology. Backhuys Publishers, Leiden, 167–182.

Ghlala A., et Messana G., 2005, « Diversité de la faune souterraine » ,3p,

Gibert J., Dole-Olivier M. J., Marmonier P., Vervier P., 1990. « Surface water / groundwater ecotones ». Dans Ecology and management of aquatic terrestrial ecotones, RJ Naimanet H Décamps (Ed). UNESCO, Paris, and The Parthenon Publishing Group, Carnforth, England. Volume **4**: 199-225.

Gibert J., D. L. Danielopol and J. A. Stanford (Eds.) 1994, « Groundwater Ecology». Academic Press, San Diego, CA.

Griebler C., Mösslacher F., 2003. «Grundwasser–eineökosystemareBetrachtung».
In: Griebler, C., Mösslacher, F. (Eds.), Grundwasser-Ökologie. FacultasVerlags- und Buchhandels AG, Wien, pp. 255–310.

Gibert J., Brancelj A., Camacho A., Castellarini F., DeBroyer C., Deharveng L., Dole-Olivier M.J., Douady C., Galassi D., Malard F., Martin P., Michel G., Sket B., Stock F., Trontelj P. &Valdecasas A., 2005, « Groundwater Biodiversity. Protocols for the ASsessment and Conservation of Aquatic Life In the Subsurface (PASCALIS): overview and main results». Proceedings on Symposium on World Subterranean Biodiversity, J. Gibert , Univ. Lyon 1 Ed., Lyon France.

Griffith M.B. & Perry, S.A., 1993, « The distribution of macroinvertebrates in the hyporheic zone of two small Appalachian headwater streams». Archiv fur Hydrobiologie, 126, 373-384.

Grimm N. B., Fisher SG. 1984, « Exchange between interstitial and surface water: Implications for stream metabolism and nutrient cycling». Hydrobiologia**111** : 219-228.
Guerin M., 2006, « Etude de l'impact des facteurs physiques, géomorphologiques et paysagers sur l'embryogenese de la truite (Salmotrutta) et les échanges eaux de surface - eaux souterraines ». Master 2 Bassin versant Eau Sol. Université de Rennes 1. Agrocampus de Rennes. 24p.

H

Hahn, H. J. (2006), « A first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats».TheGWFauna-Index. Limnologica, 36, 119–137.
Hahn H. J., Fuchs, A., 2009. « Distribution patterns of groundwater communities across aquifer types in southwestern Germany». Freshw. Biol. 54, 848–860.
Hahn H.J., Friedrich E., 1999. « BrauchenwireinfaunistischbegründetesGrundwassermonitoring und was kannesleisten? »Grundwasser 4, 3–10.
Hendricks S.P., 1993. « Microbial ecology of the hyporheic zone: a perspective integrating hydrology and biology». 12(1): 70-78.
Harvey J.W., Bencala K. E., 1993. « The effect of streambed topography on surface–subsurface water exchange in mountain catchments». Water Resources Research **29**(1): 89-98.
Hedin LO, Von Fischer JC, Ostrom NE, Kennedy BP, Brown MG, Robertson GP., 1998, «Thermodynamic constraints on nitrogen transformations and other biogeochemical processes at soil-stream interfaces». Ecology **79** : 684-703.
Hinkle SR, Duff JH, Triska FJ, Laenen A, Gates EB, Bencala KE, Wentz DA, Silva SR, 2001, «Linking hyporheic flow and nitrogen cycling near the Willamette River - a large river in Oregon, USA ».Journal of Hydrology**244**: 157-180.
Holland MM., 1988, «SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries». Report of a SCOPE MAB workshop on ecotones. Biology international**17**: 47-106.
Howard KWF, Maier HS, Mattson SL, 2006, « Ground-surface water interactions and the role of the hyporheic zone». Dans Baba A, Howard KWF, Gunduz O (Eds) Groundwater and Ecosystems. Springer, 310 p.
Hunter KS, Wang Y., Van Cappellen P., 1998, «Kinetic modeling of microbially-driven redox chemistry of subsurface environments: coupling transport, microbial metabolism and geochemistry». Journal of Hydrology **209**: 53-80.

I

Ilmonen, J., Paasivirta L., Virtanen R. &Muotka T., 2009, «Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs». J. Biogeogr., 36: 822-834.

J

James ABW.,Dewson ZS., Death RG., 2008. « Do stream macroinvertebrates use instream refugia in response to severe short-term flow reduction in New Zealand streams? »FreshwBiol 53:1316–1334. doi:10.1111/j.1365-2427.2008.01969.x.

Jones JB, Mulholland PJ. 2000.«Streams and Ground Waters». Academic Press.
Judy L. Meyer, David L. Strayer, J. Bruce Wallace, Sue L. Eggert, Gene S. Helfman, Norman E.

L

Leonard, 2007, «The Contribution of Headwater Streams to Biodiversity in River Networks». Article first published online. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00008.x © 2007 American Water Resources Association.

Larkin Jr, Sharp J., 1992. «On the relationship between river basin geomorphology, aquifer hydraulics, and ground-water flow direction in alluvial aquifers». Geological Society of America Bulletin**104**: 1606-1620.

Lautz LK, Siegel DI, 2006, «Modeling surface and ground water mixing in the hyporheic zone using MODFLOW and MT3D». Advances in Water Resources **29**(11): 1618-1633.

Lautz LK, Siegel DI, Bauer RL, 2006. «Impact of debris dams on hyporheic interaction along a semi-arid stream ». Hydrological Processes**20**(1): 183-196.

Lencioni V., Marziali L., Rossaro B., 2012, « Chironomids as bioindicators of environmental quality in mountain springs Freshwater Science», The Society for Freshwater Science, DOI: 10.1899/11-038 31(2):000–000

M

Malard, F., Ferreira D., Doledec S., and Ward J. V., 2003a, «Influence of groundwater upwelling on the distribution of the hyporheos in a headwater river floodplain». ArchivfürHydrobiologie 157:89–116.

Malard F, Tockner K, Dole-Olivier MJ, Ward JV. 2002, «A landscape perspective of surface–subsurface hydrological exchanges in river corridors». Freshwater Biology**47**: 621-640

Malard, F., Ward, J.V., Robison, C.T., 2000, «An expanded perspective of the hyporheic zone», Verhandlungen der InternationalenVereinigungfürTheoretische und AngewandteLimnologie , n° 27, p. 431-437.

Marion A, Bellinello M, Guymer I, Packman A. 2002. «Effect of bed form geometry on the penetration of non-reactive solutes into a stream bed». Water Resources Research**38**(10), 1209, doi: 10.1029/2001WR000264.

Marmonier, P., 1988. «Bedsediments communities and interstitial water flows in the underflow of a regulated channel of the Rhoˆne River». Ph.D. thesis. Villeurbanne (France): Laboratoire Hydrobiologie et Ecologie des Eaux Souterraines.

Marmonnier P., Vervier P., Gibert J. et Dole M.J., 1993. « Biodiversity in groundwaters ». Trends in ecology and Evolution, 8(11): 392-395.

Marmonier P., Creuzé des Châtelliers, M., Dole-Olivier M.J., Claret C. &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.

Meyer, J.L., D.L. Strayer, J.B. Wallace, S.L. Eggert, and G.S. Helfman, 2007. «The Contribution of Headwater Streams to Biodiversity in River Networks. Journal of the American Water Resources Association». 43, DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00008.x.

Morrice JA, Valett HM, Dahm CN, Campana ME., 1997. «Alluvial characteristics, groundwater–surface water exchange and hydrological retention in headwater streams». Hydrological Processes 11: 253-267.

N

Naiman RJ, Décamps H, Pastor J, Johnston CA. 1988.«The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems». Journal of the North American Benthological Society**7**(4): 289-306.

Négrel, P., Petelet-Giraud, E., Barbier, J., Gautier, E., 2003, « Surface water–groundwater interactions in an alluvial plain: chemical and isotopic systematic». J. Hydrol. 277, 248–267.

O

Olsen DA, Townsend CR, 2005, «Flood disturbance and the hyporheic zone of a gravelbed stream: effects on invertebrates, sediments and particulate organic matter». Freshwater Biology 50: 839-853.

Orghidan T., 1959. « Einneuer Lebensraum des unterirdischenWassers». Der hyporheischeBiotop. Arch. F. Hydrobiol., 55(3): 392- 414.

Orghidan, T., 2010. «A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope». Fund ApplLimnol 176:291–302. doi:10.1127/1863-9135/2010/0176-0291

P

Packman AI, Salehin M.,2003. « Relative roles of stream flow and sedimentary conditions in controlling hyporheic exchange». Hydrobiologia**494**: 291-297.

Ponnamperuma FN. 1972. «The chemistry of submerged soils». Advances in Agronomy **24**: 29-61.

Poole G. C., Stanford J. A., Running S. W., &Frissell C. A. 2006. «Multiscale geomorphic drivers of groundwater flow paths: Subsurface hydrologic dynamics and hyporheic habitat diversity». Journal of the North American Benthological Society, 25(2), 288–303.

Pusch M., Schwoerbel J., 1994. «Community respiration in hyporheic sediments of a mountain stream (Steina, Black Forest) ». ArchivfürHydrobiologie**130**: 35-52.

S

Schmidt S.I., Hellweg J., Hahn H.J., Hatton T.J., Humphreys W.F., 2007b. « Does groundwater influence the sediment fauna beneath a small, sandy stream?». Limnologica 37, 208–225. Elsevier.

Schwoerbel J., 1964. « Die Bedeutung des Hyporhealsfür die bentischenLebensgemeinschaften des Fliessgewässers». Verhandlung der InternationalenVereinigungfürTheoretische und AngewandteLimnologie**15**: 215-226.

Schwoerbel J., 1967. « Das hyporheische Interstitial alsGrenzbiotopzwischenoberirdischem und subterranemÖkosystem und seine Bedeutungfür die Primär-Evolution von Kleinsthölenbewohnern» .ArchivfürHydrobiologie33: 1-62.

Sophocleous M., 2002. « Interactions between groundwater and surface water: the state of the science». Hydrogeology Journal 10: 52-67.

Stanford JA, Ward JV, 1993. «An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor». Journal of the North American Benthological Society12(1): 48-60.

Steven K. Reynolds and Arthur C. Benke. 2012, «Chironomid production along a hyporheic gradient in contrasting stream types». Freshwater Science 31:1, 167-181 Online publication date: 1-Mar-2012.

Stubbington R., Wood P.J., Reid I., Gunn, J., 2011, « Benthic and hyporheic invertebrate community responses to seasonal flow recession in a groundwater-dominated stream».Ecohydrology (early view) 4. doi:10.1002/eco.168.

T

Thoms MC., 2003, «Floodplain–river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference». Geomorphology **56**: 335-349.

Triska FJ, Kennedy VC, Avanzino RJ, Zellweger GW, Bencala KE. 1989. «Retention and transport of nutrients in a third-order stream in northwestern California: hyporheic processes». Ecology **70**(6): 1893-1905.

Triska FJ, Duff JH, Avanzino RJ, 1993a.«Patterns of hydrological exchange and nutrient transformation in the hyporheic zone of a gravel-bottom stream: examining terrestrial-aquatic linkages». Freshwater biology **29**(2): 259-274.

Trotter EH.,1990.«Woody debris, forest-stream succession, and catchments geomorphology». Journal of the North American Benthological Society**9**(2): 141-156.

V

Valett HM, Fischer SG, Stanley EH. 1990. «Physical and chemical characteristics of the hyporheic zone of a Sonoran Desert stream». Journal of the North American Benthological Society **9**: 201-215.

Vanek V. 1997. «Heterogeneity of groundwater-surface water ecotones. Groundwater/Surface water ecotones (Eds. Gibert J., Mathieu J. et Fournier F.) ». Cambridge University Press 151-161, Cambridge, UK.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE, 1980, «The River Continuum Concept». Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **37**(1): 130-137.

Vaux W.G., 1962. «Interchange of stream and intergravel water in Salmon spawning riffle». U.S. Fish and Wildlife Service Special Science Report, Fisheries 405.

Vaux W.G., 1968. «Intergravel flow and interchange of water in a streambed». Fishery Bulletin 66: 479-489.

Vervier P., NaimanRJ., 1992. « Spatial and temporal fluctuations of dissolved organic carbon in subsurface flow of the Stillaguamish River (Washington, USA) ». ArchivfürHydrobiologie**123**: 401-412.

W

Ward JV, Stanford JA, 1982. «Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects». Annual review of enthomology**27**: 97-117.

White DS.,1993. « Perspectives on defining and delineating hyporheic zones». Journal of the North American Benthological Society **12**(1): 61-69.

Williams D.D., 1977. «Movements of benthos during the recolonization of temporary streams». Oikos 29:306-312.

Williams D.D., 1984. «The hyporheic as a habitat for aquatic insects and associated arthropods». Pages 430-455 inResh V.H. and Rosenberg D.M. (editors). The ecology of aquatic insects. Praeger Publishers, New York.

Williams D.D. & Hynes H.B.N., 1976. «The recolonization mechanisms of stream benthos». Oikos 27:265-272.

Williams D.D. & Hynes H.B.N., 1977. « The ecology of temporary streams: I. General remarks on temporary streams». Int.Rev.ges.Hydrobiol., 62: 53-61.

Woessner W.W. 2000. « Stream and fluvial plain groundwater interactions: Rescaling hydrogeologic thought». Ground Water **38**(3): 423-429.

Wroblicky GJ, Campana ME, Valett HM, DahmCN. 1998. «Seasonal variation in surface–subsurface water exchange and lateral hyporheic area of two stream–aquifer systems». Water ResourcesResearch**34**(3) : 317-328.

Y

Yacoubi-Khebiza, M., 1987. «Etude de la faune hyporhéique d'un oued du Haut-Atlas de Marrakech, l'oued N'Fis et ses affluents au voisinage du barraqeLallaTakerkoust». Mém.D.E.A. Fac.Sci.Univ.Semlalia, Marrakech, 27pp.

Yadi H.B., 1985. « Ecologie comparée de trois sources de la région de Tlemcen», Mémoire d'Igéniorat, univ Tlemcen (Algérie). 46p.

Z

Zollhöfer J.M.1999, «Spring Habitats in Northern Switzerland: Habitat Heterogeneity»,Zoobenthic Communities, and Colonization Dynamics, Diss. ETH No. 13 209 Zürich. 142pp.

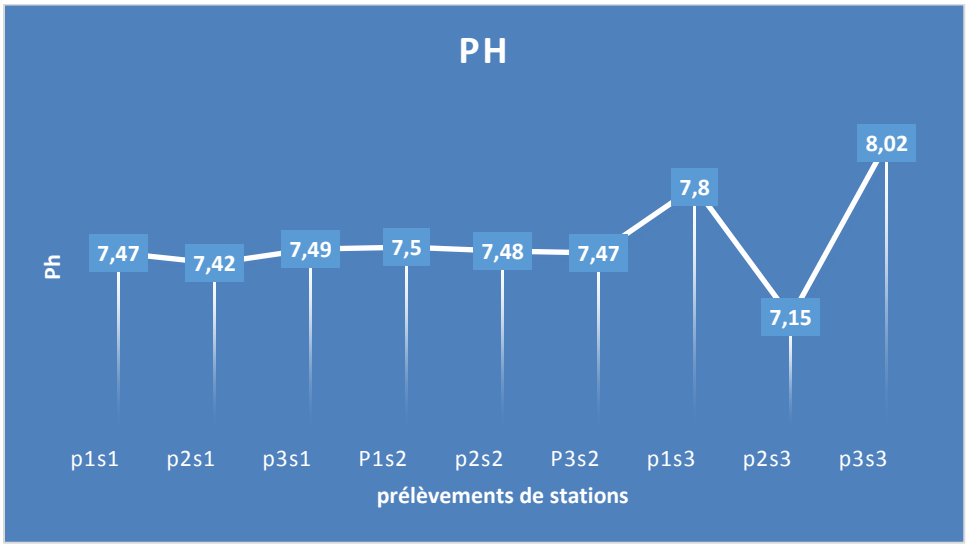
Zollhöfer J.M., Brunke A. &Gonser T. 2000. « A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna ». Archivfür Hydrobiologie Supplement, 121, 349–376.

Zlotnik VA, Huang H, Butler J.Jr., 1999. « Evaluation of stream depletion considering finite stream width, shallow penetration, and properties of streambed sediments». Originally presented at the Water 99 Joint Congress - Brisbane, Australia, July 6-8, 1999.

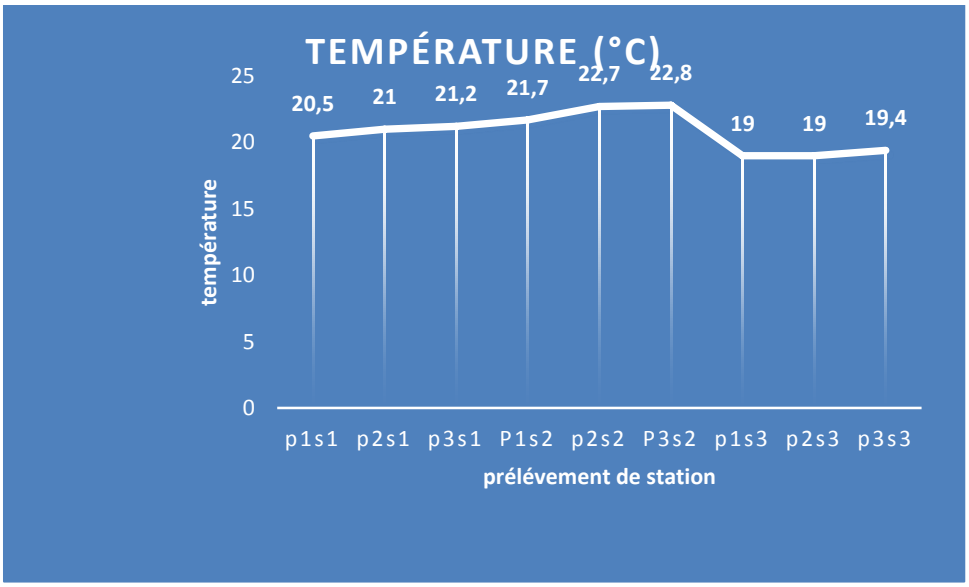
Annexes

Annexes:

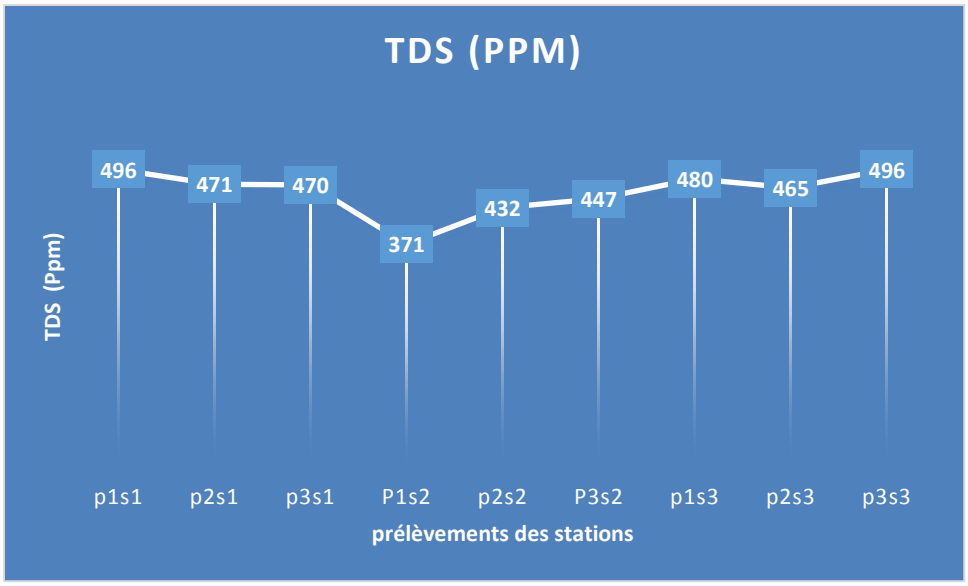
Représentation graphique de différents paramètres physico-chimiques de l'analyse de l'eau d'oued agrioun



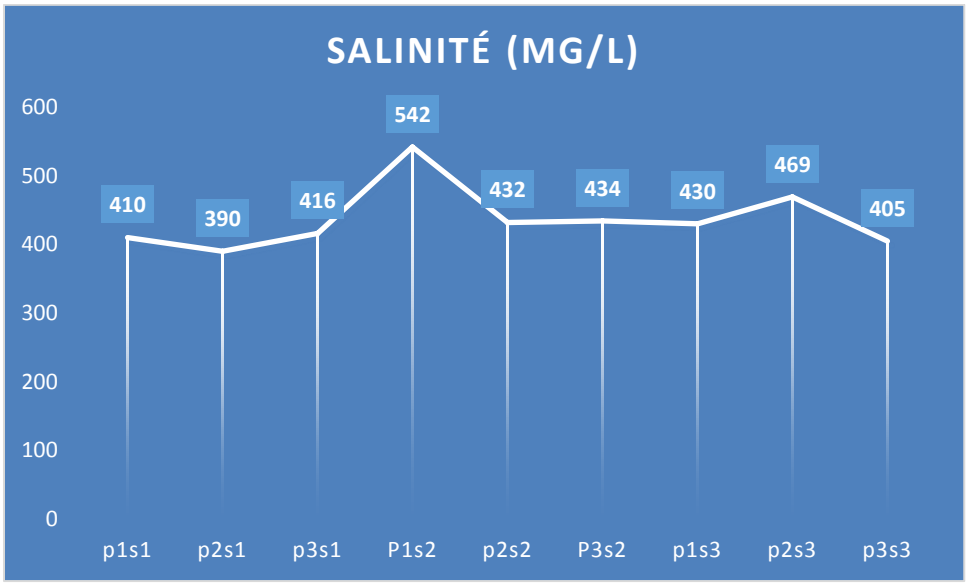
Annexe1 :prélèvement du PH dans les trois stations



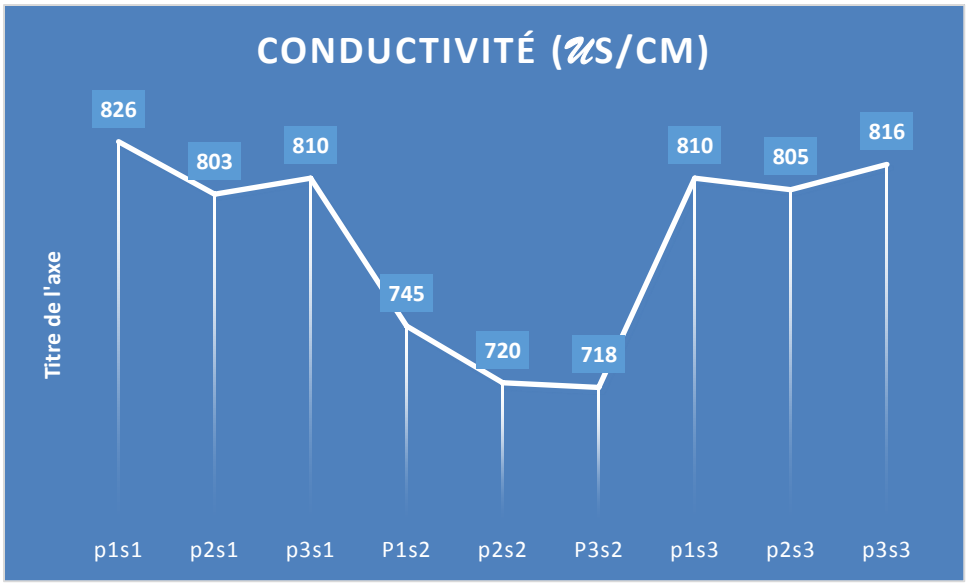
Annexe2 : prélèvement du Température dans les trois stations



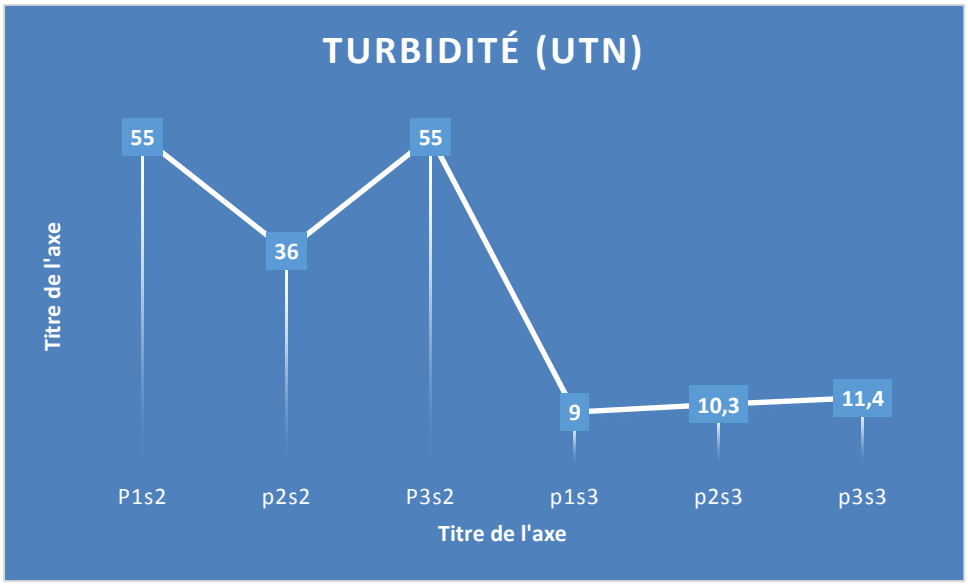
Annexe3 : prélèvement du TDS dans les trois stations



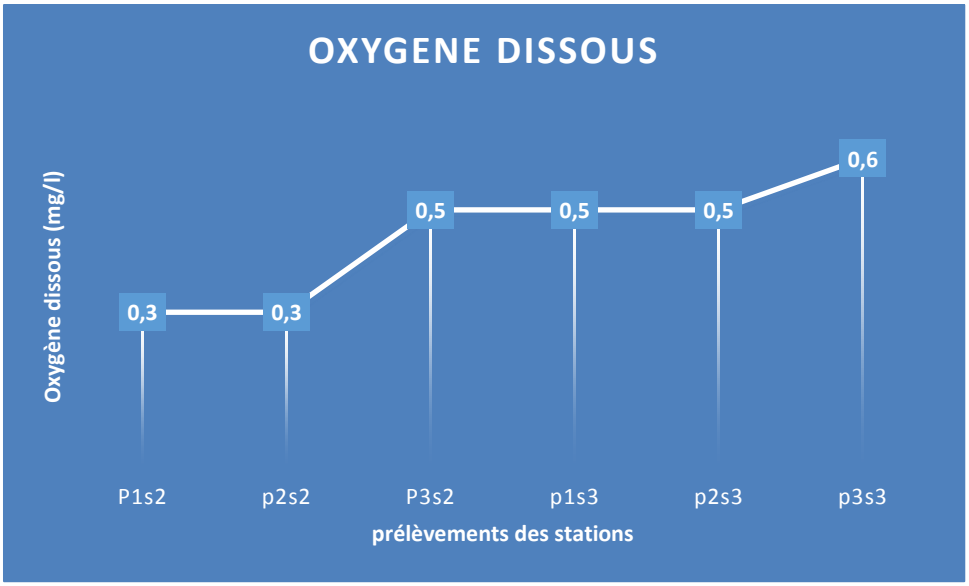
Annexe4 : prélèvement du Salinité dans les trois stations



Annexe5 : prélèvement du Conductivité dans les trois stations



Annexe6 : prélèvement du Turbidité dans les trois stations



Annexe7 : prélèvement du Oxygène Dissous dans les trois stations

Glossaire

Glossaire

Débit : quantité de fluide fournie en un endroit et un temps donnés.

Downwelling : Terme anglophone désignant la zone d'infiltration de l'eau de surface vers l'hyporhéique

Érosion : altération de l'écorce terrestre par les agents atmosphériques, hydrologiques, ou par l'action de l'homme.

Étiage : correspond à la période de faible débit, généralement l'été pour les régimes pluviaux.

Euryèce : espèce à grande valence écologique (capable de peupler des milieux très différenciés, et supporter des variations importantes de l'intensité des facteurs écologiques.

Eutrophisation : forme singulière de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent

Facteur édaphique : facteur relatif au rapport entre les caractéristiques du sol et la répartition des animaux et des végétaux.

Frayère : lieu de reproduction et de dépôt des œufs des poissons.

Hydromorphologie: étude de la morphologie des cours d'eau, c'est-à-dire de la forme du lit et des berges qui est façonnée par le régime hydrologique de la rivière.

Input Terme anglophone désignant l'incorporation de la matière organique dans le milieu hyporhéique.

In situ *:* dans son environnement naturel ; dans la place origine.

Lit majeur : partie adjacente au chenal principal du cours d'eau, inondée en cas de crue.

Lit mineur : partie occupée en permanence par le cours d'eau, délimitée par les berges.

Mouille : partie profonde du lit du cours d'eau correspondant à une zone de surcreusement par passage d'une veine de courant érodant le fond du lit. On oppose souvent ce terme à celui de seuil naturel.

Output : Terme anglophone désignant le largage des produits issus de l'utilisation de la matière organique du milieu hyporhéique vers le cours superficiel.

Poïkilothermes : animaux à sang froid

Ripisylve : formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau.

Sédiment : accumulation d'éléments provenant de la désagrégation, de la dissolution de roches préexistantes, transportés et déposés par les eaux, le vent, ou de matières d'origine organique.

Upwelling : Terme anglophone désignant la zone d'exfiltration de l'eau de hyporhéique à la

Surface.

Résumé

Les écosystèmes alluviaux présentent une richesse naturelle appréciable, qui donne lieu aux peuplements anthropiques en laissant des impacts alarmants sur l'écologie de surface et de l'aquifère

C'est pour cela notre étude est consacré pour mettre en évidence le système écohydrobiologique d'oued agrioun, en analysant quelques paramètres physico-chimiques et granulométriques dans le lit majeur et lit mineur en étudiant leur probable influence sur les échanges surface/ souterrain et fonctionnement de la zone hyporhéique qui est considéré comme zone d'écotone.

Mots clés :la zone hyporhéique, sédiment,zone riveraine.

Abstract

The alluvial ecosystems present an appreciable natural wealth, which give site for anthropic populating giving harmful impacts for surface and aquifer ecology.

Therefore, our study established to underline the ecohydrobiologic system of ouedagrioun by analyzing some granulometric and physico-chimic parameters in major and minor bed (streambed) by studying them expected effects on surface and subsurface functioning in the hyporheic zone, which considered as an ecotone zone.

Key words: hyporheic zone, sediments,riparian zone**.**

ملخص :

النظم الايكولوجية للمجاري المائية، تقدم ثراء طبيعي معتبر، الذي يتيح الفرصة للاستقرار و التعمير بالنسبة للإنسان، مخلفا بذلك أثار حادة للايكولوجية السطحية و الجوفية.

هذا هو السبب في تكريس دراستنا لتسليط الضوء على النظام الايكوهيدربيولوجي لواد أقريون، محللين بعض المعايير الفيزيوكميائية كحجم وشكل الجزيئات في السهول دارسينا تأثيرها المحتمل على التغيرات سطح/أعماق ووظيفة المنطقة الشبه الجوفية التي تعتبر بمثابة منطقة بيئية انتقالية.

الكلمات المفتاحية : الوسط الشبه الجوفي، الرواسب، المنطقة المشاطئة.