Sommaire

- **Introduction générale** 1

Chapitre I : La biodiversité hyporhéique 5

I. Introduction : L'hyporhéique ; un milieu, plusieurs définitions 5
II. La biodiversité au sein de la zone hyporhéique 7
III. Les différents types de faune interstitielle du sous écoulement 9
IV. Facteurs influençant la répartition de la faune dans l'hyporhéique 12
A. Géomorphologie du cours d'eau 13
B. Les facteurs physicochimiques 16
C. Les facteurs biotiques 17
D. Les perturbations environnementales 18

Chapitre II : Etude du milieu physique 19

- Aperçu du bassin versant de la Tafna 19
A. Présentation du bassin versant 19
B. Les réseaux hydrographiques 19
- Aperçu de l'oued Khémis 19
- Aperçu de l'oued Sikkak 20
- Aperçu de l'oued Chouly 20
C. Géologie 21
- Le bassin amont 22
- Le bassin aval 22

D. Hydrologie et hydrogéologie 24
E. Pédologie 25
F. Climatologie régionale 25

- Etude climatique 26
a. Température 26
b. Précipitations 30

c. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) 34

G. Description et localisation des stations étudiées 38

- Description et localisation des stations étudiées 40
- Description et localisation des sources 47

Chapitre III : Matériels et méthodes 58

A. Protocole d'échantillonnage 58
B. Analyse physicochimique 58
- La température 58
- Le potentiel d'Hydrogène 58
- La conductivité électrique 58

- Le gradient hydraulique 59

C. Prélèvements faunistiques 60
- Méthode de récolte de la faune 60

▪ La faune hyporhéique 60
▪ La faune des sources 65
- Tri et détermination 65
- Indice de diversité de Shannon H' 66
- Traitements statistiques 66

▪ Test Kriskal-Wallis 66
▪ Analyse factorielle des correspondances (AFC) 66

Chapitre IV: Résultats et Interprétations 67

I. Interprétation des résultats physicochimiques 67
A. Evolution spatio-temporelle du gradient hydraulique (VHG) 67
B. Evolution spatio-temporelle de la température 69
C. Evolution spatio-temporelle du potentiel d'Hydrogène (pH) 71
D. Evolution spatio-temporelle de la conductivité (Ec) 73
II. Résultats faunistiques 75
A. Composition faunistique 75
- Composition faunistique globale 75
- Composition faunistique de chaque station (hyporhéique et sources confondus) 80
▪ Station de l'oued Tafna T_0 80
▪ Station de l'oued Khémis K_0 83
▪ Station de l'oued Chouly C_0 86
▪ Station de l'oued Sikkak SS 89
B. Variations spatio-temporelles de la faune 92
- Structure spatio-temporelle de la faune de l'hyporhéique 92
▪ Richesse spécifique 92
▪ Abondance relative de la faune des stations étudiées 93
▪ Indice de diversité de Shannon H' 94
- Structure spatio-temporelle de la faune des sources 95
▪ Richesse spécifique 95
▪ Abondance relative 96
▪ Indice de diversité de Shannon H' 97
- Abondance relative globale des taxons prélevés 98
→ Au niveau de l'hyporhéique 98
- Abondances spatio-temporelles des taxons stygobies 98
- Abondances relatives spatiale des Crustacés Isopodes 98
- Abondances spatio-temporelles des taxons stygobies 99
- Abondance spatio-temporelle globale de la faune interstitielle 100
- Abondances spatio-temporelles d'autres taxons 105
→ Au niveau des sources 107
- Abondances spatio-temporelles de la faune des source 107
- Abondances spatiales des taxons stygobies au niveau des sources 108
- Abondances temporelles des taxons stygobies 109
C. Variabilité spatiale globale de la faune - hyporhéique et sources (AFC) 111

D. Variabilité spatiale de la faune de l'hyporhéique 114
E. Variabilité temporelle globale de la faune des stations l'hyporhéique 118

- **Discussion** 119
- **Conclusion** 125

Références bibliographiques 127

Liste des figures

Figure n°1 : La zone hyporhéique.

Figure n°2: Les différents termes utilisés pour la classification de la faune vivant dans les sédiments.

Figure n°3 : La biocénose interstitielle d'un sous-écoulement.

Figure n°4 : Echanges entre le cours d'eau et la zone hyporhéique.

Figure n°5: Réseau Hydrographique du bassin versant de la Tafna.

Figure n° 6: Carte géologique de la wilaya de Tlemcen.

Figure n°7 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période1980-2004 dans les stations de Sebdou.

Figure n°8 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période 1980-2008 dans les stations de Saf Saf , Ouled Mimoun et Zenata.

Figure n°9 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période 1970-2010 dans la station de Beni Bahdel.

Figure n°10 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1980-2004 dans les stations de Sebdou.

Figure n°11 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1980-2008 dans les stations de Saf Saf , Ouled Mimoun et Zenata.

Figure n°12 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1970-2010 dans la station de Beni Bahdel.

Figure n°13 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Sebdou (1980-2004).

Figure n°14 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Zenata (1980-2008).

Figure n°15: Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Saf Saf (1980/2008).

Figure n°16 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station d'Ouled Mimoun (1980/2008).

Figure n°17 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Beni Bahdel (1970/2010).

Figure n°18 : Schéma hiérarchique de la localisation des stations par rapport au bassin versant de la Tafna.

Figure n°19: Localisation des stations sur la carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Tafna de Gagneur et Thomas (1988).

Rapport-Gratuit.com

Figure n°20 : les variations du gradient hydraulique.

Figure n°21 : Schéma de la Pompe Bou-Rouch.

Figure n° 22: Localisation des piézomètres des 4 stations de l'hyporhéique tirée de la carte hydrogéographique de la Wilaya de Tlemcen réalisée par l'ANAT.

Figure n°23 : Ensemble de figures représentant la variation spatio-temporelle du gradient hydraulique des piézomètres de chaque station.

Figure n°24 : Ensemble de figures représentant la variation spatio-temporelle de la température des piézomètres de chaque station.

Figure n°25 : Ensemble de figures représentant la variation spatio-temporelle du pH des piézomètres de chaque station.

Figure n°26 : Ensemble de figures représentant la variation spatio-temporelle de la conductivité des piézomètres de chaque station.

Figure n°27 : Structure générale des groupes zoologiques de l'ensemble des

Figure n°28 : Ensemble de figures représentant les abondances relatives des groupes zoologiques dans l'ensemble des stations.

Figure n°29 : Structure générale des groupes zoologiques de la station T0.

Figure n°30 : Ensemble de figures représentant les abondances relatives des groupes zoologiques de la station T0.

Figure n°31 : Structure générale des groupes zoologiques de la station K0.

Figure n° 32 : Ensemble de figures représentant les abondances relatives des groupes zoologiques de la station K0.

Figure n°33 : Structure générale des groupes zoologiques de la station C0.

Figure n°34 : Ensemble de figures représentant les abondances relatives des groupes zoologiques de la station C0.

Figure n°35 : Structure générale des groupes zoologiques de la station SS.

Figure n°36 : Ensemble de figures représentant les abondances relatives des

Figure n°37 : Variations spatio-temporelles de la richesse spécifique de l'hyporhéique des 4 stations

Figure n°38 : Variations spatio-temporelles de l'abondance relative de l'hyporhéique des 4 stations.

Figure n°39 : Variations spatio-temporelles de l'indice diversité de Shannon H' de l'hyporhéique des 4 stations.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Figure n°40: Variations spatio-temporelles de la richesse spécifique des sources des 4 stations.

Figure n°41 : Variations spatio-temporelles de l'abondance relative des sources des 4 stations.

Figure n°42 : Variations spatio-temporelles de l'indice de Shannon H' des sources.

Figure n°43 : Abondances relatives spatio-temporelle des Crustacés Isopodes

Figure n°44 : Abondances spatiotemporelles de la faune stygobie.

Figure n°45 : Abondance relative temporelle de la faune interstitielle toutes

Figure n°46 : Ensemble d'histogrammes représentant les abondances spatiotemporelles de la faune interstitielle.

Figure n°47 : Abondances spatio-temporelles d'autres taxons.

Figure n°48 : Abondances spatio-temporelles de la faune des sources

Figure n°49 : Abondances spatiales des taxons stygobies.

Figure n°50 : Abondances spatiales des Isopodes

Figure n°51 : Abondances temporelles des taxons stygobies.

Figure n°52 : Abondances spatio-temporelles des Isopodes.

Figure n°53 : Variation spatiale des taxons.

Figure n°54 : Variation spatiale des taxons de stations de l'hyporhéique.

Figure n°55 : Variation temporelle de la distribution de la faune de l'hyporhéique.

Liste des tableaux

Tableau n°1: Températures moyennes mensuelles.

Tableau n°2: Précipitations moyennes mensuelles.

Tableau n°3 : Caractéristiques des stations.

Liste des photographies

Photo 1 : Station T_0

Photo 2: Station K_0

Photo 3: Station SS

Photo 4 : Station C_0

Photo 5 : Ghar Boumaâza

Photo 6 : Phototype des Sources T_{01}, T_{02} et T_{03}

Photo 7 : Source Ain Sidi Bouaâddi

Photo 8 : Source Ain Takhmert

Photo 9 : Source Ain Secta

Photo 10 : Source Ain Ourida

Photo 11 : Source Ain el Kabli

Photo 12 : Source C_{01}

Photo 11 : Vue de la pompe Bou-Rouch sur une rive

Photo 12 : Introduction de la sonde dans le substrat à l'aide d'une masse

Photo 13 : Pompage de l'eau interstitielle

Photo 14 : Echantillonnage à l'aide du filet au niveau d'une source

Introduction générale

Introduction générale :

Quelque soit le canevas d'une étude donnée sur le milieu hyporhéique des cours d'eau, ce dernier ne peut être présenté sans énoncer Orghidan (1959) dont la toute première utilisation de ce terme lui revient et qui décrit cette interface comme un nouvel environnement souterrain contenant un biotope distinctif.

Donc, la reconnaissance de la zone hyporhéique en tant que composante intégrale des cours d'eau a élargi l'étendue spatiale de l'écosystème lotique pour inclure une dimension verticale (Ward, 1989), et la faune distinctive qui l'occupe a été découverte dans les années 1900, et l'intérêt initial s'est focalisé sur la description, la taxonomie, et les implications biogéographiques de ces découvertes (revu par Danielopol, 1982).

Le problème global de la perte irrémédiable de la biodiversité dans les habitats aquatiques (Claret et al., 1999), et qui sont d'avantage à surveiller vu le manque de données sur ce milieu (Marmonnier et al., 1993) ; nous a motivé à entamer cette étude.

Bien que la biodiversité soit conventionnellement considérée comme étant la richesse et la diversité des espèces dans un sens taxonomiques (Körner, 1993 ; Richardson & Cowling, 1993 ; Naeem et al., 1994 ; Naeem, 1998) des mesures fonctionnelles ont aussi été évoqués à cause des liens forts entre la biodiversité des espèces et des différents processus des écosystèmes (Chapin et al, 1992 ; Walker, 1992 ; Lawton, 1994 ; Johnson et al., 1996). En utilisant l'approche fonctionnelle, on peut comparer les assemblages interstitiels à une échelle locale mais aussi régionale, et faire un inventaire de la biodiversité dans ce milieu (Claret et al., 1999).

Selon Belaidi et al. (2004), la zone hyporhéique détient une forte hétérogénéité structurelle dépendante plus souvent de la géomorphologie de la rivière, de la circulation de l'eau dans le milieu hyporhéique et des échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Toujours selon cet auteur, la zone interstitielle dans l'oued Tafna a été peu investiguée en comparaison avec les eaux de surface principalement à cause des difficultés d'échantillonnage (le substrat est formé de bloc et de sédiment grossier cimentés par l'argile).

En outre, si l'on se concentre sur le concept du continuum fluvial (Vannote et al., 1980 ; Polis et al., 1997 ; Gomi et al., 2002 ; Power et Dietrich, 2002 ; Moore et Richardson, 2003 ; Lowe et Likens, 2005, Lecerf, 2005), on se rend compte que le milieu lotique interagit

continuellement avec les systèmes adjacents longitudinalement (zonation amont-aval de Strhaler (1952) ou d'Illies et Botosaneanu (1963) ou bien celle de Huet (1959), latéralement (échanges entre cours d'eau et plaine alluviale) et verticalement (milieu souterrain, zone hyporhéique) (Naiman et al, 1988a ; Ward, 1989 ; Vervier et al, 1992). En même temps, les écosystèmes aquatiques sont presque invariablement connectés à d'autres écosystèmes à cause de la force des mouvements d'eau qui facilitent les échanges physiques, chimiques et biologiques entre les écosystèmes **(**Gary et al., 2010).

Les cours d'eau de têtes de bassins versants forment les premiers maillons du réseau hydrographique, contrôlent la structure et le fonctionnement des cours d'eau d'ordres supérieurs (Lecerf, 2005 ; Baudoin 2007), et ont un rôle crucial qui est de soutenir la structure, la fonction, la productivité et la biocomplexité des écosystèmes des cours moyens et inférieurs des cours d'eau (Naiman et al., 1987; Haigh et al., 1998 ; Meyer and Wallace, 2001; Gomi et al., 2002; Wipfli and Gregovich, 2002; Compton et al., 2003).

Ces têtes de bassins servent de refuge et une 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 ripilsyve.

D'autre part, ce travail s'est aussi penché sur le rôle ou l'impact de quelques facteurs environnementaux (température de l'eau ; altitude ; géomorphologie des cours d'eau ; pollution..) sur la structure faunistique du milieu hyporhéique en particulier, ainsi que l'effet de la proximité des sources sur ce milieu car ces dernières sont aussi des habitats uniques qui contribuent significativement à la biodiversité grâce à la haute complexité de leur habitat et bien que les sources sont généralement petites, elles offrent souvent une très bonne qualité d'eau et pourvoient ainsi des habitats pour des espèces endémiques ou très sensibles aux perturbations anthropiques (pollution et pompages) et sont souvent très riche en espèces (Cantonati, 2012a, 2012b).

Certains auteurs ; à ne citer que les études les plus récentes ; se sont intéressés séparément soit à l'étude de la biodiversité du milieu hyporhéique ou interstitiel (Benazouz, 1983 ; Chaoui Boudghène, 1984 ; Williams, 1984 ; Yacoubi-Khebiza, 1987 ; Marmonnier, 1988 ; Gibert et al., 1990 ; Gagneur et Chaoui Boudghène, 1991 ; Marmonnier et al., 1993, Griffith & Perry, 1993; Marmonnier et al., 1997 ; Claret et al ., 1999 ; Malard et al., 2002 ; Claret et al., 2003 ; Belaidi et al, 2004 ; Boulton et al., 2004 ; Gibert et al., 2005, James et al., 2008, Orghidan, 2010, Stubbington et al., 2011, Steven et al., 2012…) ou à celle du milieu phréatique (sources, puits…etc.) (Giudicelli et Dakki, 1980, 1984 ; Boutin et Boulanouar, 1984 ; Yadi, 1985 ; Boulanouar, 1986 et 1995 ; Erman et Erman, 1995 ; Crema et al., 1996 ; Claret et al., 1997 ; Williams et al, 1997 ; Boulal et al., 1997 ; Botosaneanu, 1998 ; Gerecke et al., 1998 ; Zollhofer, 1999 ; Gagneur et Yadi, 2000 ; Boulal, 2000 ; Zollhofer et al ., 2000 ; Dole-Olivier et al., 2003 et 2009 ; Castellarini et al., 2004 ; Ghlala et Messana, 2005 ; Ferreira et al., 2005 ; Ferreira et al., 2007, Ait Boughrous, 2007, Ilmonen et al., 2009, Cantonati et al., 2011, Lencioni et al.,2012,…).

En revanche, peu de recherches se sont étendues sur le biotope hyporhéique en incorporant l'étude de la faune phréatique (puits, sources..). Aux USA, Pennak et Ward (1986) se sont intéressés aux communautés de la faune interstitielle dans le milieu hyporhéique et dans les biotopes d'eaux souterraines de cours d'eau de la montagne du Colorado. On peut citer à titre d'exemples les travaux de Chafiq et al. (1992), en France, sur l'hyporhéique et les sources du Haut Rhône, et l'étude de Bendiouis- Chaoui Boudghène (1991)), et de belaidi et al 2004 en Algérie, qui avaient, en Algérie, qui avait déjà opté pour l'étude simultanée de la faune du milieu hyporhéique et du milieu phréatique – sources et puits - pour mettre en exergue les convergences existant entre ces deux milieux non seulement d'un point de vue faunistique mais aussi physicochimique (Taleb et al 2008). Plus récemment, Schmidt et al. (2007b), en Australie, et Bork et al. (2009), en Corée du Sud, avaient conduit des travaux sur la possible connexion entre la faune des rivières et de leur hyporhéique ainsi que les puits.

Le but de cette étude a été ; d'une part ; d'identifier et de mettre en évidence les affinités et/ou les divergences existantes entre la composition de la faune hyporhéique des oueds des têtes de bassins aux alentours des sources dans les monts de Tlemcen (Algérie) et les prélèvements benthiques de la faune des sources ; appelée communément « crénon » ; des têtes de bassin, à ce propos, Lowe & Likens (2005) déclarent que le fonctionnement des

cours d'eau de tête de bassin représente un enjeu majeur pour la gestion de la ressource en eau et l'orientation des recherches futures sur la biodiversité.

Chapitre I :

La biodiversité hyporhéique

Chapitre I : La biodiversité hyporhéique :

I. Introduction : L'hyporhéique ; un milieu, plusieurs définitions : (fig n°1)

Le mot hyporhéique dérive du mot grecque utilisé pour l'écoulement ou le courant (rhéo) et sous (hypo). La définition de l'hyporhéique ; entant qu'habitat entre les interstices qui contient une proportion du chenal ou qui a été altéré par les infiltrations des eaux superficielles du chenal. Il sépare le milieu superficiel des eaux souterraines (White, 1993).

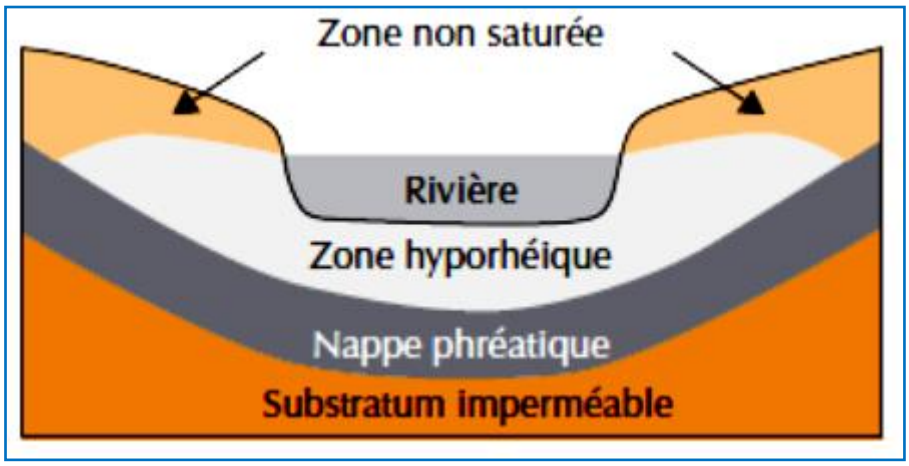

Figure n°1 : Schéma de la zone hyporhéique (Malard et al., 2000).

Brunke et Gonser (1997) ont mis l'accent sur la complexité de la définition de l'hyporhéique. Dans ce sens, il faut noter que la nature de la zone hyporhéique varie fortement d'un cours d'eau à un autre dépendant de la géologie et de l'hydrogéologie du bassin drainé (Leopold et al., 1964 ; Hynes, 1983 ; Creuzé des Châtelliers et Reygobellet, 1990 ; Valett et al., 1990).

Yacoubi-Khebiza et Boutin (1997) soulignent l'idée qu'il n'existe pas une définition précise et unique de la zone hyporhéique car son étude passe par plusieurs disciplines. Toutefois la définition de ce milieu devrait inclure les aspects de la biologie, de la chimie, de l'hydrologie, de la géomorphologie,…etc (White, 1993). Les géographes ; par exemple ; le désignent sous le terme d'inféroflux (Lambert, 1996) qui constitue d'un point de vue biologique un milieu de vie particulier abritant une faune interstitielle ou fouisseuse (Yacoubi-Khebiza et Boutin, 1997).

Le milieu hyporhéique tel qu'il est défini pour la première fois par Orghidan (1959) est le biotope des interstices qui séparent les grains de sable et de graviers des dépôts alluvionnaires des cours d'eau et dans lesquels l'eau circule, c'est une zone transitoire bien distincte entre les eaux de surface et celles souterraines.

Il rentre dans la définition de l'écotone faite par Cléments (1905) qui le représente comme zone de jonction entre deux communautés où le processus d'échange et/ou de compétition entre milieux sont observés, mais Gibert (1991) a donnée une définition plus spécifique et définit les écotones superficiel/souterrain comme une zone de transition où les limites entre systèmes écologiques sont très contrastées. A diverses échelles d'espaces et de temps, ils permettent, favorisent, filtrent ou interdisent les échanges. Boulton et al (1998) ont aussi défini la zone hyporhéique entant qu'un écotone actif entre la surface du cours d'eau et des eaux souterraines, où l'eau, les nutriments et la matière organique sont échangés. il est hétérogène et varie temporellement et spatialement (Clifford et al., 2006). Par ailleurs cette zone interstitielle ne peut être réellement délimitée (Bonvallet-Garay, 2003) et son développement est très variable - de quelques centimètres à plusieurs mètres.

La zone hyporhéique a une certaine porosité et perméabilité et donc permet des échanges de masses d'eau (Castro et Hornberger, 1991 ; Bencala, 1993 ; Stanford et Ward, 1993 ; Valett et al, 1994), mais aussi les échanges et les transformations biogéochimiques des nutriments et de la matière organiques (Ghiorse et Wilson, 1988 ; Wallis et al, 1981 ; Rutherford et Hynes, 1987 ; Valett et al, 1993 ; Mulholland et al, 1997 ; Battin, 1999 ; Vervier et al, 1993 ; Findlay et al, 1993 ; Chafiq et al, 1999 ; Bernard et al, 1994 ; Hill et al ; 1998 ; Dole-Olivier, 1998).

Dans cette zone, les eaux de surface sont doublées en profondeur au sein des alluvions perméables, et circulent par un courant d'eau appelé « sous-écoulement » qui est un biotope correspondant à l'hyporhéique. Cet écoulement est plus lent et plus régulier qu'en surface, les variations thermiques saisonnières y sont atténuées sans être supprimées (Yacoubi-Khebiza et Boutin, 1997).

La profondeur à laquelle les eaux de surface pénètrent dans le lit détermine la profondeur de la zone hyporhéique et à la fin les frontières hydrologiques du cours d'eau (Trista et al, 1989 ; White, 1993). Les eaux souterraines deviennent hyporhéique à mesure qu'elles passent ascendantes à travers le lit et se mixent avec les eaux de surfaces qui se sont

infiltrées mais aussi les eaux de surfaces deviennent hyporhéique à mesure qu'elles infiltrent les sédiments (Hendricks, 1993).

Cet écotone n'est pas simplement un passage entre deux systèmes, il forme un lien caché connectant les systèmes de la surface et la subsurface qui ont été souvent négligés, il joue un rôle important dans l'organisation de la connectivité du paysage et il peut même intervenir dans la régulation de l'écoulement entre deux parties isolées (Gibert al., 1990).

II. La biodiversité au sein de la zone hyporhéique :

Il est généralement admis que la biodiversité d'un écotone est plus élevée que celles des communautés adjacentes (Leopold, 1933 ; Naiman et al, 1988a,b). Le cas des écotones superficiels/souterrains semblent plutôt différents, la densité et la biodiversité sont usuellement beaucoup plus importantes dans les environnements de surface que dans ceux souterrains. Par conséquent, l'écotone surface/souterrain ne correspond pas à une zone plus riche, mais à une zone d'une biodiversité intermédiaire entre deux parties adjacentes (Gibert et al., 1990) .

Maridet et Philippe (1995) en étudiant la distribution verticale des invertébrés benthiques constatent une grande concentration d'organismes (85% à 94% des organismes totaux) au niveau de la strate 0-15cm. Un pourcentage de 19% à 60% est noté au dessous de 15cm. En conséquence, ces écotones superficiel/souterrain peuvent ne pas correspondre à une zone plus riche mais plutôt à une zone de biodiversité intermédiaire entre les systèmes adjacents.

La distribution et la nature des peuplements dépendent de plusieurs facteurs du milieu et de leurs interactions (Cummins et Lauff, 1968 ; Marmonier et Creuzé Des Châtelliers, 1991, Creuzé Des Châtelliers et al, 1992 ; Dole-Olivier et Marmonier, 1992a et 1992b ; Marmonier et al, 1992 ; Maridet et al, 1992 ; Marmonier et al, 1993 ; Bournaud et al, 1996…etc).

La biocénose qui se développe au niveau des aquifères alluviaux, et plus précisément dans le sous-écoulement des cours d'eau, nommée « pellicule biologique » (Dole, 1983), contient simultanément des organismes épigés du benthos et des animaux hypogés de la nappe sous-jacente (Danielopol, 1984). En effet, Les zones hyporhéiques contiennent une large variété de faune souterraine et de zoobenthos, non seulement durant les stades variés de leur

vie mais aussi pendant leur cycle de vie (Coleman et Hynes, 1970 ; Stanford et Gaufin, 1974 ; Williams, 1984 ; Stanford et Ward, 1988 ; Williams, 1989 ; Boulton et al, 1992 ; Smock et al, 1992 ; Stanley et Boulton, 1993 ; Boulton et al, 1997 ; Dole-Olivier et al, 1997 ; Brunke et Gonser, 1999 ; Malard et Hervant, 1999 ; Brunke et al, 2003 ; Malard et al, 2003a, Malard et al, 2003b ; Olsen et Townsend, 2003 ; Olson et Townsend, 2005). Cette colonisation des fonds des sédiments des rivières par les organismes benthiques a été étudiée par de nombreux auteurs (Bishop, 1973 ; Williams & Hynes, 1974, Bretschko, 1981 ; Pennak & Ward, 1986 et Stanford &Ward, 1988). Au même moment, les phréatobiologistes ont remarqué que les sédiments de la rivière contiennent beaucoup d'organismes stygobiontes qui viennent du profond environnement souterrain et colonisent ces biotopes (Husmaan, 1975 ; Danielopol, 1976 ; Mestrov & Lattinger-Penko, 1977-78 ; Gibert et al, 1977 ; Dole, 1985). Cette double source pour ces organismes qui colonisent les écotones des eaux souterraines pose la question de la biodiversité des communautés de l'écotone (Gibert et al, 1990). Néanmoins, beaucoup de cette faune est inadéquatement décrite et identifiée (Clifford et al, 2006).

Dans plusieurs ruisseaux et rivières, la production des invertébrés souterrains dans la zone hyporhéique rivalise ou même dépasse celle du benthos (Stanford et Ward, 1988 ; Smock et al, 1992). Bien qu'elle soit difficile d'accès (Palmer, 1993), la zone hyporhéique renferme un biotope fascinant qui contient à l'intérieur une biodiversité fonctionnelle tronquée vu le manque des producteurs primaires ainsi que le nombre limité des tops prédateurs (Gibert et Deharveng, 2002 ; Clifford et al, 2006).

III. Les différents types de faune interstitielle du sous écoulement:

Des benthologistes nord-américains ont proposé une classification limitée aux sédiments des cours d'eau (Williams & Hynes, 1974) basée sur l'utilisation de l'habitat entre les couches benthiques et hyporhéiques. Cette classification a été synthétisée par Marmonnier et al (1993) et Gibert et al (1994). Cette classification a été organisée par rapport à la préférence d'habitat et les spécialisations comportementales, physiologiques et morphologiques qui en résultent (Claret et al., 1999).

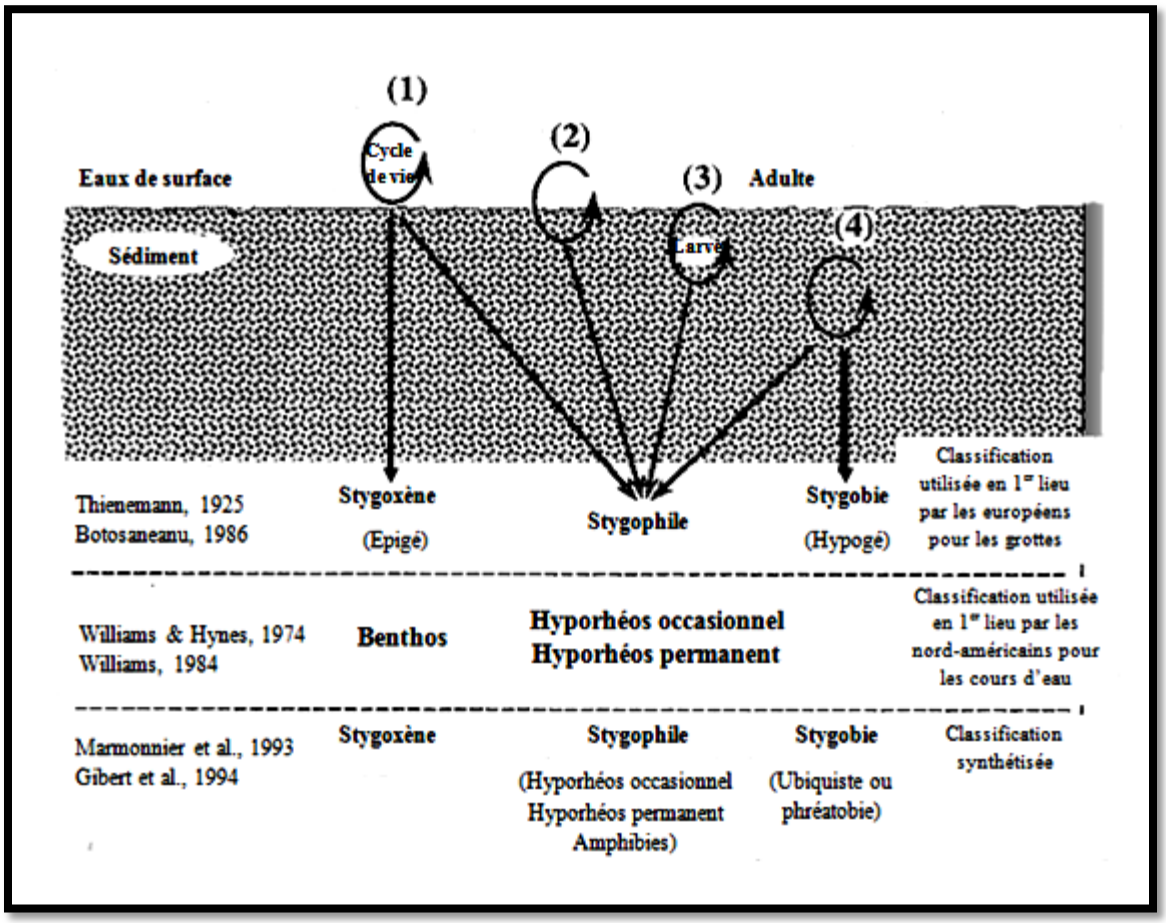

Figure n°2: Les différents termes utilisés pour la classification de la faune vivant dans les sédiments.

Le cycle de vie des organismes montrent des relations entre ces classifications. Les espèces stygoxènes (ex : les Simulies) passent tout leur cycle de vie dans les eaux de surface(1), quand les stygobies (ex : les crustacés syncarides) passent toute la leur dans les eaux souterraines(4). Une espèce stygophile peut avoir différent cycle de vie :

- Tout le cycle(1) et (4) pour différents individus de la même espèce. C'est l'hyporhéos dit permanent;
- Tout le cycle (1) et puis se déplacer (2) pour aussi différents individus de la même espèce. C'est l' hyporhéos occasionnel ;
- Ou se déplacer (3) pour le cycle de chaque individu. Ce sont les amphibies.

Dans les aquifères poreux ; les stygophiles se divisent en 3 genres (fig n°2) :

- **L' hyporhéos occasionnel :** qui occupe habituellement les habitats épigés, mais qui ne peuvent habiter la zone hyporhéique ; ils résident dans cette zone pendant le début de leur développement, tandis que les derniers stages prédominent dans le benthos (Williams, 1984 ; Pugsley et Hynes, 1985, 1986). Dans ce cas, des individus de la même espèce peuvent passer leur vie ou une part de leur vie non seulement dans l'environnement de surface (en plus du stage aérien obligatoire) mais aussi une autre part dans les eaux souterraines durant les premiers stades afin de se protéger des prédateurs ou lors des derniers stades pour des conditions plus favorables. Un nombre important de Chironomidés, de Plécoptères et d'Ephémères, passent une bonne partie de leur cycle de vie (avant tout le stade embryonnaire et les stades larvaires précoces) en milieu hypogé (Gonser, 2001).

- **l'hyporhéos permanent :** qui peut compléter son cycle de vie dans la zone hyporhéique, mais qui vivent aussi dans les eaux de surface ; consiste en de nombreuses espèces (immature et adulte) généralement de forme allongée et/ou de nature fouisseuse telles que les nématodes, oligochètes, acariens, copépodes, ostracodes, cladocères et tardigrades qui peuvent être présents durant tous les stades de leur cycle de vie dans l'environnement non seulement dans les eaux souterraines mais aussi dans des habitats benthiques. Dans ce cas un stade aérien épigé n'est pas obligatoire afin de compléter le cycle de vie.

- **Les amphibies :** sont des spécialistes avec un stade larvaire hyporhéique et un adulte aérien. Les espèces amphibies sont un cas de stygophiles particuliers car leur cycle de vie nécessite l'utilisation des deux environnements (superficiel et souterrain). Il existe des espèces de Plécoptères (ex : plusieurs espèces d'*Isocapnia*) qui effectuent pratiquement tout leur cycle de vie en milieu interstitiel, elles s'enfoncent

profondément dans le sédiment et ne reviennent à la surface que pour l'éclosion des animaux adultes, l'accouplement et la ponte (Gonser, 2001).

- Datry et al. (2005), Hahn (2006) et Hahn & Fuchs (2009) ont utilisé le terme **« ubiquiste »** pour inclure les **stygophiles** et les **stygoxènes** ensembles.
- Claret et al. (1999) soulignent le fait que les stygoxènes ont des spécialisations dans la vie dans les eaux superficielles (pigmentation, des yeux fonctionnels,…) et qu'ils se trouvent accidentellement dans les habitats de subsurface, mais peuvent néanmoins influencer les processus de ces systèmes ; via prédation comme l'indique Boulton et al. (1998) ; et réciproquement, chacun des ubiquistes stygobies et des phréatobies ont des spécialisations biologiques à la vie dans les eaux souterraines (dépigmentation, anophtalmie,..) mais les ubiquistes stygobies occupent une plus large rangée d'habitats que les phréatobies qui sont le plus souvent trouvés dans les eaux souterraines profondes et stables.
- La distinction entre les taxons stygobies et les stygophiles pourrait demeurer quelque peu arbitraire car ils partagent les mêmes caractéristiques entre autres l'anophtalmie, l'allongement du corps et la dépigmentation (Schmidt & Hahn, 2012). Gibert et al. (1994) affirment que les stygophiles ont de grandes affinités avec l'environnement souterrain parce qu'ils paraissent exploiter activement les ressources du système des eaux souterraines et cherchent activement une protection contre les situations défavorables de l'environnement de surface résultant des processus biotiques ou stochastiques ou les deux. A l'opposé de la faune stygophile (les taxons hyporhèique inclus), les taxons de la stygofaune ne sont pas bien adaptés à la zone hautement active de l'écotone (Schmidt & Hahn, 2012).

Gonser (2001) a spécifié que la biocénose près de la surface du cours d'eau se composait essentiellement de stygoxènes d'origine épigée et qu'à une certaine profondeur, on constatait une zone transitoire associant stygobies et stygoxènes (fig n°2), c'est dans cette zone que la diversité de la stygofaune est maximale, cependant à grande profondeur, on ne trouve plus que des stygobies en concentrations souvent moindres. Cette distribution verticale est une réponse aux diverses modes alimentaires et les différences d'association avec le milieu souterrain et les différents cycles de vie (fig n°3).

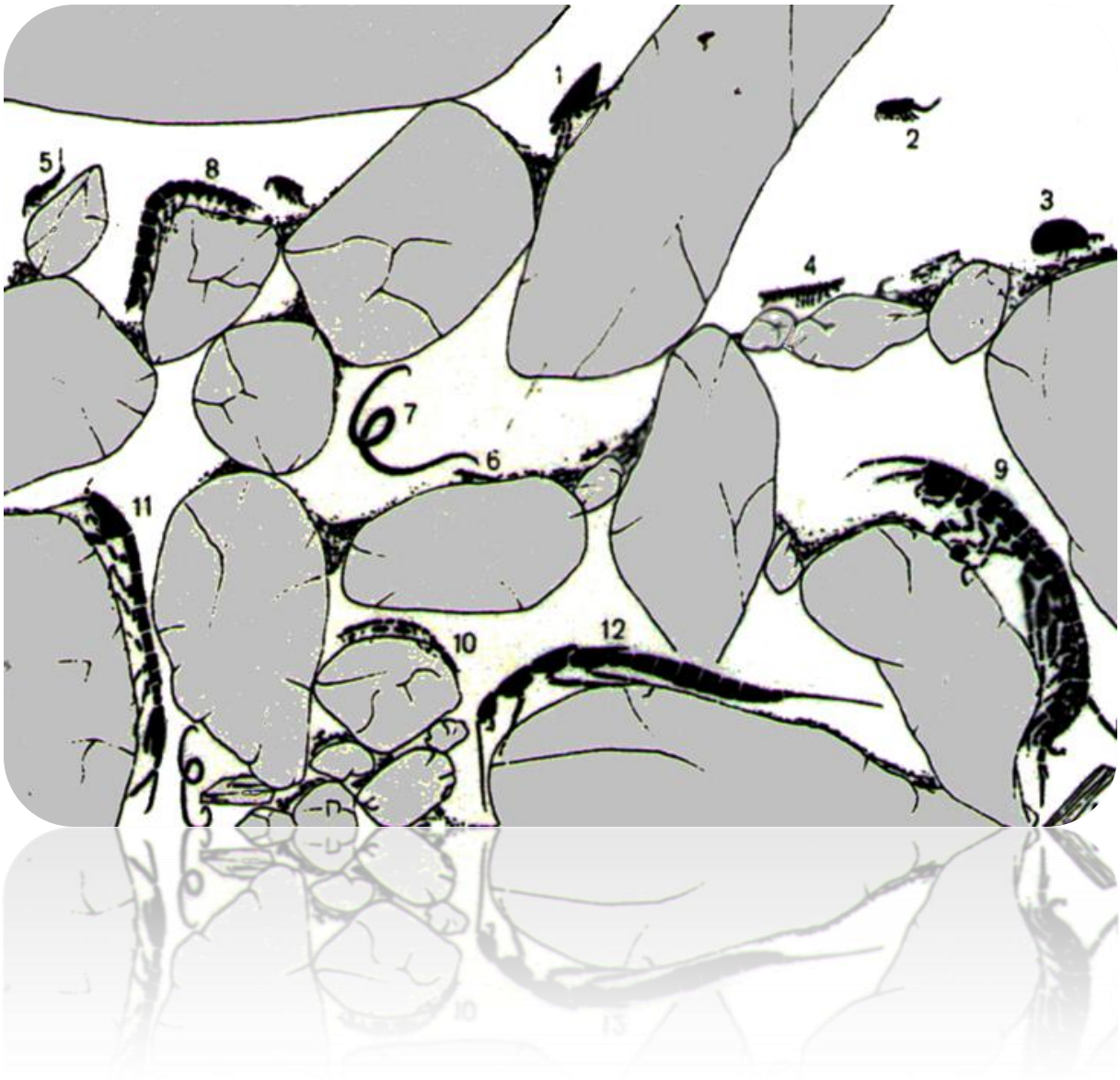

Figure n°3 : La biocénose interstitielle d'un sous-écoulement (Bou, 1974).

Légende : 1- Hydracarien.2- Cyclopide.3- Ostracode.4- *Bathynella*.5- *Elaphoidella*.6- *Parastenocaris*.7- Nématode.8- *Balcanella*.9- *Niphargus*.10- *Microcharon*. 11- *Stenasellus*.12- Larve de *Leuctra*.

IV. Facteurs influençant la répartition de la faune dans l'hyporhéique :

Dans de nombreuses études, des gradients d'assemblages de la faune ont été trouvés tout au long de la transition entre les eaux de la surface et celle de subsurface (dans le Haut Danube : Danielopol et al., 2000 ; dans le Rhône : Marmonnier, 1988 revu par Malard et al., 2002 ; dans la Kye Burn : Olsen & Townsend, 2005).

Selon Hahn (2006) et Schmidt et al. (2007), l'échange hydrologique et les caractéristiques qui en sont liées - comme la profondeur des sédiments, l'input[1] et l'output[2] des nutriments et des matières organiques - sont l'un des meilleurs facteurs pour la description de la présence de la faune.

A. Géomorphologie du cours d'eau :

La signification de l'échange hydrologique qui est spatialement variable et la nature géologique hétérogène façonnent les communautés d'invertébrés de subsurface (Brunke & Gonser, 1997 ; Stanford & Ward, 1993 ; Boulton et al., 1998 ; Hahn & Friedrich, 1999 ; Dumas et al., 2001 ; Malard et al., 2003 ; Griebler & Mosslacher, 2003 ; Hahn, 2006 ; Schmidt et al., 2007 ; Hahn & Fuchs, 2009).

Fraser & Williams (1998) et Poole & al. (2006) ont mis la lumière sur l'importance des interactions existant entre les eaux souterraines et les eaux de surface ; qui sont spatio-temporellement hétérogènes ; sur les assemblages hyporhéiques et les échanges qui peuvent s'y produire.

En effet, le fonctionnement de la surface et de l'hyporhéique sont clairement interdépendant. La zone hyporhéique est une source de nutriments pour les eaux de surface où la production primaire est stimulée, et qui en retour approvisionne en source de carbone organique labile pour la respiration de l'hyporhéique (Jones & Grimm, 1995).

Avec l'augmentation du mélange des eaux souterraines avec celles de surface, la zone hyporhéique est devenue un site potentiellement important de rétention, de métabolisme et de minéralisations (Bencala, 1993 ; Hendricks, 1993 ; White, 1993).

L'alternance des formations seuil et mouille est la première unité géomorphologique qui caractérisent les cours d'eau (Hendricks, 1993). Elle dépend de la perméabilité du lit et des changements autour du lit et de la surface (Vaux, 1962, 1968). Dans ce sens, on peut avancer que la granulométrie joue un rôle central dans la conductivité hydraulique du milieu

[1] Terme anglophone désignant l'incorporation de la matière organique dans le milieu hyporhéique.
[2] Terme anglophone désignant le largage des produits issus de l'utilisation de la matière organique du milieu hyporhéique vers le cours superficiel.

et donc sur l'alternance de zones de «downwelling»[3] (au niveau des seuils) et de «upwelling»[4] (au niveau des mouilles) (Guerin, 2006). La surface du cours d'eau et l'hyporhéique sont liés à ces deux zones (Rutherford & Hynes, 1987 ; White, 1990 ; Valett et al., 1994). De plus, Les séquences seuil-mouille fonctionnent entant que site très important pour la rétention des nutriments et de la matière organique (Bencala, 1984 ; Bencala et al., 1984) et contribuent aux interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Hendricks, 1993).

Les processus couplés du downwelling et du upwelling, apparaissent comme étant les principaux moteurs des gradients biogéochimiques mesurés dans le milieu en fonction de la profondeur (Brunke et Gonser, 1997 ; Ward et al, 1998). Lorsque l'eau de surface s'infiltre dans un seuil, elle va entraîner avec elle de l'oxygène et des matières organiques dissoutes ou en suspension (Boulton et al., 1998). Il a été prouvé que plus la perméabilité est forte, meilleure est l'oxygénation du milieu hyporhéique en profondeur (Boulton et al., 1998).

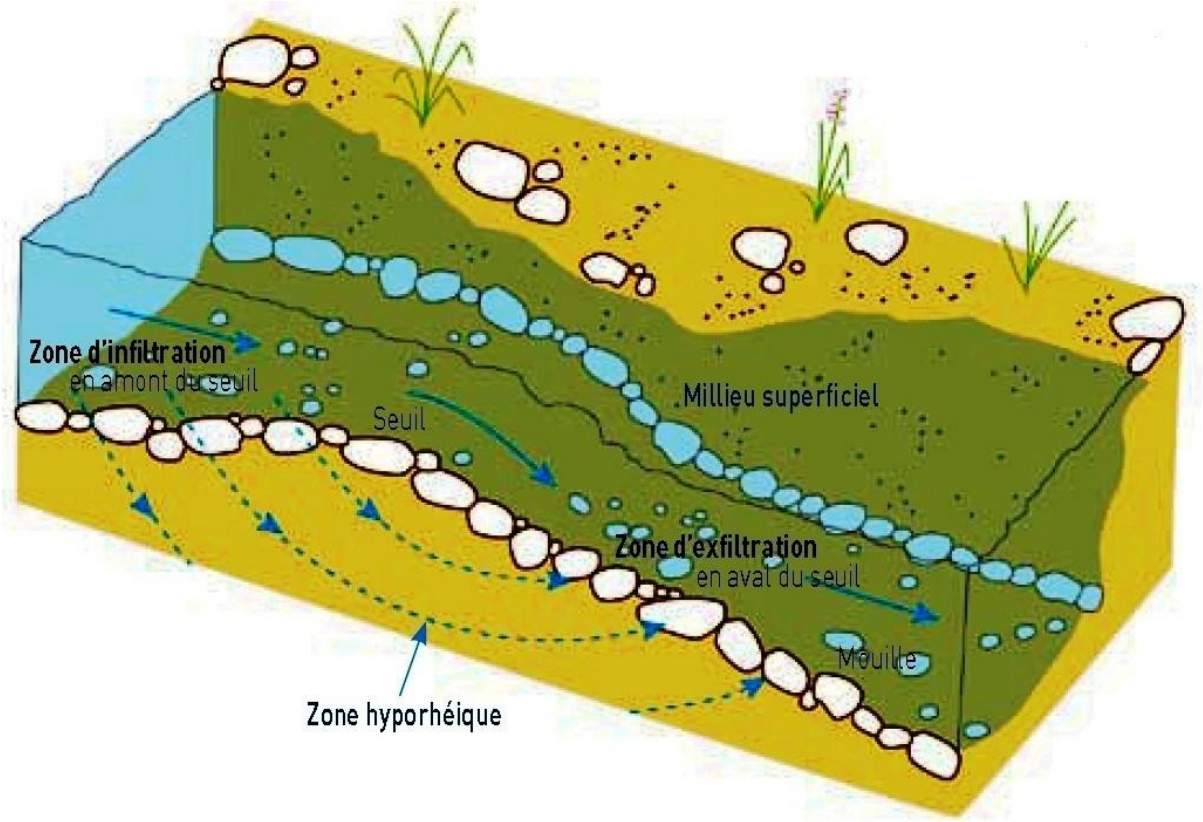

Figure n°4 : Echanges entre le cours d'eau et la zone hyporhéique.

© J. Gibert, UCBL HBES

[3] Terme anglophone désignant la zone d'infiltration de l'eau de surface vers l'hyporhéique.
[4] Terme anglophone désignant la zone d'exfiltration de l'eau de hyporhéique à la surface.

Ce modèle (fig n°4) incorpore l'advection de l'écoulement dans une direction longitudinal dans la zone hyporhéique où les gradients de subsurface longitudinaux et verticaux de la température et de la chimie s'établissent (White et al., 1987 ; Hendricks et White, 1991). Le modèle des échanges est généralement prévu dans les séquences seuil-mouille de ce cours d'eau (Vaux, 1962, 1968 ; Thibodeaux & Boyle, 1987 ; White et al., 1987) et les zones du lit qui portent le plus les caractéristiques chimiques des eaux de surface sont les zones de downwelling (Hendricks, 1993).

D'après Datry (2008) les échanges nappe-rivière répondent à un principe assez simple qui entend que tout obstacle (seuil) à l'écoulement des eaux de surface provoque, si la perméabilité des sédiments du lit le permet, des échanges à travers la zone hyporhéique, ainsi, en amont du seuil, l'eau du milieu superficiel s'infiltre dans les sédiments, se mélange aux eaux souterraines, avant de rejaillir dans une mouille et regagner ainsi le cours d'eau après un temps de résidence plus ou moins long dans la zone hyporhéique tout dépend de la distance parcouru afin de trouver une zone d'exfiltration. Le temps de rétention à l'intérieur des seuils et des mouilles peut être court d'une minute ou alors long comme de plusieurs heures ou même mois (Schmidt & Hahn, 2012).

Ce mélange des eaux souterraines et de surface peut directement ou indirectement changer la composition et l'assemblage des invertébrés (Stanley et Boulton, 1993). Ainsi, les modèles hydrologiques deviennent une importante variable générant une hétérogénéité dans les modèles biologique et physicochimiques dans la zone hyporhéique (Palmer et al., 1993).

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 de downwelling (Dole olivier et Marmonnier, 1992a).

D'après Gonser (2001), les organismes épigés colonisent des profondeurs plus grandes que dans les zones d'infiltration que dans les zones d'exfiltration, en revanche les organismes hypogés peuvent vivre très près de la surface dans les zones d'exfiltration, par exemple à proximité des sources.

Dans les zones d'infiltration, la matière organique parvient en très grande quantité à de grandes profondeurs, mais ce facteur n'est pas déterminant en soi, car les conditions

alimentaires dépendent avant tout de la biodisponibilité de la matière organique (Gonser, 2001).

B. Les facteurs physicochimiques :

L'hyporhéos[5] est fortement structuré par tous les processus hydrobiogéochimiques, on rencontre des organismes épigés pigmentés et oxygèno-dépendants en surface et des organismes hypogés dépigmentés s'accommodant du manque d'O_2 en profondeur (Guerin, 2006). Il faut noter qu'à l'inverse des eaux souterraines, les concentrations élevées en matière organique, issues du cours d'eau sont typiques de l'hyporhéique (Schmidt & Hahn, 2012). La zone hyporhéique peut emmagasiner trois fois plus de matière organique que la surface benthique (Valett et al., 19990).

La recharge des eaux souterraines par le milieu superficiel, apporte de l'oxygène dissous, de la matière organique et des nutriments dont a continuellement besoin la faune ubiquiste qui comprend les stygophiles et la faune hyporhéique, mais ceci rend la vie des stygobies, qui ne sont pas des êtres compétitifs ; difficile ou même impossible (Schmidt & Hahn, 2012). Notant que généralement, la variation de la température, de la matière organique et de l'oxygène dissous diminuent avec le temps de résidence et la distance du passage dans la subsurface (Malard et al., 2001).

- **Les sédiments :**
- <u>La nature des sédiments</u> :

La zone hyporhéique est un milieu interstitiel dont la structure physique est dépendante de la granulométrie des sédiments du lit des cours d'eau (Boulton, 2000).

Coineau (2000) a lié la faune des sédiments à la dominance de la taille des grains de sédiments. Il faut savoir que l'apport de matière particulaire organique fine et des minéraux favorise le colmatage des interstices (Vanek, 1997) qui se traduit par une forte baisse de la perméabilité et peut de ce fait limiter, voir stopper, tout phénomène de downwelling et d'upwelling (Boulton et al, 1998 ; Brunke et Gonser, 1997 ; Ward et al, 1998).

L'étude entreprise par Schmidt et al. (2007) sur l'influence des eaux souterraines sur la faune des sédiments d'un petit cours d'eau sableux, a démontré que les grains de petite taille

[5] Faune du milieu hyporhéique.

des sédiments du lit et la réduction des échanges entre les eaux souterraines et les eaux superficielles qui s'en suit, crée une large déconnection entre les communautés des invertébrés interstitiels. Et que les modèles faunistiques ne sont pas liés à la variabilité des facteurs physicochimiques.

- La profondeur des sédiments :

Schmidt & Hahn (2012) et Négrel et al. (2003) s'accordent sur l'idée qu'il y a différentes couches d'eau souterraine au sein de l' « alluvium » et qui ont relativement des relations complexes avec l'eau de surface.

Généralement, 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 (Danielopol, 1980, 1984, 1989 ; Dole, 1983 ; Dole & Chessel, 1986 ; Pennak & Ward, 1986 ; Marmonnier & Dole, 1986). Effectivement, les gradients dans les communautés d'invertébrés, changeant des stygoxènes passant par les stygophiles aux stygobies, sont trouvés au fur et à mesure que la distance par rapport aux eaux de surface augmente (Mosslacher, 1998 ; Dole-Olivier, 1993).

Brunke & Gonser (1999) ont démontré que dans les sédiments du lit de la rivière Toess, les phréatobies dominaient dans la strate profonde en dessous de 50cm et dans la zone d'exfiltration des eaux souterraines, alors que la faune des eaux de surface caractérise la strate superficielle et les zones caractérisées des eaux de surfaces.

La faune des eaux souterraines prédomine à la fin du gradient des eaux souterraines, et la faune des eaux superficielles (taxons épigés) prédomine près de la surface (Brunke & Gonser, 1997 ; Ward & Palmer, 1994).

C. Les facteurs biotiques :

Brunke & Gonser (1999), ont décrit des gradients de compétition pour la ressource de la surface, là où les eaux de subsurface sont enrichies en nutriments et en matière organique. La stygofaune peut ne pas être capable d'entrer en compétition avec les taxons qui se développent rapidement et est remplacée par des individus stygophiles (principalement hyporhéique), ou même épigés ou stygoxènes (Schmidt & Hahn, 2012). La prédation peut aussi être observée, elle est un facteur de régulation intra et inter communautés.

D. Les perturbations environnementales :

Les dynamiques d'assemblages des animaux dans les couches superficielles d'un cours d'eau sont fortement influencées par l'hydrologie des eaux superficielles, avec les crues qui modifient la distribution spatiale (Williams & Hynes, 1974; Poole & Stewart, 1976; Danielopol, 1976) et la composition ainsi que la structure des assemblages des invertébrés qui s'y trouvent (Marmonnier & Creuzé des Châtelliers, 1991).

Dans les sédiments fluviaux, les dynamiques de distribution de la faune sont un aspect important lié aux perturbations environnementales (Hynes, 1983). Souvent, les mouvements des invertébrés épigés (organismes benthiques et planctoniques) sont liés aux inondations et aux sécheresses (Dole-Olivier & Marmonnier, 1992c), un phénomène qui a permit une meilleure compréhension des séquences de recolonisation des assemblages benthiques (Williams & Hynes, 1976 ; Delucchi, 1987, 1989 ; Scrimgeour et al., 1988 ; Scrimgeour & Winterbourn, 1989).

L'hyporéal est considéré donc comme une zone de refuge et de nurserie donc facteur de survie du benthos des cours d'eau temporaire (Berthélemy, 1968, 1973 ; Williams et Hynes, 1976, 1977 ; Williams, 1977).

Chapitre II :

Etude du milieu physique

Chapitre II : Etude du milieu physique :

- **Aperçu du bassin versant de la Tafna :**

A. Présentation du bassin versant :

Le bassin versant de la Tafna est situé au Nord Ouest algérien. Il étale la quasi-totalité de son réseau hydrographique sur la wilaya de Tlemcen, le tiers restant déborde sur une partie du territoire marocain (fig n° 5).

Il est limité au Nord par les monts de Traras, au Sud par les monts de Tlemcen, à l'Est par Djebel Sebaâ chioukh et à l'Ouest par les monts de Béni Snassen du Maroc.

B. Les réseaux hydrographiques :

La Tafna, cours principal de ce bassin, long de 170 km draine une superficie de 7245 km².,et présente une orientation SE-NW qui devient SW-NE puis S-N. Il prend sa source dans les monts de Tlemcen à une altitude de 1100 m au niveau de la grotte de Ghar Boumaâza. Cet oued prend le parcours qui se distingue par les trois étapes suivantes :

Tout d'abord, après avoir pris naissance à la grotte, il suit son cours drainant les versants Sud des monts de Tlemcen et les hautes vallées encaissées creusées dans des terrains jurassiques jusqu'à Bordj Sidi Medjahed en recevant en cours les eaux de l'oued Khémis et de l'oued Sebdou. L'oued arrive ensuite dans le bassin tertiaire puis une vallée argileuse (Gentil, 1903) en recevant en cours de route les apports de plusieurs petits affluents. Cette eau est ensuite retenue dans le barrage de Béni Bahdel ; jusqu'ici c'est la haute Tafna.

- **Aperçu de l'oued Khémis :**

Affluent rive gauche de la Tafna, cet oued naît dans le versant Nord-Ouest des Monts de Tlemcen à 1050 m d'altitude, long de 36 Km et présentant une orientation SE-NW, il est alimenté surtout par des sources pérennes.

L'oued Khémis court au fond d'une vallée extrêmement encaissée étroite creusé dans des terrains rocailleux et calcaires appelés les gorges du Khémis qui sont par ailleurs très fertile.

L'oued reçoit à l'amont les effluents domestiques du village de Sidi el Arbi puis ceux de l'agglomération de Khémis. Il présente une confluence avec l'oued Tafna au niveau du barrage de Béni Bahdel.

L'oued Isser : affluent rive droite de la Tafna, prend naissance au niveau de Ain-Isser à 900m d'altitude avec une pente de 6.9% et se déverse dans la Tafna en amont du village de La Pierre du Chat dans la plaine de Remchi à 80m d'altitude. Il coule dans une vallée alluviale peu encaissée. Cette dernière est principalement vouée aux cultures fruitières et maraîchères.

Notant que l'oued Isser reçoit les eaux de plus importants affluents que sont oued Sikkak et Chouly qui renferment les caractéristiques suivantes :

- **Aperçu de l'oued Sikkak :**

Il prend sa source à 1190 m d'altitude dans les monts de Tlemcen et draine sous bassin 442 Km² de superficie. Il est d'orientation générale N-S et arrive au niveau du plateau de Terny où il est recueilli par le barrage d'El Meffrouch.

L'oued se reforme à partir des sources des cascades d'El Ourit situé à 800 m d'altitude et prend ; jusqu'à l'aval du village Safsaf ; le nom d'oued Safsaf puis celui de oued Sikkak à partir de la commune de Chetouane.

Il longe d'abord une vallée profonde et encaissée pour ensuite continuer son cours sur les plaines d'Hennaya.

- **Aperçu de l'oued Chouly :**

Affluent rive gauche de l'Isser, il prend naissance dans les Monts de Tlemcen à environ 900m d'altitude. Il draine le versant Nord-Est des Monts de Tlemcen avec un sous bassin 1860 Km² de superficie. Il bénéficie d'une alimentation permanente par les nombreuses sources de la région. Il parcourt une vallée alluviale encaissée en amont et de plus en plus large vers l'aval.

La Tafna continue son cours depuis les gorges de Tahouaret vers le village de pierre du chat et la plaine de Maghnia alimentée en eaux et apports des oueds du versant Nord et ceux de l'oued Mouilah. En traversant la plaine de Remchi elle est ravitaillée par son

principal affluent l'Isser et achève finalement son parcours par un estuaire au niveau de la plage de Rechgoun.

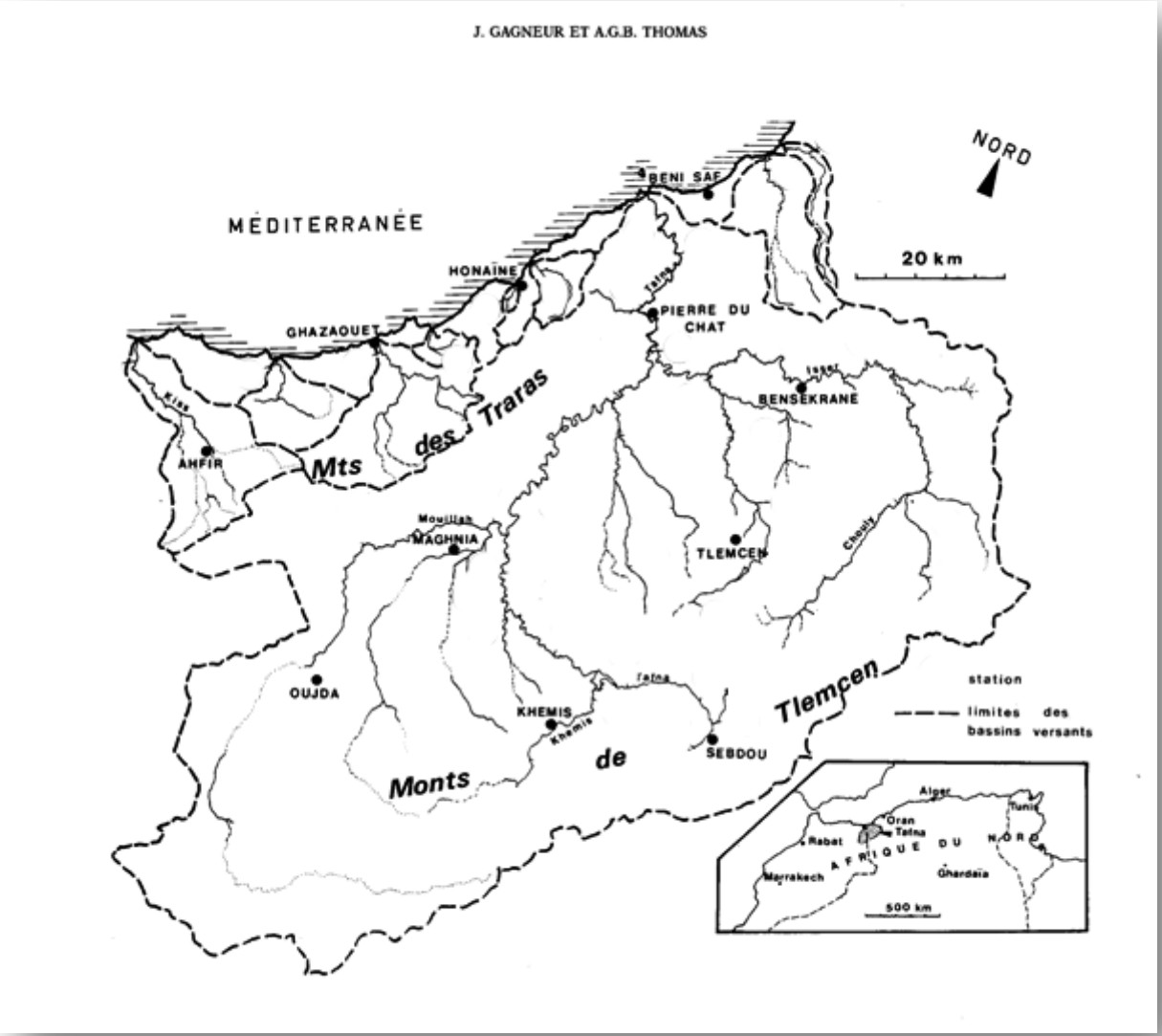

Figure n°5 : Réseau Hydrographique du bassin versant de la Tafna (Gagneur et Thomas, 1988)

C. Géologie :

Le bassin versant de la Tafna renferme une richesse géologique très complexe (fig n°6), cependant on peut la simplifier en la divisant en deux principales structures géologiques :

- **Le bassin amont :**

Représenté par les Monts de Tlemcen qui sont en réalité une barre montagneuse de 800 à 1400m d'altitude alignée WSW-ENE, constituée de dolomies riches en carbonates de Magnésium (Collignon, 1986) datant du Secondaire et plus précisément du Jurassique Supérieure. Il domine au Nord, les plaines de Maghnia et d'Hennaya, les plateaux de Zenata et de sidi Abdelli.

Selon Collignon (1986), en général, le Jurassique au niveau des Monts de Tlemcen est représenté par :

Les grès de Boumédiène ; c'est un ensemble à dominance gréseuse, truffé de passées argileuses camouflées généralement derrière les éboulis et la végétation. Ce sont des grès à ciment calcaire se présentant sous forme de bancs assez durs, dont les épaisseurs varient qui peuvent atteindre 500 m. On les trouve au Sud du bassin de l'oued Sikkak.

Les dolomies de Tlemcen ; ce sont des dolomies cristallines grises dont les nombreuses cavités sont remplies de calcite. Cette formation va jusqu'à atteindre 200 m aux environs de Tlemcen notamment à El Ourit, elle est répandue dans tous les bassins versants de la Tafna.

Les dolomies de Terny ; les quelles ayant un aspect très massif qui permet de les différencier des dolomies de Tlemcen, ce sont des dolomies parfois vacuolaires qui renferment de nombreuses stratifications obliques avec une épaisseur qui atteint 100 m dans le plateau de Terny. Elles sont présentes au niveau des bassins de l'oued Sebdou, Terny et Sikkak.

- **Le bassin aval :**

D'une orientation Nord, il conjugue la zone de piémont ainsi que les plaines d'Hennaya, de Remchi et de l'Isser.

Il souligne les formations tertiaires du Miocène composées de marne et de grès (Gentil, 1903) qui succèdent à celles du jurassique et dominent la moyenne et la basse Tafna, avec dans les fonds des vallées, des dépôts d'alluvions récentes du quaternaire composées de sédiments fins.

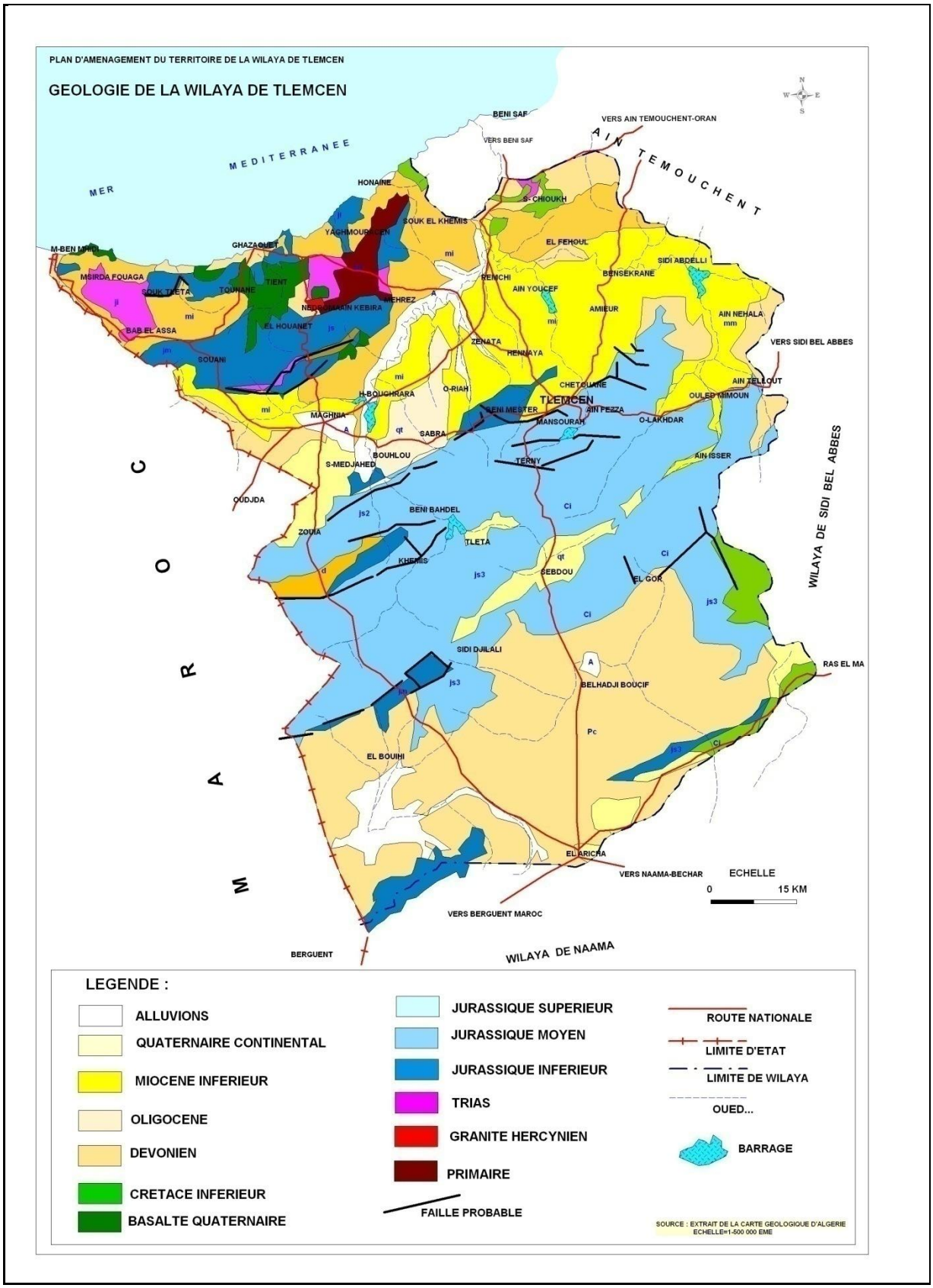

Figure n° 6: Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (ANAT, 2009).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

D. Hydrologie et hydrogéologie :

Le bassin versant de la Tafna révèle une hétérogénéité du relief, en effet, La morphologie du bassin versant de la Tafna change de l'amont vers l'aval. En amont, les vallées sont encaissées et étroites avec des pentes souvent abruptes alors qu'en aval elles s'élargissent et les pentes s'adoucissent.

Hydrologie générale :

L'hétérogénéité de ce bassin se retrouve aussi dans son bioclimat, ses oueds sont de type méditerranéen, leur régime hydrologique englobe deux périodes :

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

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

En effet, les Monts de Tlemcen généreusement arrosés et ce vu leur haute altitude, ce sont d'énormes réservoirs d'eaux issues des précipitations, et qui s'en échappent sous forme de sources, ce qui confère à cette zone amont du bassin une stabilité du point de vue débit et un approvisionnement quasi-continu.

Par contraste, l'aval du bassin bénéficie de moins de précipitations qui sont trop irrégulières et surtout saisonnières. Ce qui perturbe l'écoulement et donc la constance du débit et se traduit par la succession des saisons de crues et d'étiages.

Les particularités géologiques de la région de Tlemcen ont permis la formation de réels réservoirs d'eaux souterraines appelés aquifères. En effet, la zone amont du bassin versant de la Tafna est fortement fissurée et karsifiée ce qui lui confère une grande perméabilité et un intérêt géologique vu la possibilité qu'il offre d'une bonne circulation des

eaux souterraines (Collignon, 1986), d'où découlent la plupart des sources et des oueds de la wilaya de Tlemcen.

E. Pédologie :

Les Monts de Tlemcen portent ; en quasi totalité ; des sols bruns caillouteux voire rocheux à dominance calcaire. Les petites terrasses et les fonds de vallées fertiles qui bordent les oueds de ces monts bien que fortement rocailleux, attirent la convoitise des riverains qui cultivent particulièrement les lits majeurs et les ripilsyves laissent par endroit la place à des cultures maraichères ou céréalières. En revanche, les garrigues et tronçons boisés ou même des cultures d'arbres fruitiers prédominent les zones à fortes pentes.

F. Climatologie régionale :

La région de Tlemcen est à climat méditerranéen qui est un climat de transition entre la zone tempéré et la zone tropicale. Ce climat est défini aux termes des précipitations (Di Castri, 1973) et de la température (Aschmann, 1973), il est caractérisé par ; une haute variabilité saisonnière (Paskoff, 1973; Daget & Michel-Villag, 1975) ; des étés chauds et secs et des hivers frais et humide (Köppen, 1923).

Les précipitations sont concentrées sur la saison fraîche à jours courts avec de longues sécheresses estivales (Emberger, 1955). D'autre part, les précipitations intra et inter-annuelles sont très variables (Paskoff, 1973; Nahal, 1981), induisant ainsi une grande hétérogénéité climatique non seulement durant l'espace mais aussi durant le temps (Mount, 1995). Les rivières qui sont influencés par cette hétérogénéité dans la température et dans le régime des précipitations sont considérées entant que rivières méditerranéennes (Gasith & Resh, 1999).

Il faut noter que le régime général des pluies dans le bassin versant de la Tafna est celui des zones semi-arides méditerranéennes de l'Afrique du Nord (Khaldi, 2005). Cependant, les précipitations, facteur d'humidité, se concentrent particulièrement sur les Monts de Tlemcen ; qui sont relativement une région forestière ; dont l'altitude peut aller de 700m à plus de 1000m.

Le but de cette étude climatique est de la période sèche à l'aide du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).

Les données climatiques consistant aux températures et aux précipitations ont été recueillies auprès des services de l'Agence National des Ressources Hydriques ANRH.

- **Etude climatique :**

a. **Température** :

Facteur indispensable à la biosphère, elle influe sur l'écologie des espèces et leur développement, elle est exprimée en °C.

Le tableau (n°1) représente les valeurs des températures moyennes mensuelles (en °C) de la période de 1980 à 2004 pour la station de Sebdou, de la période 1980 à 2008 des stations de Safsaf, Ouled Mimoun et Zenata et de la période 1970 à 2010 pour la station de Beni Bahdel.

Tableau n°1: Températures moyennes mensuelles.

Période	Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980-2004	Sebdou	3,37	4,3	5,5	7,7	10,5	23,6	27,2	27,3	24	18,6	15,8	8,8
1980-2008	SafSaf	9,1	10,1	12	14,1	16,8	19,2	22,1	22,2	19,7	17,2	13,5	9,73
	Ouled Mimoun	9,7	10,8	12,9	15,1	18,2	20,9	24,1	24,1	21,5	18,6	14,6	10,4
	Zenata	12,4	13,5	15,7	17,6	27,1	24,6	28	28,3	25,3	21,4	16,7	13,6
1970-2010	Beni Bahdel	10,26	10,97	13,28	15,39	18,69	23,66	27,72	26,49	23,29	19,71	13,41	10,41

Rapport-Gratuit.com

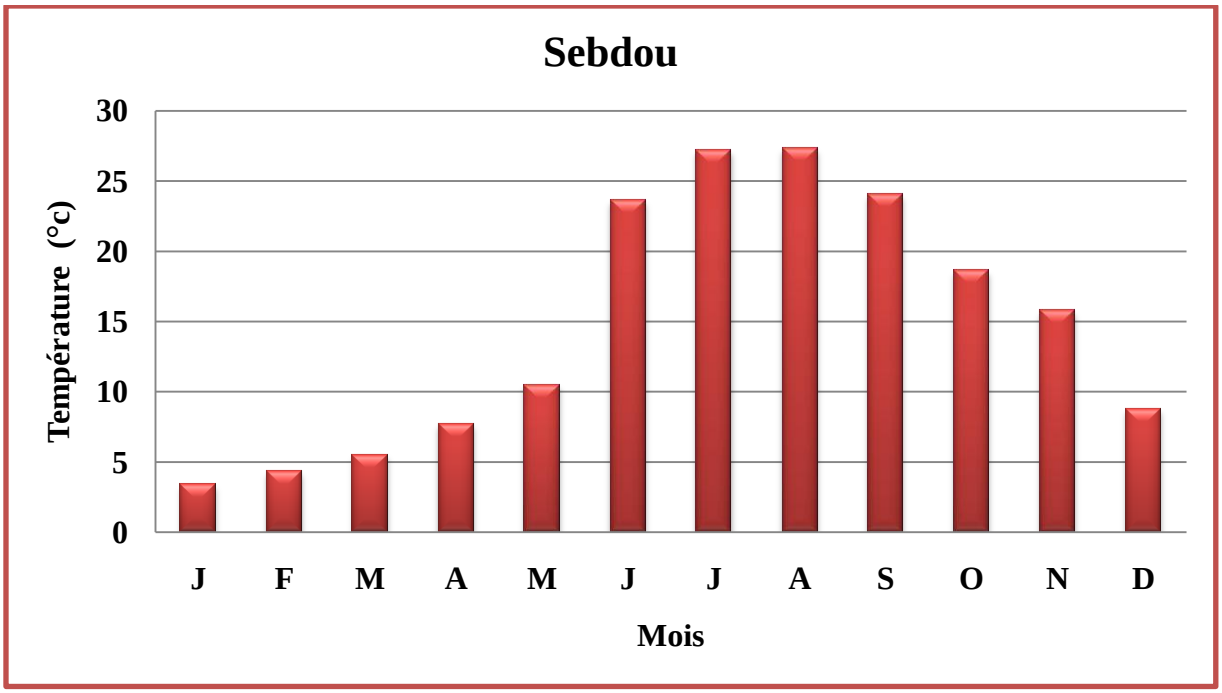

Figure n°7 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période1980-2004 dans les stations de Sebdou.

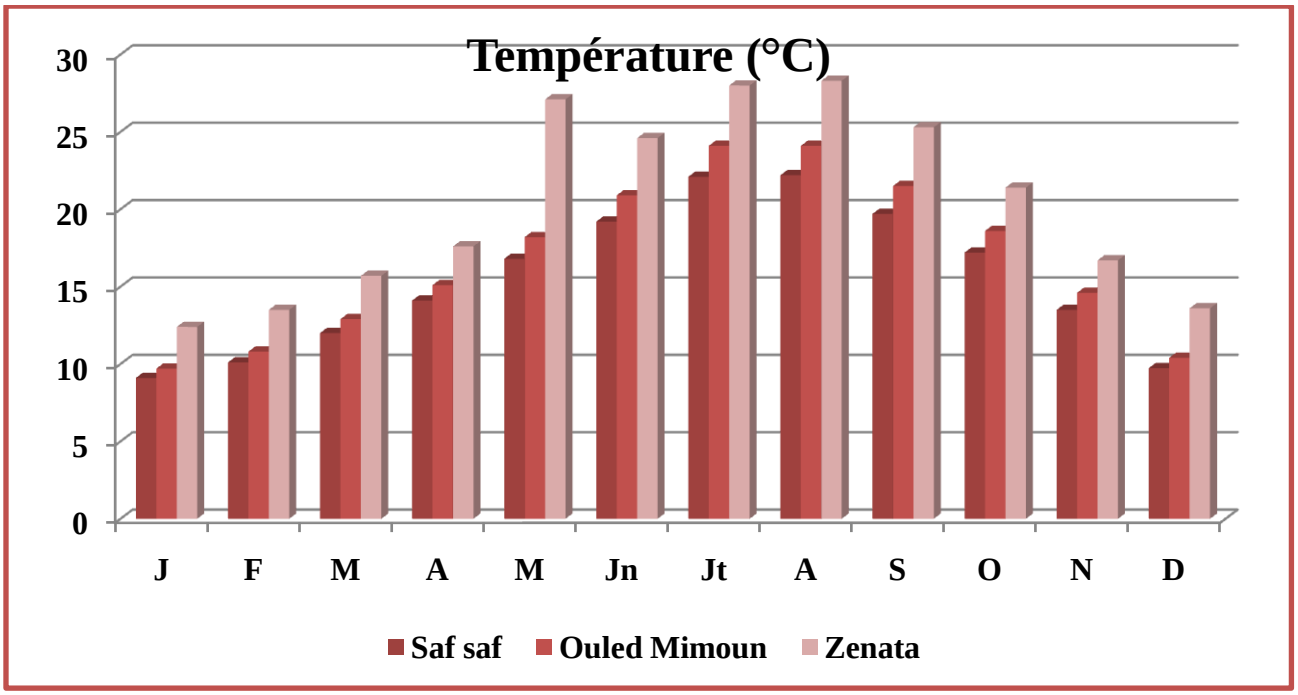

Figure n°8 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période 1980-2008 dans les stations de Saf Saf , Ouled Mimoun et Zenata.

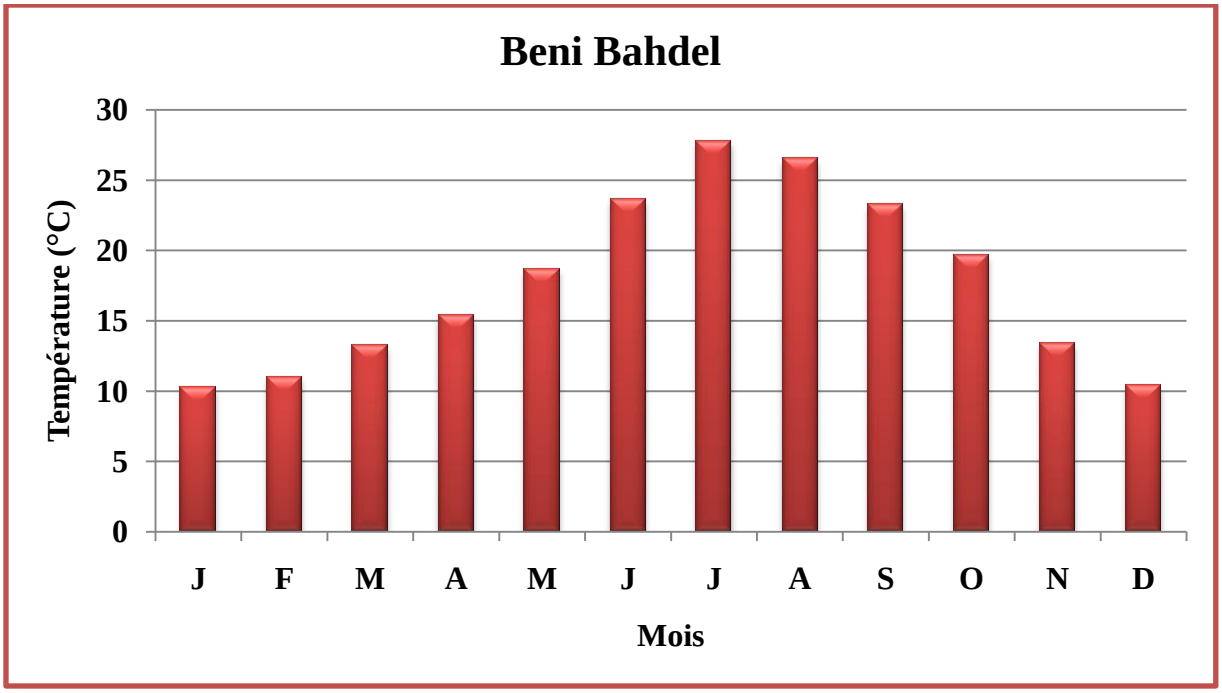

Figure n°9 : Evolution de la température moyenne mensuelle durant la période 1970-2010 dans la station de Beni Bahdel.

Les températures moyennes mensuelles de la station de Sebdou fluctuent au fil des mois (Fig n°7), elle augmente lentement de 3.37°C (en janvier) à 21,3 (en mai), de là elle s'élève considérablement pour atteindre un pic en août de 27.3°C et va diminuer jusqu'à 8,8°C. A noter que ces températures sont les plus faibles des cinq autres stations.

Les températures moyennes mensuelles des stations de Sasaf et d'Ouled Mimoun se ressemblent du point de vue du rapprochement des valeurs mais aussi de leur même variabilité au fil des mois. A savoir que la station d'Ouled mimoun est légèrement plus chaude que la station de Safsaf. Les valeurs de températures moyennes les plus faibles pour ces deux stations sont enregistrées au mois de janvier (Safsaf : 9.1°C, Ouled Mimoun : 9.7°C), les élevées sont notées au mois d'Août (Safsaf : 22.2°C, Ouled Mimoun : 24.1°C) (fig n°8).

Les températures moyennes mensuelles de la station de Beni Bahdel augmentent du mois de janvier (fig n°9) ; mois le plus frais (10.26°C) ; et enregistrent un pic au mois de juillet (27.72°C) en juillet, puisdiminuent jusqu'au mois de décembre

La station de Zenata possède des valeurs de températures moyennes mensuelles nettement plus supérieures que celles des autres stations mais aussi présente une plus grande variabilité

mensuelle (Fig n°8). En effet, elle est la plus élevée de toutes les stations au mois de janvier (12.4°C). Le pic de température (28.3°C) est observé au même mois que les autres stations (Août). Et là encore, à partir de ce même mois, elle diminue pour atteindre une valeur de 13.6°C en Décembre (fig n°8).

Janvier reste le mois où l'en enregistre la température moyenne mensuelle la plus basse pour les cinq stations.

b. Précipitations :

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (Le Houerou et al, 1977). Aussi Djebaili (1978) définit la pluviosité même étant le facteur primordial à la détermination du type de climat, elles sont exprimées en mm/an.

Le tableau (n°2) représente les valeurs des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la période 1980 à 2004 pour la station de Sebdou, de la période 1980 à 2008 pour les stations de Safsaf, Ouled Mimoun et Zenata et de la période 1970 à 2010 pour la station de Beni Bahdel.

Tableau n°2: Précipitations moyennes mensuelles.

Période	Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980-2004	Sebdou	48,4	13,9	37,1	12,03	13,06	3,2	1,2	2	15,01	43,7	35,6	42,3
1980-2008	Saf saf	41,9	71,1	50,1	35,1	29	6,3	1,2	3,8	14,8	25,5	49	40,8
	Ouled Mimoun	40,4	45,3	48,3	33,8	27,9	6,1	1,2	3,7	14,3	24,6	47,6	39,4
	Zenata	38,5	43,2	46	32,2	26,6	5,8	1,1	3,5	13,6	23,4	45	37,5
1970-2010	Beni Bahdel	56,9	56	64	45,4	37,6	6,5	3,6	5,4	20,6	29,4	49,9	52,7

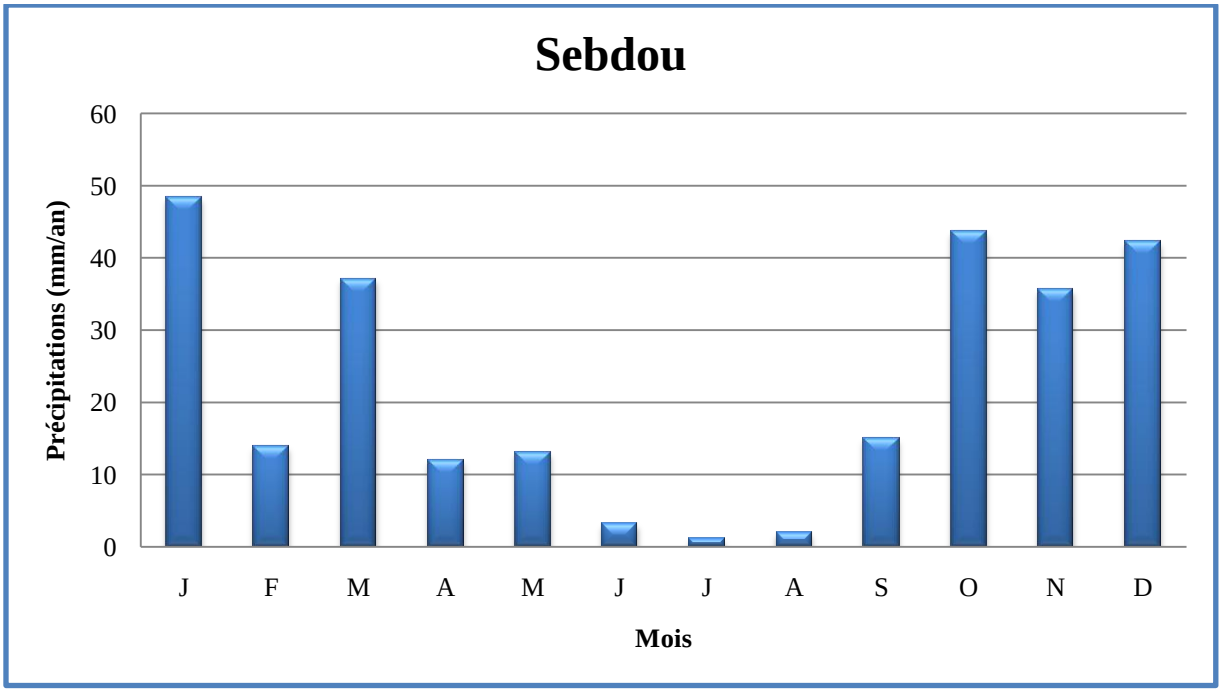

Figure n°10 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1980-2004 dans les stations de Sebdou.

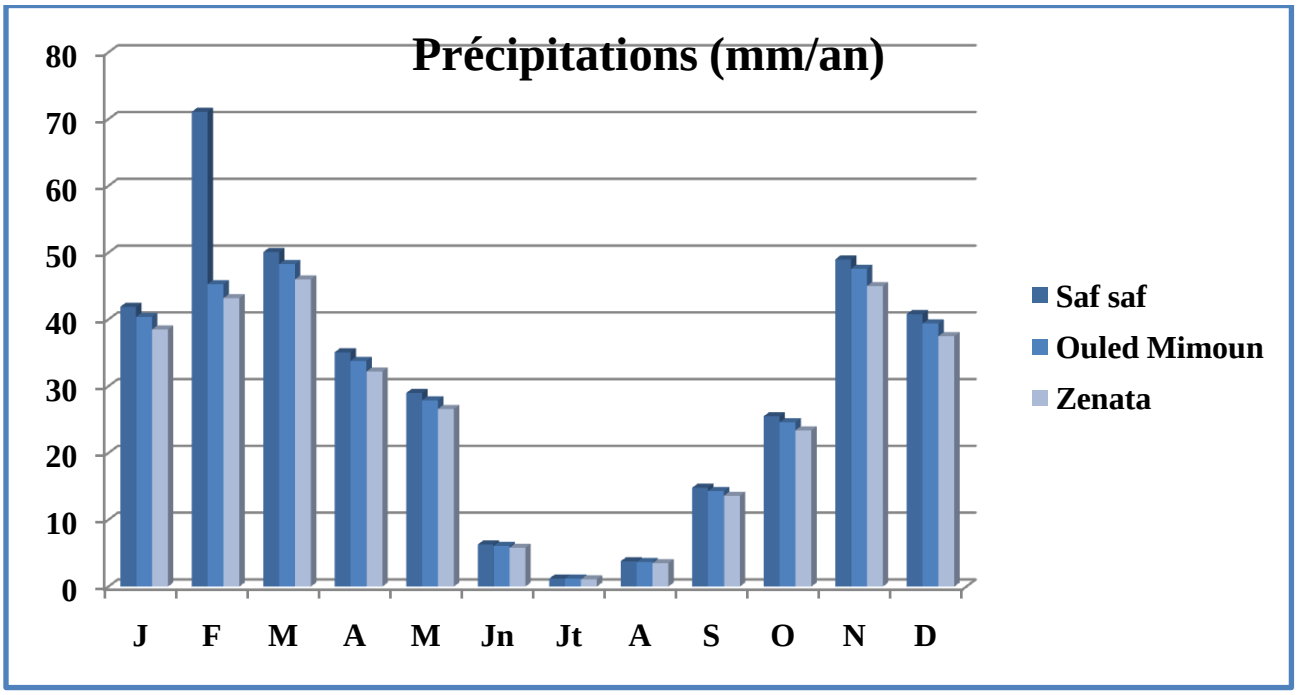

Figure n°11 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1980-2008 dans les stations de Saf Saf , Ouled Mimoun et Zenata.

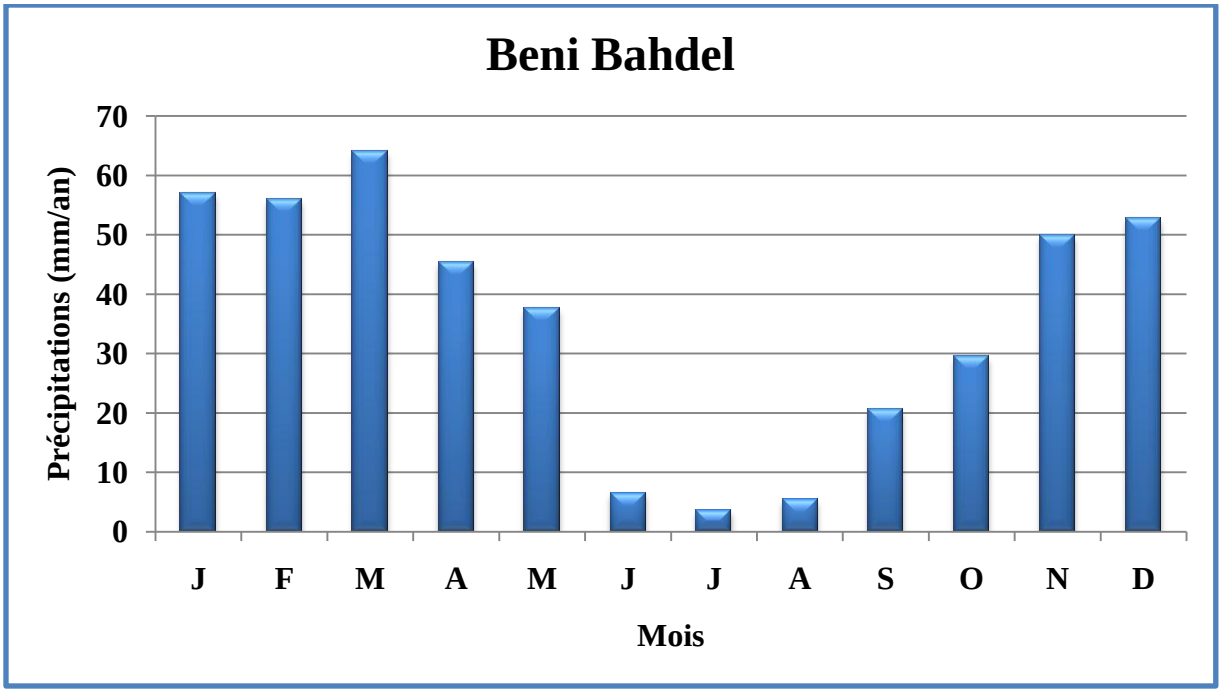

Figure n°12 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1970-2010 dans la station de Beni Bahdel.

Les précipitations moyennes mensuelles de la station de Sebdou sont irrégulières (fig n°10). En effet, elles oscillent d'un mois à un autre; elles sont d'un maximum de 48,4 mm en janvier à 13,9 mm/an en février, elles augmentent par la suite en mars (37,1 mm/an) pour s'amoindrirent jusqu'en juillet et ainsi enregistrer la valeur la plus faible (1,2 mm/an). Dès lors, elles s'élèvent plus au moins durant le restant de l'année (entre 2 mm/an en août à 42,3 mm/an en décembre).

D'après les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la station de Beni Bahdel, le mois le plus arrosé est celui de (64 mm/an), alors quele mois de juillet est le plus sec (3,6 mm/an) (fig n°12).

Les régions voisines de la station météorologique de Safsaf semblent les plus arrosées. En effet, les précipitations moyennes mensuelles sont plus importantes que celles des autres stations (fig n°11), cela dit, elles évoluent de la même manière que dans les stations d'Ouled Mimoun et Zenata, à l'exception du mois de février – mois le plus arrosé pour ces trois stations- où l'on remarque soudainement une très forte hausse (71.1mm/an) (fig n°11).

Pour les cinq stations, le mois le plus sec reste le mois de juillet (tableau n°2).

c. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) :

Pour Gaussen (1953), un mois sec est défini comme un mois où le total des précipitations P exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température moyenne T du mois exprimée en degrés centigrades : P inférieur ou égale à 2T.

Le principe de cet indice repose sur une représentation graphique où l'échelle des précipitations est égale au double de l'échelle des températures (P=2T).

Cet indice sert à déterminer la période sèche d'une région donne et de bons résultats dans les régions méditerranéennes.

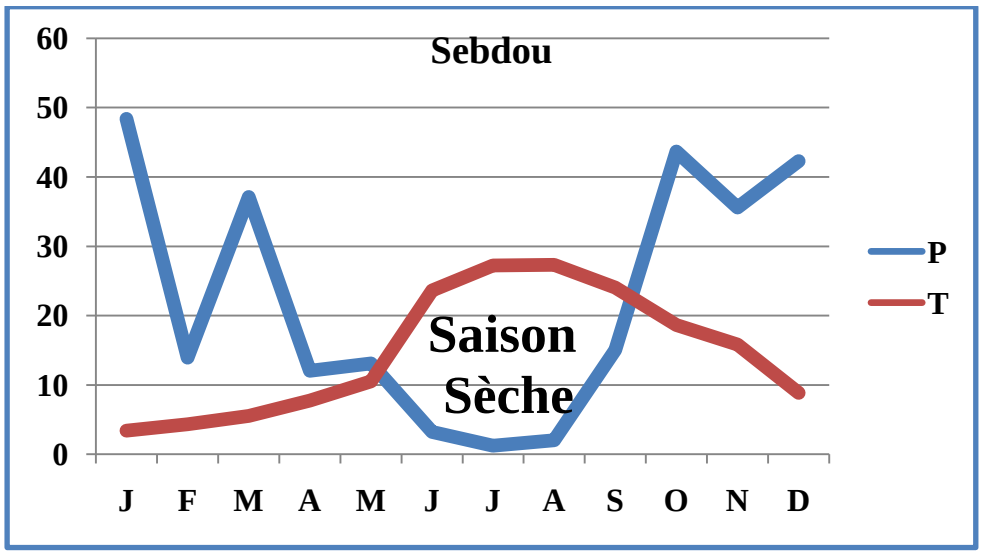

Figure n°13 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Sebdou (1980-2004).

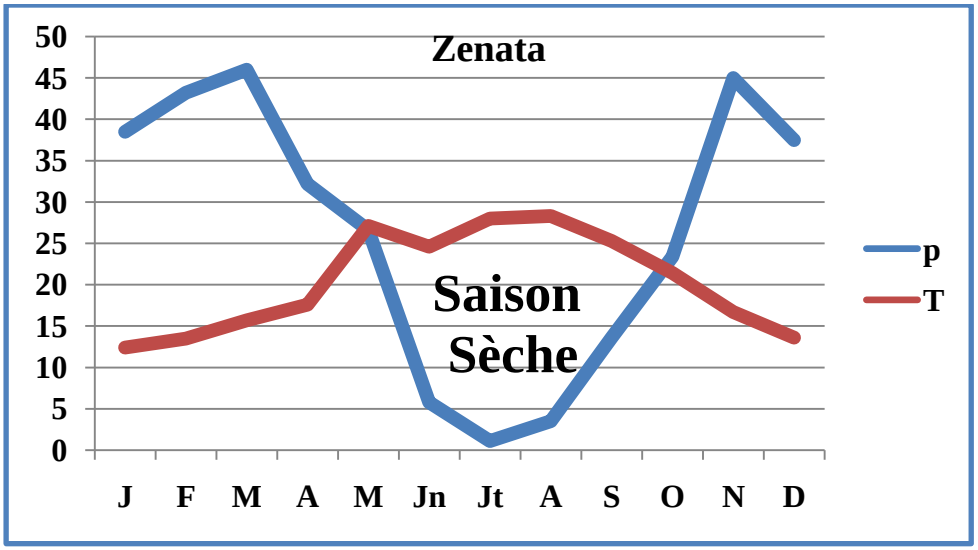

Figure n°14 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Zenata (1980-2008).

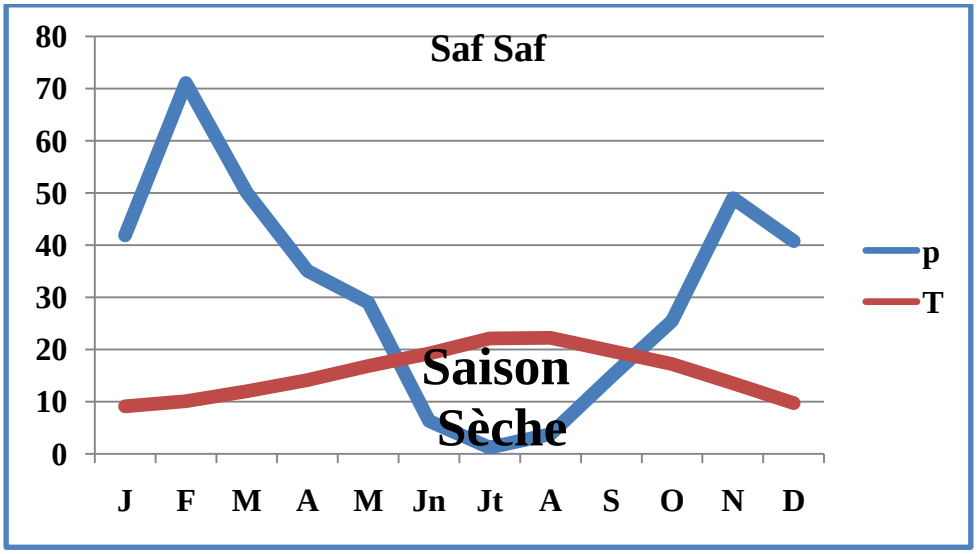

Figure n°15: Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Saf Saf (1980/2008).

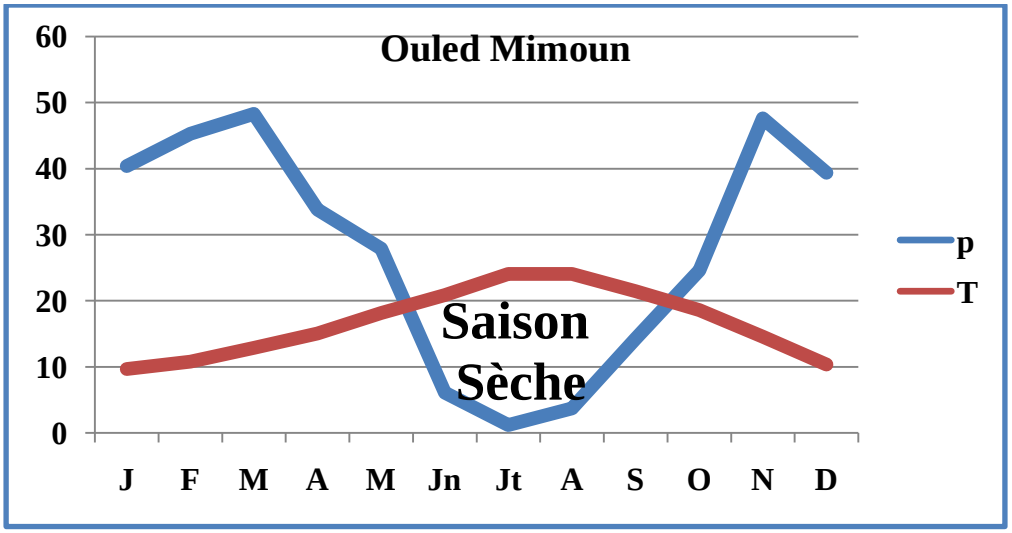

Figure n°16 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station d'Ouled Mimoun (1980/2008).

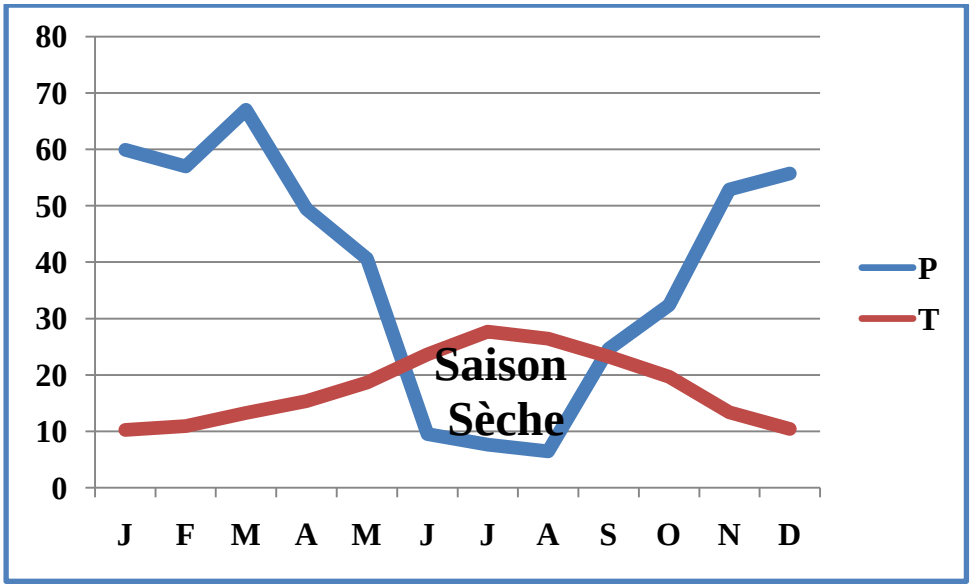

Figure n°17 : Diagramme ombrothemique de Bagnouls et Gaussen de la station de Beni Bahdel (1970/2010).

La période froide et humide de courte durée qui s'étale de novembre à avril, la période chaude et sèche de plus longue durée, de mai à octobre.

En effet, les données des températures et précipitations de cette étude climatique provenant des cinq stations météorologiques confirment cette observation.

D’après les diagrammes ombrothermiques établis en fonction des données des tableaux n°1 et n°2, on remarque que la période sèche s’étale ;

- Du mois d’avril jusqu’au mois d’octobre dans les stations de Sebdou (fig n°13) et Zenata (fig n°14).
- Du mois de juin au mois de septembre dans les stations de Safsaf (fig n°15), Ouled Mimoun (fig n°16) et Beni Bahdel (fig n°17).

G. Description et localisation des stations étudiées :

Les quatre stations (04) stations sélectionnées et leurs sources appartiennent bien sûr au même bassin versant ; celui de la Tafna ; dans deux sous-bassins différents dans quatre (04) affluents tous situés dans le bassin amont c'est-à-dire les monts de Tlemcen dans des zones de sources.

Références bibliographiques :

Ait Boughrous, A., 2007. Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech. Thèse de Doctorat. UFR : Sciences et Techniques des eaux. Spécialité : Hydrobiologie souterraine. Université Cadi Ayyad, Faculté Des Sciences, Semlalia, Marrakech. 207p.

Aliane N, 1986- Contribution à l'étude des plécoptères des Monts de Tlemcen. Diplôme d'Etudes Supérieures. Institut de Biologie Tlemcen. 51p.

Alouf N., 1983. Cycle de vie de *Gammarus laticoxalis* ssp. Dans l'exurgence de Shtaura (Liban). Note sur *Gammarus Syriacus* de Shansine. Hydrobiologie, 107:169-181.

Alouf N., Henry J.P. & Lagniez G., 1981. Faune souterraine rejetée par une exurgence temporaire du Liban: *Proasellus bardauni* n.sp. Vie et milieu, 31(1):93-99.

Andrassy, I., 1962. Nematodem aus dem Ufergrundwasser der Donau von Bratislava bis Budapest. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 27: 91-117.

Angelier E., 1953. Recherches écologiques et biogéographiques sur la faune des sables submergés. *Arch. Zool. exp. gén.*, 90: 37-161;

Angelier E., 1962. Remarques sur la répartition de la faune dans le milieu interstitielle hyporhéique. *Zool. Anz.*, 168: 351- 356

Aschmann, H. (1973). Distribution and peculiarity of Mediterranean Ecosystems. In: Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). Mediterranean Type Ecosistems: Origin and structure. Springer-Verlag, New York. 405 pp.

Ayer, J.A. 2004. The Abitibi greenstone belt: A program update; in Summary of Field Work and Other Activities 2004, Ontario Geological Survey, Open File Report 6145, p.4-1 to 4-3.

Bakalowicz, M. 1979. Contribution de la ge´ochimie des eaux a`la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Ph.D. diss., Laboratoire Souterrain du CNRS, Université de Paris 6.

Bagnouls F, et Gaussen H, 1953 - Saison sèche et indice xérothemique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse (88),pp,3-4 et 193-239

Battin T.J., 1999. Hydrology flow paths control dissolved organic carbon fluxes and metabolism in a alpine stream hyporheic zone. Water Ressource Research. 35(10):3159-3169.

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.

Belaidi, N., 2004 - Rôle du milieu hyporéique dans le fonctionnement de l'écosystème oued,Dynamique de la faune hyporéique à l'aval d'un barrage pollué,Thèse,Doc,Univ,Tlemcen (Algérie) :83p

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.

Bencala, K.E., 1984. Interactions of solutes and streambed sediment. 2. A dynamic analysis of coupled hydrologic and chemical processes that determine solute transport. Water Resources research 20: 1804-1814.

Bencala, K.E., 1993. A perspective on stream catchment connections. J.Am.Benthol.Soc.12(1):44-47.

Bencala, K.E., Kennedy V.C., Zellweger G.W., Jackman A.P. and Avanzino R.J., 1984. Interactions of solutes and streambed sediments. An experimental analysis of cation and anion transport in amountain stream. Water resources Research 20:1797-1803.

Bendiouis- Chaoui Boudghène S, 1991 - Contribution à l'étude de la qualité des eaux des puits de la ville de Tlemcen à partir d'une étude faunistique,Mém,Ing,Fac,Sc,Univ, Tlemcen (Algérie): 53p

Bernard C., Fabre A. et Vervier P., 1994. DOC cycling in surface and groundwaters interaction zone in an ecosystem. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25:1441-1413.

Berthélemy C., 1968. Contribution à la connaissance des Leuctridae. Annls Limnol., 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 les Coléoptères d'eau courante *(Hydraena* et Elminthidae) des Pyrénées.

Berthélémy D., 1984. Impact des pollutions sur la faune stygobie karstique: approche typologique sur seize émergenges des départements de l'Ain et du Jura. Thèse. Doct., univ. Lyon I, 182p.

Beyer, N., 1932. Die tierwelt der Quellen und Bäche des Baumberggebietes. Abh.Westf.Prov.Mus.f.Naturk., 8.Jg, Münster: 9-187.

Bird J.E. & Hynes H.B.N., 1981. Movements of immature aquatic insects in a lotic habitat. Hydrobiologia, 77, 103-112.

Bishop J.E., 1973. Observations on the vertical distribution of the benthos in a Malaysian stream. Freshw Biol 3:147-156

Bonvallet-Garay, S., 2003. Rôle du sous-écoulement et du complexe périphyton-sédiments dans la transformation biogéochimique du phosphore dans un hyrosystème à biomasse fixée: le modèle Garonne. Master's Thesis. Université Paul Sabatier Toulouse III, Toulouse, France.

Bork, J., Berkhoff, S.E., Bork, S., Hahn, H.J., 2009. Using subsurface metazoan fauna to indicate groundwater-surface water interactions in the Nakdong River floodplain, South Korea. Hydrogeol. J. 17, 61–75.

Botosaneanu L., 1986. Stygofauna Mundi.- Brill & Backhuys, Leiden, 740 pp.

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.

Bou C., 1974. Recherches sur la faune souterraine. Méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. Ann. Spéléol., 29, 4, p. 611-619

Bouanani A., 2003. Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous-bassins de la Tafna (NW - Algérie). Thèse de doctorat d'Etat.Univ Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. 250p.

Bouklikha A., 2011. Répartition du macrobenthos des Oueds du bassin versant de la Tafna. Application à l'occupation des micro-habitats des cours d'eau. Thèse de Magister. Univ. Tlemcen. 100p.

Boulal, M., 2002. Recherches phréatobiologiques dans le Souss et les régions voisines du Maroc occidental: Qualité de l'eau, Biodiversité, Ecologie et Biogéographie historique des espèces stygobies. Thèse de Doctorat d'Etat, Fac. Sc. Semlalia, Marrakech, 443 pp.

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.

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 Proasellus coxalis 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. Archiv für Hydrobiologie 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.

Boulton AJ, Scarsbrook MR, Quinn JM, Burrell GP. 1997. Land-use effects on the hyporheic ecology of five small streams near Hamilton, NewZealand. N.Z. J. Mar. Freshwat. Res. 31:609–22

Boulton AJ,Valett HM,Fisher SG. 1992. Spatial distribution and taxonomic composition of the hyporheos of several Sonoran Desert streams. Arch. Hydrobiol.125:37–61

Bournaud, M., B. Cellot, P. Richoux & A. Berrahou, 1996. Macroinvertebrate community structure and environmental characteristics ti species or family. J. N. Am. Benthol. Soc. 15 (2) 232-253.

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.

Brandes C., 1967. Recherches sur la faune épigée des sources et de leurs émissaires du Massif de Sourroque (Ariege). D.E.S Univ.Toulouse.

Bretschko G., 1981. Vetical distribution of zoobenthos in an Alpine brook of the Ritrodat-Lunz study area. Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie. 21:873-876.

Brunke M. & Gonser T., 1999. hyporheic invertebrates - the clinal nature of interstitial communities structured by hydrolical exchage and environmental gradient. Journal of the North American Benthological Society 18:344-362.

Brunke, M., E. Hoehn, and T. Gonser. 2003. Patchiness of river-groundwater interactions within two floodplain landscapes and diversity of aquatic invertebrate communities. Ecosystems 6:707–722.

Brunke, M., Gonser, T., 1997, The ecological signifi cance of exchange processes between rivers and groundwater, Freshwater Biology , n° 37, p. 1-33.

Caliman M.T., 1967. Recherche sur les crustacés souterrains des sources du massif du Sourroque (Ariege). D.E.S Univ.Toulouse.

Cantonati, M., Angeli, N., Bertuzzi, E., Spitale, D. and Lange-Bertalot, H. (*2012b*) Diatoms in springs of the Alps: spring types, environmental determinants, and substratum. Freshwater Science: June 2012, Vol. 31, No. 2, pp. 499-524.

Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., and Cox, E.J. (*2012a*) Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. Freshwater Science: June 2012, Vol. 31, No. 2, pp. 463-480.

Cantonati, M., Gerecke, R. & Bertuzzi, E., 2006. Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. A. Lami & A. Boggero (eds), Ecology of High Altitude Aquatic Systems in the Alps. Hydrobiologia (2006) 562:59–96

Cantonati, M., Gerecke, R., Jüttner., I and Cox, E.J. (Guest Editors), 2011, Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation J. Limnol., 70(Suppl. 1): 147-154 - DOI: 10.3274/JL11-70-S1-11

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).

Castro, N.M. et Hornberger, G.M., 1991. Surface-subsurface water interactions in a alluvial mountain stream channel. Water Resources research. 27: 1613-1621.

Chafiq M., Gibert J. et Claret C., 1999. Interactions among sediments, organic matter and microbial activity in the hyporheic zone of an intermittent stream. Can.J.Fish.Aquat.Sci.56:487-495.

Chafiq M., Gibert J., Marmonier P., Dole-Olivier M.J. & Juget J. 1992.- Spring ecotone and gradient study of interstitial fauna along two floodplain tributaries of the river Rhône, France. *Regulated River: Research & Management*, 7: 103- 115.

Chapin, F.S., Schulze, E.D. & Mooney, H.A., 1992. Biodiversity and ecosystem processes.- Trends Ecol. Evol. 7: 1-33

Chappuis P.A., 1946. Un nouveau biotope de la faune souterraine aquatique. Bull.Acad.Roum.Sec.Sci., XXIX, 1:1-8.

Chappuis, P.A., 1944. Die grundwassefauna der Körôs und des Szamos.- Matem. Term. Kozl, Vonat, Hazai Visz, Kiadja a Magyar Tud, Akad, 40: 5-43.

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.

Claret C., Marmonnier P., Dole-Olivier M.J., Creuzé des Châtelliers M., Boulton A.J. et Castella E., 1999.A functional classification of interstitial invertebrates : supplementing measures of biodiversity using species traits and habitat affinities. Arch. Hydrobiol. 145.4. 385-403p.

Claret, C., P. Marmonier, J. M. Boissier, D. Fontvieille & P. Blanc, 1997. Nutrient transfer between parafluvial interstitial water and river water: influence of gravel bar heterogeneity. Freshwat. Biol.37: 657–670.

Cléments, F. E. 1905. Research methods in ecology. Lincoln, NB:University Publishing Company. 334 p.

Clifford N. Dahm ; H. Maurice Valett ; Colden V. Baxter and William W. Woessner, 2006. Hyporheic zones In Methods in stream ecology. 2nd Edt. Elsevier.

Coineau N. 1971.- Les Isopodes interstitiels. Document sur leur écologie et leur biologie. *Mém. Mus. Natn. Hist. Nat.* (N. S.,A) 64: 1- 170.

Coineau, N. (2000). Adaptations to interstitial groundwater life. In H. Wilkens, D. Culver, & W. F. Humphreys (Eds.), Subterranean ecosystems (pp. 189–210). Amsterdam:Elsevier.

Coleman, M. J., and H. B. N. Hynes. 1970. The vertical distribution of the invertebrate fauna in the bed of a stream. Limnology and Oceanography 15:31–40.

Coleman, M.J., & 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- Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie),Thèse de doctorat nouveau régime,Univ,Avignon,282p,

Compton, J.E., M.R. Church, S.T. Larned, and W.E. Hogsett, 2003. Nitrogen Export From Forested Watersheds in the Oregon Coast Range: The Role of N2-Fixing Red Alder. Ecosystems 6:773-785.

Crema, S., Ferrarese, U., Golo, D., Modena, P., Sambugar, B. & Gerecke, R., 1996. Ricerche sulla fauna bentonica ed binterstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Report del Centro di Ecologia Alpina 8: 1-104. Order from: CEA, Viote Monte Bondone, I 38040 Sardagna (TN), Italy.

Creuzé des Châtelliers M, 1991 -Dynamique de répartition des biocénoses interstitielles du Rhône en relation avec des caractéristiques géomorphologiques (Secteurs de Brénier - cordon , miribel - jonage et Donzère - Mondragon), Thèse de Doctorat , Université de Lyon 1, France : 161p,

Creuzé des Châtelliers M., Marmonier P., Dole-Olivier M.J., Castella E.,1992 - Structure of interstitial assemblages in a regulated channel of the Rhine River. Regulated Rivers, 23-30.

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

Creuzé des Châtelliers, M et Reygobellet, J.L., 1990. Interactions between geomorphological processes, benthic and hyporheic communities: firt results on a by-passcanal of the French Upper Rhône River. Regulated Rivers: Research and management. 5: 139-158.

Cummins, K.W. and G.H. Lauff. 1968.The influence of substrate particle size on the microdistribution of stream macrobenthos.Hydrobiologia 34:145-181.

Cushing C.E. & Gaines W.L., 1989. Thoughts on recolonization of endorheic cold desert spring-stream. J.N.Am.Benthol.Soc. 8:277-287.

DAGET, P. H. & MICHEL-VILLAG, J. P. (1975). Délimitation de la region méditerranéenne selon les régimes des précipitations. In: Proceedings of Symposium Israel-France: ecological research and development of arid zones with winter precipitation. Special Publication, 39. Volcani Centre Bet-Dagan, Israel. 3-13pp.

Danielopol D.L., 1976. The distribution of the fauna in the interstitial habitats of riverine sediments of the Danube and the Piesting (Austria). *Int.J. Speleol*., 8: 23-51.

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

Danielopol D.L., 1982. Phreatobiology reconsidered. Polskie Archiwum Hydrobiologii 29:375-386.

Danielopol D.L., 1984. Ecologial 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., 1989. Groundwater fauna associated with riverine aquifers. J.N.Am.Benthol.Soc.8:18-35.

Danielopol, D. L., Pospisil, P., Dreher, J., Mo¨ sslacher, F., Torreiter, P., Geiger-Kaiser, M., et al. (2000). A groundwater ecosystem in the Danube wetlands at Wien (Austria).In H. Wilkens, D. Culver, & W. F. Humphreys (Eds.), Subterranean ecosystems (pp. 481–511). Amsterdam:Elsevier.

Danielopol, D.L., Marmonier, P., 1992. Aspect of research on groundwater along the Rhône, Rhine and Danube. Regulated Rivers, 7: 5-16.

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.

Datry, T., Lafont, M. & Larned, S.T., 2010.Hyporheic annelid distribution along a flow permanence gradient in an alluvial river. Aquat. Sci. (2010) 72:335–346

Datry, T., Malard, F., & Gibert, J. (2005). Response of invertebrate assemblages to increased groundwater recharge rates in a phreatic aquifer. Journal of the North American Benthological Association, 24, 461–477.

Delamarre-Deboutteville C., 1960. Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Hermann, Paris, 750p

Delucchi C.M., 1987. Comparison of community structure among streams with different temporal flow regimes. Can.J.Zool. 66:579-586.

Delucchi C.M., 1989. Movement patterns of invertebrates in emporary and permanent streams. Oecologia 78:199-207.

Di Castri, F. (1973).Climatographical comparisions between Chile and the Western Coast of North America. In: Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). Mediterranean Type Ecosistems: Origin and structure. Springer-Verlag, New York. 405 pp.

Djebaili S,1978-Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien Algérie,Thèse,Doct,d'etat,Univ,Sci,et Tech Languedoc,Montpellier,229p+annexe,

Dole M.J, 1983. Le domaine aquatique souterrain de la plaine alluviale du Rhône de l'Est de Lyon; écologie des niveaux supérieures de la nappe. Thèse 3éme cycle, Univ. Claude Bernard, Lyon I: 168p

Dole M.J., 1985. Le domaine aquatique souterain de la plaine alluviale du Rhône à l'est de Lyon. 2. Structure verticale des peuplements des niveaux supérieurs de la nappe. Stygologia1 (3) 270-291.

Dole-Olivier M.J. & Chessel D., 1986. Stabilité physique et biologique des milieux interstitiels. Cas de deux stationsdu Haut Rhône. Ann. Limnol. 22: 69-81.

Dole-Olivier M.J. & Marmonier P. 1992b. Effects of spates on interstitial assemblages structure. Disturbance-perturbation relationship, rate of recovery. Hydrobiologia 230: 49-61.

Dole-Olivier M.J. & Marmonnier P., 1992c. Effects of spates on the vertical distribution of the interstitial community. Hydrobiologia. 230: 49-61.

Dole-Olivier M.J.& Marmonier P. 1992a.- Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. *Freshwater Biology*, 27: 177-191.

Dole-Olivier M.J., 1998. Surface water-groundwater exchanges in three dimensions on a backwater of the Rhône River. Freshwat.Biol.40:93-109.

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 – Relationships between environmental variables and groundwater biodiversity at the regional scale. Freshwater Biology, 54 : 797-813.

Dole-Olivier, M. J., P. Marmonier, and J. L. Beffy. 1997. Response of invertebrates to lotic disturbance: is the hyporheic zone a patchy refugium? Freshwater Biology 37:257–276.

Druon V., 1994. Processus de transformation de la matière organique dans le sous-écoulement d'un banc de galets: importance de la granulométrie. DEA d'Ecologie des Systèmes Aquatiques Continentaux. Univ. Paul Sabatier. Toulouse. France.

Dumas, P., Bou, C., Gibert, J., 2001. Groundwater macrocrustaceans as natural indicators of the Ariège alluvial aquifer. Int. Rev. Hydrobiol. 86, 619–633.

Eder, R., 1983. Nematoden aus dem Interstitial der Donau bei Fischamend (Niederösterreich). Arch. Biol. Suppl. 68: 100-113.

Emberger L,1955- Un classification biogéographique des climats,Trar,Lat,Bot,Zool,Fac,Sci,Serv,Montpellier 7,p 3-43

Erman, N.A., Erman, D.C., 1995. Spring permanence, Trichoptera species richeness, and the role of 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°..)

Feminella, J. W., 1996. Comparisons of benthic macroinvertebrate assemblages in small streams along a gradient of flow permanence. Journal of the North American Benthological Society 15: 651–669.

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.

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.

Findlay S., 1995. Importance of the surface-subsurface exchange in stream ecosystems : the hyporheic zone. Limnol.Oceanogr. 40(1):159-164.

Findlay S., Strayer D., Goumbala C. and Gould K., 1993. Metabolism of streamwater dissolved carbon in shallow hyporheic zone. Limnol. Oceanogr. 38(7): 1493-1499.

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

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.

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

Gary A. Lamberti, Dominic T. Chaloner, and Anne E. Hershey (2010) Linkages among aquatic ecosystems. Journal of the North American Benthological Society: March 2010, Vol. 29, No. 1, pp. 245-263.

Gaschignard O., 1984. impact d'"une crue sur les macroinvertébrés benthiques d'un bras du Rhône. Int. Verein. Ang. Limnol. 22: 1997-2001.

GASITH, A. & RESH, V. H. (1999). Streams in Mediterranean climate region: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. Annu. Rev. Ecol. Syst., 30: 51-81.

Gentil L,1903 - Carte géologique du bassin versant de la Tafna ,Oran-Serv ,Publ,Geol,Algérie,

Gerecke, R., C. Meisch, F. Stoch, F. Acri & H. Franz, 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.

Ghiorse W.C. et Wilson J.T., 1988. Microbial ecology of the terrestrial subsurface. Advances in Applied Microbiology. 33:107-177.

Ghlala A, et Messana G, 2005: Diversité de la faune souterraine ,3p,

Gibert J., 1991. les écotones souterrains-superficiels: des zones d'échanges entre environnements souterrain et de surface. Hydrogéologie, 3: 233-240.

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.

Gibert J., Deharveng L. (2002) Subterranean ecosystems: A truncated functional biodiversity.BioScience 52, 473-481.

Gibert J., Dole-Olivier M.J., Marmonnier P. et Vervier P., 1990. Surface water-groundwater ecotone. In: Ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. R.J. Naiman and H. Décamps, P.Publ. London. pp199-225.

Gibert J., Ginet R., Mathieu J., Reygrobellet J.L., et Seyed-Reihani A., 1977. Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français.IV. Le peuplement des eaux phréatiques: premiers résultats. Annales de Limnologie 13:83-97.

Gibert J., Stanford J.A., Dole-Olivier & Ward J.V., 1994. Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research.-In : Gibert, J., Danielopol D.L. & Stanford J.A. (eds.):Groundwater Ecology.-Academic Press, San Diego, pp.7-40.

Gibert, J., 1986. Ecologie d'un système karstique jurassien: hydrogéologie, dérive animale, transits de matières, dynamique de la population de Niphargus (Crustacé Amphipode). Mémoires de biospéologie, Moulis 13: 379.

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

Giudicelli, J. et Dakki, M., 1980. Les *Agapetus* du Maroc. Descriptions de deux espèces nouvelles (Trichoptera, Glossosomatidae). *Bjdr.Dierk.*, 50 (1): 227-234.

Giudicelli, J. et Dakki, M., 1984 Les sources du Moyen Atlas et du Rif (Maroc). Faunistique (description de deux nouvelles espèces de Trichoptères), écologie, intérêt biogéographique. *Bjdr.Dierk.*, 54 (1): 83-100.

Gomi T., Sidle R.C. et Richardson, J.., 2002. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. Bioscience 52:905-916

Gonser T., 2001. Les eaux souterraines-un milieu obscur. Recherche sur les eaux souterraines pour la pratique-EAWAG news 49f -Bulletin de l'EAWAG 36:6-8.

Griebler, C., Mösslacher, F., 2003. Grundwasser–eine ökosystemare Betrachtung. In: Griebler, C., Mösslacher, F. (Eds.), Grundwasser-Ökologie. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, pp. 255–310.

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

Guerin M., 2006. Etude de l'impact des facteurs physiques, géomorphologiques et paysagers sur l'embryogenese de la truite (*Salmo trutta*) et les échanges eaux de surface - eaux souterraines. Master 2 Bassin versant Eau Sol. Université de Rennes 1. Agrocampus de Rennes. 24p.

Hahn, H. J. (2002). Meiobenthic community response on landuse, geology and groundwater–surface water interactions: Distribution of meiofauna in the stream sediments and in the groundwater of the Marbling Brook catchment (Western Australia). Archiv fu¨r Hydrobiologie Supplement, Vol. 139/2, Monographical Studies (pp. 237–263).

Hahn, H. J. (2006). A first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats: The GWFauna-Index. Limnologica, 36, 119–137.

Hahn, H.J., Friedrich, E., 1999. Brauchen wir ein faunistisch begründetes Grundwassermonitoring und was kann es leisten? Grundwasser 4, 3–10.

Hahn, H.J., Fuchs, A., 2009. Distribution patterns of groundwater communities across aquifer types in southwestern Germany. Freshw. Biol. 54, 848–860.

Haigh, M.J., R.B. Singh, and J. Krecek, 1998. Headwater Control: Matters Arising. In: Headwaters: Water Resources and Soil Conservation, M.J. Haigh, J. Krecek, G.S. Rajwar, and M.P. Kilmartin (Editors). A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, pp. 3-24.

Hakenkamp C.C., Valett H.M., Boulton A.J., 1993. Perspectives on the hyporheic zone : integrating hydrology and biology. Concluding remarks. J.N.Am.Benthol.Soc. 12(1): 94-99.

Hakenkamp, C. C., Palmer, M. A., & James, B. R. (1994). Metazoans from a sandy aquifer: Dynamics across a physically and chemically heterogeneous groundwater system. Hydrobiologia, 287, 195–206.

Hendricks S.P. & 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.

Hendricks S.P., 1993. Microbial ecology of the hyporheic zone: a perspective integrating hydrology and biology. 12(1): 70-78.

Henry J.P., 1976. Recherche sur les asellidae hypogées de la lignée Cavaticus (crustacéra, isopoda, Asellota). Th.Sci.Nat.Univ.Dijon. N° 12 143:270 p.

Hill A.R., Labadia C.Fet Stuanes A.O., 1998. Hyporheic zone hydrology and nitrogen dynamics in relation to the streambed topography of a N rich stream. Biogeochemistry.42:285-310.

Hoffsten, P. -O. & B. Malmqvist, 2000. The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden. Hydrobiologia 436: 91–104.

Holland M., 1988. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundries: report of a SCOPE/MAB workshop on écotones; biol. Int., 17: 47-104.

Huet, M. 1959. Profiles and biology of western European streams as related to fish management. Transactions of the American Fisheries Society 88:155–163.

Husmaan S., 1975. The boreoalpine distribution of groundwater organims in Europe.Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie 19:2983-2988.

Husmann, S., 1957. Die Besiedelung des Grundwassers im südlichen Niedersachsen. - Beitr. Naturk. Niedersachsens 10: 87-96.

Husmann, S., 1971. Ecologial studies on freshwater meiobenthon in layers of sand and gravel. - Smithson. Contrib. Knowledge 76: 161-169.

Hynes H.B.N., 1974. Groundwater and stream ecology. *Hydrobiologia*. 100: 93-99.

Hynes H.B.N., 1983. Groundwater and stream ecology. Hydrobiologia. 68: 519-527.

Hynes, H.B.N., 1983. Groundwater and stream ecology. Hydrobiologia. 100: 93-99.

Illies, J. & L. Botosaneanu, 1963. Problemes e methodes de la classification ecologique des eaux courantes, considerees surtout du point du vue faunistique. Mitteilungen der Internationalen Vereinigung fur theoretische und ange-wandte Limnologie 12: 1–57.

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

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? Freshw Biol 53:1316–1334. doi:10.1111/j.1365-2427.2008.01969.x

Jhonson, K.H., Vogt, K.A., Clark, H.J., Schmitz, O.J. & Vogt, D.J., 1996. Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems.- Trends Ecol. Evol. 11: 372-377.

Jones, Jr. J.B., Fisher S.G., Grimm N.B., 1995. Vertical hydrologic exchange and ecosystem metabolism in a sonoran desert stream. *Ecology*. pp 942-952.

Judy L. Meyer, David L. Strayer, J. Bruce Wallace, Sue L. Eggert, Gene S. Helfman, Norman E. 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

Khaldi, A., 2005. Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida". Diplôme de Docteur d'Etat (Option : Hydrogéologie) Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et l'Aménagement du Territoire. Université d'Oran 229p,

KÖPPEN, W. (1923). De klimate der Erde. Bornträger, Berlin. 369 pp.

Körner, C., 1993. Scaling from spieces to vegetation: the usefulness of functional groups.- In: schulze, E. D. & Mooney, H.A. (eds.): Biodiversity and ecosystem function.- Springer-Verlag, New York, pp, 117-132.

Lafont M., Durbec A. & Ille C., 1992. Oligochaete worms as biological describers of the interactions between surface and groundwaters: A first synthesis. *Regulated Rivers* 7, 65-73.

Lattinger-Penko, R., 1976. Quelques données sur la population de *Proasellus slavus*ssp. N. Sket (Crustacaea, Isopoda) dans l'hyporhéique de la rivière Drave près de Legard.- Int. J.Speleol. 8: 107-115.

Lawton, J.H., 1994. What do species do in ecosystems? - Oikos 71: 367-374.

Le Houerou H,N,J,Claudin et Pouget M,1977- Etude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/100,000,Bul,Soc,Hist,Nat,Afri,Nord,p36-40

Lecerf, A., 2005. Perturbations anthropiques et fonctionnement écologique des cours d'eau de tête de bassin : Etude du processus de décomposition de la litière - Thèse de Doctorat-Université Toulouse III Paul Sabatier – Discipline : Ecologie fonctionnelle.176p.

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

Leopold, A., 1933. Game management. Charles Scrinbner's Sons, New York, USA.

Leopold, L.B., Wolman, M.G. et Miller, J.P., 1964. Fluvial processes in geomorphology. W.H. Freeman and Compagny. San Francisco.

Leruth R., 1939. La biologie du domaine souterrain et la faune cavernicole de Belgique. Mem.Mus.Roy.Hist.Belg., 497p.

Loot G., Cours Ecologie Des Eaux Courantes. Université Paul Sabatier, Toulouse III. 53p.

Lowe W. et Likens, G.E., 2005. Moving headwater streams to the head of the class. Bioscience 55:196-197.

Magniez, G.J., 1981. Biogeographical and paleogeographical problems in Stenasellids (Crustacea Isopoda Asellota) of underground waters. - Int. J. Spéléol. 11: 71-81.

Malard F. & Hervant F., 1999. Oxygen supply and the adaptations of animals in ground water. Freshwater Biology 41:1-30.

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

Malard, F., D. Galassi, M. Lafont, S. Doledec, and J. V. Ward. 2003b. Longitudinal patterns of invertebrates in the hyporheic zone of a glacial river. Freshwater Biology 48:1709–1725.

Malard, F., Mangin, A., Uehlinger, U., Ward, J.V., 2001. Thermal heterogeneity in the hyporheic zone of a glacial floodplain. Can. J. Fish. Aq. Sci. 58, 1319–1335.

Malard, F., Tockner, K., Dole-Olivier, M.-J., & Ward, J. V.(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 Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie , n° 27, p. 431-437.

Maridet L., Philippe M., 1995. Influence of substrate characteristics on the vertical distribution of stream macroinvertebrates in the hyporheic zone. Folia. Fac. Sci. Nat.Univ. Masarykianae Brunensis, Biologia, 21, 101-105.

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 River: Research & Management*, 7: 45- 55.

Marmonier P. & Creuzé des Châteliers M. 1991.- Effects of spates on interstitial assemblages of the Rhône River. Importance of spatial heterogeneity. *Hydrobiologia*, 210: 243- 251.

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.

Marmonier P., Dole-Olivier M.J. & Creuzé des Châtelliers M. 1992. Spatial distribution of interstitial assemblages in the floodplain of the Rhône river. Regulated Rivers: Research & Management 7, 75-82.

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.

Marmonier, P., Dole-Olivier, M.-J., & Creuzé des Châtelliers, M. (1992). Spatial distribution of interstitial assemblages in the floodplain of the Rhône river. Regulated Rivers, 7, 75–82.

Marmonnier 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*, 5: 461- 486.

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

Mestrov M. & Lattinger-Penko R., 1977-78. Ecological investigations of the influence of a polluted river on surrounding interstitial underground waters. International Journal of Speleology 9:331-335.

Meyer J., MacDowell W.H., Bott J.L., Elwood J.W., Ishizaki C., Melak J.M., Peckarsky B.L., Peterson et Rublee P.A., 1988. Elemental dynamics in streams. *J.Am.Benthol.Soc.*7: 410-432.

Meyer, J.L. and J.B. Wallace, 2001. Lost Linkages and Lotic Ecology: Rediscovering Small Streams. In: Ecology: Achievement and Challenge, M.C. Press, N.J. Huntly, and S. Levin (Editors). Blackwell Science, Malden, Massachusetts, pp. 295-317.

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

Moore, R.D. et Richardson, J.S., 2003. Progress towards understanding the structure, function, and ecological significance of small stream channels and their riparian zones. Can.J.For.Res. 33:1349-1351.

MOUNT, J. F. (1995).California Rivers and streams: The conflict between fluvial process and land use. University of California Press, Berkeley. 359 pp.

Mulholland, P. J., E. R. Marzolf, J. R. Webster, D. R. Hart, AND S. P. Hendricks. 1997. Evidence that hyporheic zones increase heterotrophic metabolism and phosphorus uptake in forest streams. Limnology and Oceanography 42:443–451.

Müller, K., 1954. Investigations on the organic drift in north Swedish Streams. Just. Freshwater Res. Drottmingholm, Rep 34: 135-148.

Müller, K., 1973. Life of cycles of stream insects. Aquillo, Ser. Zool., 14: 105-112.

Müller, K., 1982. The colonization cycle of freshwater insects. Oecologia, 52 (2) 202-207.

Naeem, S., 1998. Species redundancy and ecosystem reliability.- Conserv.Biology 12:39-45.

Naeem, S., Thompson, L.J., Lawler, S.P., Lawton, J.H. & Woodfin, R.M., 1994. Declining diversity can alter the performance of ecosystems.- Nature 368: 734-737.

NAHAL, I. (1981). The Mediterranean climate from a biological viewpoint. In: di Castri, F.; Goodall, D. W. & Specht, R. L. Ecosystems of the world 11: Mediterranean-Type Shrublands. Elsevier Scientific Publishing Company. 643 pp.

Naiman, R.J., Décamps H., Pastor J. et Jhonston C.A., 1988a . The potential importance of boundries to fluvial ecosystems. *Jrl. N. Am. Benthol. Soc.*7(4): 289- 306.

Naiman, R.J., Holland, M.M., Décamps, H. and Risser P.G., 1988b. A new Unesco programme: research and management of land/inland water ecotones. Biology international, Special Issue. 17:107-136.

Naiman, R.J., J.M. Melillo, M.A. Lock, T.E. Ford, and S.R. Reice, 1987. Longitudinal Patterns of Ecosystem Processes and Community Structure in a Subarctic River Continuum. Ecology 68:1139-1156.

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

Olsen DA, Townsend CR 2003. Hyporheic community composition in a gravel-bed stream: influence of vertical hydrological exchange, sediment structure and physiochemistry. Freshwater Biology 48: 1363-1378.

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.

O'Neil R.V., D.L. DeAngelis, J.B. Waide et T.F.H. Allen., 1986. A hierarchical concept of ecosystems. Princeton University Press, Princeton New Jersey.

Orghidan T., 1959. Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers. Der hyporheische *Biotop. Arch. F. Hydrobiol*., 55(3): 392- 414.

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

Palmer M.A., 1993. Experimentation in the hyporheic zone : challenges and prospectus. J.N.Am.Benthol.Soc. 12(1): 84-93.

PASCALIS, 2006. **P**rotocols for the **AS**sessement and **C**onservation of **A**quatic **L**ife **I**n the Subsurface: www.pascalis-project.com

PASKOFF, R. P. (1973). Geomorphological processes and characteristics land-forms in the Mediterranean Regions of the World. In: Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). Mediterranean Type Ecosistems: Origin and structure. Springer-Verlag, New York. 405pp.

Pennak R.W. & Ward J.V., 1986. Interstitial fauna communities of the hyporheic and the adjacent biotopes of a Colorado mountain stream. Arch. Hydrobiol., Suppl. 7, 3, p.356-396.

Pesce, G.L. et Teté, P., 1977. Un nouveau Microparasellide des eaux souterraines phréatiques de l'Italie: *Microcharon arganoi*n.sp. (Crustacea: Isopoda).- Int. J. Speleol. 9: 115-123.

Pickett STA, White PS (1985) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Inc. Orlando. 427 pp

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Polis G.A., Anderson W.B. et Holt R.D., 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. Ann.Rev.Ecol.syst. 28:289-316.

Poole W.C. & Stewart K.W. 1976.- The vertical distribution of macrobenthos within the substratum of the Brozo River, Texas. *Hydrobiologia,* 50: 151-160.

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.

Pospisil, P., Danielopol, D. L., & Dreher, J. E. (1994). Measuring dissolved oxygen in simple and multi-level wells. In American Water Resources Association (Ed.), International conference on ground water ecology (pp. 57–66). Herndon: American Water Resources Association.

Power, M.E. et Dietrich W.E., 2002. Food webs in river networks. Ecol.Res. 17:451-471.

PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; CARCELLER, F.; FONS, J.; CHACÓN, G.; IBÁÑEZ, J.; FONT, X.; CARMONA, J. M. & ROMO, A. (2000). Biodiversity of a Mediterranean stream drainage network. Verh. Internat. Verein. Limnol., 27: 135-139.

Prevot G. & R. Prevot, 1986. impact d'une crue sur la communauté d'invertébrés de la moyenne Durance. Rôle de la dérive dans la recolonisationdu peuplement du chenal principal. Annls Limnol. 22: 89-98.

Pugsley CW, Hynes HBN. 1985. Summer diapause and nymphal development in allocapnia pygmaea (Burmeister), (plecoptera: capniidae), in the Speed River, southern Ontario. Contents: file consists of a reprint of the article from: Aquatic Insects, International Journal of Freshwater Entomology, 7, no. 1 (1975): 53-63.

Pugsley CW, Hynes HBN. 1986. The three dimensional distribution of winter stonefly nymphs, Allocapnia pygmaea, within the substrate of a southern Ontario river. Can. J. Fish. Aquat. Sci.43:1812–17

Richardson, D.M. & Cowling, R.M., 1993. Biodiversity and ecosystem processes: opportunities in Mediterraneen-type ecosystems.- trends Ecol. Evol. 8:79-81.

Robertson AL, Wood PJ (2010) Ecology of the hyporheic zone: origins, current knowledge and future directions. Fund Appl Limnol 176:279–289. doi:10.1127/1863-9135/2010/0176-0279

Rodier J, 1996 -L'analyse de l'eau ,Eaux naturelles - eaux résiduaires- eau de mer ,8ème edt,Dunod: 1383p,

Rodier L., 2000. Manuel de laboratoires de chimie générale 202-FSA-05. Rapport interne, département des Sciences de la Nature. Cégep de Saint-Félicien. Canada p. 63- 66.

Rouch R., 1982. Le système karstique de Baget. XII : La communauté des harpacticoidae - Sur l'interdépendance des biocénoses épigée ethypogée. Annls.Limnol., 18 (1) :41-54.

Rouch R., Bakalowicz M., Mangin A. et D'Hulst D., 1989. Sur les caractéristiques chimiques du sous-écoulement d'un ruisseau des Pyrénées. Annls. Limnol. 25 (1) : 3-16.

Ruffo S., 1961. Problemi relfativi allo studio della fauna interstiziale iporreica. Boll. Zool. 28 (2): 273-319.

Rutherford J.E. & Hynes H.B.N., 1987. Dissolved organic carbon in stream and groundwater. Hydrobiologia., 154: 33-48.

Sambugar, B. & E. Mezzanotte, 2004. Ricerca idrobiologica sulle sorgenti della Provincia di Bolzano. Provincia Autonoma di Bolzano. Unpublished Report. 90 pp.
Sambugar, B. & S. Ruffo, 1997. La fauna acquatica delle sorgenti del Parco delle Dolomiti Bellunesi. Prima parte: Vette Feltrine, Pizzocco, Brendol. Parco Nazionale delle Dolomiti bellunesi. Unpublished Report. 41 pp.
Sambugar, B. & S. Ruffo, 1998. La fauna acquatica delle sorgenti del Parco delle Dolomiti Bellunesi. Seconda parte: Monti del Sole, Schiara, Pelf, Pramper, Moschesin. Parco Nazionale delle Dolomiti bellunesi. Unpublished Report.26 pp.

Schmidt S. I. , H. J. Hahn., 2012. What is groundwater and what does this mean to fauna? – An opinion. Limnologica 42, 1– 6. Elsevier.

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., 1961. Uber die Lebensbedingungen und die Besiedlung des hyporheischen Lebensradraunes. Arch. Hydrobiol. Suppl. Bd. 25: 182-214.

Scrimgeour G.J. & Winterbourn M.J., 1989. Effects of floods on epilithon and benthos macroinvertebrate populations in an unstable New Zealand River. Hydrobiologia 171:33-44.

Scrimgeour G.J., Davidson R.J. & Davidson J.M., 1988. Recovery of benthic macroinvertebrates and epilithic communities following a large flood, in an unstable, braided, New Zealand River. New Zealand J.Mar.Freshwat.Res. 22:337-344.
Seyed-Reihani A., Ginet R. et Reygrobellet J.L., 1982. Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. XXX. Le peuplement de trois stations interstitielles dans la plaine de Miribel-Jonage (vallée du Rhône en amont de Lyon), en relation avec leur alimentation hydrogéologique. Rev. Franç. Sci. de l'eau, 1: 163-174.

Sket, B., 1963. *Asellus slavus* REMY (Crust. Isopoda) v Jugoslaviji. - Raspave SAZU. Class IV, VII: 179-197.

Smock I-A, Gladden JE, Riekenberg LC, Black CR. 1992- Lotic macroinvertebrate production in three dimensions: channel surface, hyporheic, and floodplain environments. Ecology 73:876-886.

Stanford J.A. & 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. J.N.Am.Benthol.Soc. 12(1):48-60.

Stanford JA, Gaufin AR. 1974. Hyporheic communities of two Montana rivers. Science 185:700–2

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 12:79-83.
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.

Strhäler A.N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. Geol.Soc.Am.Bull. 63:923-938.

Stubbington R, Wood PJ, Reid I, Gunn, J., 2011. Benthic and hyporheic invertebrate community responses to seasonal flow recession in a groundwater-dominated stream.

rapport-gratuit.com

Ecohydrology (early view) 4. doi:10.1002/eco.168

Tachet H, Bournaud M, et Richoux P, 1980 -Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique),Univ,Lyon 1,Ass,Française de limnologie :155p,

Tachet H., Richoux Ph, Bournaud M. et Usseglio-Polatera Ph. 2000.- Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie CNRS édition : 587p

Taleb, A., 2004. Etude du fonctionnement de l'écosystème oued. Rôle du milieu hyporhéique dans l'évolution de la qualité des eaux en aval du barrage de Hammam Boughrara sur la Tafna. Thèse. Doc. Univ. Tlemcen. :104 p.

Taleb, A., Belaidi, N., Sanchez-Pérez, 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 plluted reservoir (Tafna wadi, Algeria). River Research and Applications, Volume 24, Issue 2, pages 183-196.

Thibodeaux L.J. & Boyle J.D., 1987. Bedform-generated convective transport in bottom sediment. Nature 325:341-343.

Thienemann A., 1925. Die Binnengewasser Mitteleuropas. Eine limnologische Einfuhrung.- Die Binnengewasser 1:1-255.

Thinthoin R,1948- Les aspects physiques du tell oranais, Essai de morphologie de pays semi-aride: ouvrage publié avec le concours du C,N,R,Sed, l Fouque 639p,

Townsend, C.R., 1989. The patch-dynamics concept of stream community ecology.J. N. Am. Benthol. Soc. 8, 36–50.

Triska F.J., Kennedy V.C., Avanzino R.J., Zellweger G.W. et Bencala K.E., 1989. Retention and transport of nutrients in a third order stream in northwestern California: channel processus. *Ecology*. 70: 1877- 1892.

Turner, M.G.,1987. Landscape heterogeneity and disturbance. Ecological Studies 64. Springer-Verlag, New York.

Valett H.M. Fischer S.G., Grimm N.B., Stanley E.H., 1990. Physical and chemical characteristics of hyporeic zone of a Sonoran Desert stream. *J.North Am. Benthol. Soc*. 9(3): 201-215.

Valett H.M., Fisher S.G., Grimm N.B. and Camill P., 1994. Vertical hydrologic exchange and ecological stability of a desert stream ecosystem. Ecology 75: 548-560.

Valett H.M., Hakenkamp C.C. and boulton A.J., 1993. Perspectives on the hyporheic zone: integrating hydrology and biology. Introduction. J.North.Am.Benthol.Soc.12:40-43.

Valett, H.M., Fisher, S.G. et Stanley E.H., 1990. Physical and chemical characteristics of the hyporheic of a Sonoran Desert stream. Journal of the North American Benthological Society. 8: 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, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E., 1980. The River Continuum concept. - Can.J.Fish.Aquat.Sci. 37:130-137.

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., Dobson M. et Pinay G., 1993. Role of interaction zone between surface and groundwaters in DOC transport and processing:considerations for river restoration.Freshwater Biology.29:275-284.

Vervier P., Gibert J., Marmonnier P. & Dole-Olivier M.J., 1992. A perspective on the permeability of the surface freshwater-groundwater ecotone. Jrl.N.Am.Benthol.Soc. 11(1):93-102.

Walker, B.H., 1992. Biodiversity and ecological redundancy.- Conserv. Biol. 6:18-23.

Wallis, P.M., Hynes, H.B.N, Telang, S.A., 1981. The importance of groundwater in the transportation of allochtonus dissolved organic matter to the steam draining a small moutain basin. Hydrobiologia. 79:77-90.

Ward J.V., 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. Journal of the North american Benthological Society 8:2-8.

Ward J.V., Bretschko G., Brunke M., Danielopol D., Gibert J., Gonser T., Hildrew A. G., (1998) The boundaries of river system: the metazoan perspective. Freshwater biology, 40, 531-569.

Ward, J. V., & Palmer, M. A. (1994). Distribution patterns of interstitial freshwater meiofauna over a range of spatial scales, with emphasis on alluvial river-aquifer systems. Hydrobiologia, 287, 147–156.

White D.S., 1990. Biological relationships to convective flow patterns within stream beds. Hydrobiologia 196: 149-158.

White D.S., 1993. Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. J.N.Am.Benthol.Soc. 12(1):61-69.

White D.S., Elzinga C.H. and Hendricks S.P., 1987. Temperature patterns within the hyporheic zone of a northern Michigan river. Journal of the North American Benthological Society 6:85-91.

White, D. S., C. H. Elzinga & S. P. Hendricks, 1987. Temperature patterns within the hyporheic zone of a northern Michigan river.J. n. am. Benthol. Soc. 6: 85–91.

Wiens, J. A., C. S. Crawford, and J. R. Gosz. 1985.Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. Oikos 45:421-427.

Williams D. D. 1989. Towards a biological and chemical definition of the hyporheic zone in two Canadian rivers.Freshwater Biol. 22: 189-208.

Williams D. D., Williams N. E. and Cao Y. (1997) Spatial di€ erences in macroinvertebrate community structure in springs in southeastern Ontario in relation to their chemical and physical environments. Canadian Journal of Zoology 75, 1404-1414.

Williams D.D & Hynes H.B.N., 1974. The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. Freshwat. Biol., 4: 233-256.

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.

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

Williams D.D., 1981. Migrations and distributions of stream benthos. In: Perspectives in running water ecology, M.A. Lock & D.D. Williams (eds). Plenum Press, New York: 155-208.

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

Wipfli, M.S. and D.P. Gregovich, 2002. Export of Invertebrates and Detritus From Fishless Headwater Streams in Southeastern Alaska: Implications for Downstream Salmonid Production.Freshwater Biology 47:957-969.

Wipfli, Mark S., John S. Richardson, and Robert J. Naiman, 2007. Ecological Linkages Between Headwaters and Downstream Ecosystems: Transport of Organic Matter, Invertebrates, and Wood Down Headwater Channels. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 43(1):72-85.

Wood PJ, Boulton AJ, Little S, Stubbington R (2010) Is the hyporheic zone a refugium for macroinvertebrates during severe low flow conditions? Fund Appl Limnol 176:377–390. doi:10.1127/1863-9135/2010/0176-0377

Wood PJ, Gunn J, Smith H, Abas-Kutty A (2005) Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. Hydrobiologia. 545:55–64

Yacoubi-Khebiza, M. & Boutin, C., 1997. Impact d'un barrage hydroélectrique sur les biotopes et sur la répartition de la faune interstitielle d'un cours d'eau. Mémoires de Biospéologie, Tome XXIV, p. 191-206.

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 barraqe Lalla Takerkoust. 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.

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

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