

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire d' Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels

Mémoire

En vue de l'obtention du

Diplôme de Magister

En Ecologie et Biodiversité des Ecosystèmes Continentaux

Option : Ecosystèmes Aquatiques

Présentée par :

SABRI SAMIRA

**Mise en place d'un protocole
d'échantillonnage des invertébrés
aquatiques adapté aux zones aval des
cours d'eau.**

Le jury:

Président	M ^r BOUAZZA Mohamed	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur	M ^{me} BELAIDI Nouria	Professeur	Université de Tlemcen
Examinatrice	M ^{lle} TALEB Amina	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur	M ^r MOSTEFAI Nouredine	M.C.A	Université de Tlemcen

Année Universitaire : 2012-2013.

هذا العمل يمثل أولى المعطيات حول الكائنات التي تحصلنا عليها عن طريق الركيز الاصطناعي الذي استعمل كطعم والتي قورنت بمثيلاتها المحصل عليها عن طريق المصفي السوبري في المنطقة المتوسطة والسفلية لحوض تافنة. أربعة مواقع تم اختيارها في حوض تافنة شكلت هدفا لهذه الدراسة لمدة 10 فترات مع استعمال 3 أنواع من طعم الركيز الاصطناعي (تربة خشنة-حصى-نبات) مع اخذ وقت لمكوث الفخ مدة 15 يوما و 30 يوما. من خلال هذا العمل جمعنا 18822 فردا موزعة على 51 نوعا ممثلة أساسا من يرقات الحشرات و الديدان متعددة الاغذاب. لقد أثبتت الدراسات زيادة في التنوع بالنسبة إلى طريقة الطعم الاصطناعي حيث وجدنا 12871 فردا موزعا على 49 نوع منها 37 نوعا و 5169 فردا فيما يخص مدة 15 يوما و 46 نوعا و 7702 فردا فيما يخص مدة 30 يوما مقابل 5951 فردا موزعا على 40 نوع باستعمال طريقة المصفي السوبري كما توصلنا إلى أن بالنسبة للتربة الخشنة والحصى مدة 1 شهر هي المدة المثالية للحصول على أكبر عدد ممكن من الكائنات اللاقارية المائية المتنوعة و 15 يوما بالنسبة للنبات. وكلا الطريقتين أكثر فعالية إذا ما طبقت بشكل متواز في نفس الوقت لأنهما متكاملتان.

الكلمات المفتاحية الشمالية الغربي الجزائري-كائنات مائية للمصفي-كائنات الركيز الاصطناعي - واد تافنة- واد يسر- المياه الجارية

Le résumé :

Ce travail présente les premiers donnés sur la faune récoltée par le substrat artificiel comparée à celle récoltée par le filet surber qui a été réalisé dans la moyenne et basse Tafna. En effet, quatre stations sélectionnées au niveau de bassin versant de la Tafna, font l'objet d'une étude suivie pendant 10 périodes de prélèvement, en utilisant trois types de substrats artificiels (sable grossier, gallet, végétation) et avec un temps d'immersion de 15 jours et 30 jours. A travers ce travail on a recensé 18822 individus répartis en 51 taxons, dominés par les larves d'insectes en particulier les chironomidae et les vers Oligochètes lumbriculidae. Les résultats indiquent une augmentation de la richesse taxonomique par la méthode du substrat artificiel où on a trouvé 12871 individus avec 49 taxons parmi ces derniers 37 taxons (5169 individus) sont prélevés par le substrat artificiel de la première période de 15 jours d'immersion et 46 taxons (7702 individus) sont prélevés par le substrat artificiel de 30 jours contre seulement 40 taxons (5951 individus) par la méthode de filet surbet. On a constaté que la durée de 1 mois pour le substrat artificiel de sable grossier et galet est efficace pour la colonisation de grand nombre des invertébrés aquatiques diversifiés et 15 jours est largement suffisantes en ce qui concerne la végétation et Enfin les deux méthodes sont mieux efficaces si sont appliqués simultanément parce qu'elles sont complémentaires

Mots clés : Nord-ouest Algérien- faune de filet surber- faune de substrat artificiel- oued Tafna –oued Isser-eau courante.

Summary :

This work presents the first given on wildlife harvested by the artificial substrate compared to that collected by the net surber which was conducted in the middle and lower Tafna. In fact, four stations selected at Watershed Tafna, are studied followed for periods of 10 samples, using three types of artificial substrates (coarse sand, Gallet, vegetation) and a time immersion of 15 days and 30 days.

Through this work we identified 18 822 individuals divided into 51 taxa, dominated by insect larvae. Especially chironomid and oligochaete worms lumbriculidae. The results indicate an increase in taxonomic richness by the method of artificial substrate which was found 12871 individuals with 49 taxa among these 37 taxa (5169 individuals) are collected by the artificial substrate of the first periods of 15 days of immersion and 46 taxa (7702 individuals) are collected by the artificial substrate 30 days against only 40 taxa (5951 individuals) by the method of net surbet. was found and that the duration of 1 month for the artificial substrate of coarse sand and pebble is effective for the colonization of many diverse aquatic invertebrates and 15 days in respect vegetation. Finally, the two methods are more effective if applied simultanément because they are complémentaires.

Keywords: Northwest-Algerian fauna net surber artificial substrate-fauna-wadi wadi Tafna-Isser- running water.

Abréviations

SA : Substrat artificiel

SAV : Substrat artificiel végétatif

SAS : Substrat artificiel du sable grossier

SAG : Substrat artificiel gallet

REMERCIEMENTS

*C'est avec grand plaisir que j'exprime toute mes vifs remerciements et ma profonde reconnaissance à Mme **Balaidi Nouria**, Professeurs à l'Université de Tlemcen, pour son encadrement exemplaire, son assurance, ses aides précieuses, sa bienveillante attention .Je la remercie encore de tout mon cœur pour ses efforts et son suivi durant toute la période d'encadrement, et également pour ses directives et surtout pour ses conseils combien utiles.*

*Je tiens à remercier vivement Monsieur **Bouazza Mohamed** Professeur à l'Université de Tlemcen, qui a bien voulu présider l'honorable jury de ce travail.*

*Il m'est agréable d'exprimer mes sincères remerciements, ma gratitude et mon profond respect à mademoiselle **Taleb Amina** Professeur à l'Université de Tlemcen pour la contribution qu'elle a apportée, pour son aide, sa gentillesse, pour les discussions enrichissantes, les conseils et les suggestions scientifiques. Qu'elle soit assurée de mes sincères remerciements pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **Mostefai Nourreddine** Maitre de conférences à l'Université de Tlemcen, qui a accepté de siéger au jury de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.*

TABLE DES MATIERES

Introduction Générale.....	01
Chapitre I : Synthèse Bibliographique.....	03
1-Substrat artificiel.....	03
1-1- les différents types du substrat artificiel.....	05
✚ Substrats artificiels (Yannick, 2004)	05
✚ Les placettes (MERRITT & CUMMINS, 1996).....	05
✚ L'appareille de Hester et Dendy (1962)	05
✚ L'appareille de - Jolivet S. et G. Masselot (2004)	06
1-2-L'avantage du substrat artificiel	06
1-3-Les inconvénients du substrat artificiel	07
2-Le filet surber	07
2-1-Les Choix des mailles des différents filets.....	07
2-2-Les différents types du filet.....	08
✚ Le filet D-Frame.....	08
✚ Le filet Kick net	08
✚ Le filet Hess	09
✚ Le filet Haveneau.....	09
✚ Le filet Drague.....	09
✚ Le filet Wisconsin.....	09
2-3-Les avantages	09
2-4-Les inconvénients du filet surber.....	09
2-5- les autres techniques d'échantillonnage.....	10
✚ Le Coup de chalut vertical	10
✚ Le traîneau-drague.....	10
✚ Bennes Ekman.....	10
✚ Echantillonneur Carotier.....	11
Chapitre 2 : Etude du milieu physique	12
1-Description du bassin versant de la Tafna	12

1-1Géologie du bassin versant de la Tafna.....	12
1-2 Végétation du bassin versant de la Tafna.....	15
a-Végétation.....	15
a-1-Cultures extensives	15
a -2-Couvert forestier dégradé.....	15
a- 3-Couvert forestier normal.....	15
a- 4-Arboriculture.....	15
a-5-Couvert mort.....	16
a-6-Prairies et terrains de pacage.....	16
2-Description du sou- bassin versant de l'oued Isser	16
3-Description des stations	16
3-1-La station T8.....	16
3-2- La station T9.....	17
3-3- La station I4.....	19
3-4- La station I5.....	19
Chapitre 3 :Matériel et méthode.....	21
I-Protocole d'échantillonnage.....	21
II-Récolte de la faune	21
1- le filet surber	21
2- le substrat artificiel	21
III-Le tri et l'identification.....	22
IV-Traitement statistique.....	24
➤ Abondance et richesse taxonomique.....	24
➤ Indice de Shannon.....	24
➤ Anova1.....	24
➤ kruskal -walis.....	24
Chapitre 4 : Résultats et interprétations	
1-Composition faunistique globale.....	26

2-Composition de la faune récoltée par la méthode du filet surber.....	28
3- Composition de la faune récoltée par la méthode du substrat artificiel.....	35
3-1-Composition de la faune récoltée pour la période de 15 jours	
d’immersion.....	42
3-1-1-Composition globale.....	42
3-1-2-Composition faunistique du substrat artificiel végétation (SAV)	
de 15 jours d’immersion.....	46
3-1-3-Composition faunistique du substrat artificiel sable (SAS) de 15jours	
d’immersion.....	54
3-1-4-Composition faunistique du substrat artificiel de galet (SAG) de 15 jours	
d’immersion.....	60
3-2- Composition de la faune récoltée pour la période de 1 mois	
d’immersion.....	66
3-2-1- Composition globale	66
3-2-2- Composition faunistique de 1 mois substrat de sable grossier SAS.....	70
3-2-3 -Composition faunistique de 1 mois de substrat artificiel de végétation	
SAV.....	77
3-2-4-Composition faunistique de 1 mois de substrat artificiel de galet SAG.....	81
4-comparaison entre la faune du filet Surber et des substrats artificiels.....	85
-Richesse taxonomique	85
-Abondance totale	85
5-Comparaison entre les deux périodes d’immersion du substrat	
artificiel (15 jours et 1 mois).....	88
- Richesse taxonomique	88
-Abondance totale	88
5-1-1-Comparaison entre filet et le substrat artificiel SAS globale.....	91
- Richesse taxonomique	91

-Abondance totale.....	91
5-1-2-Comparaison entre filet et le substrat artificiel végétation SAV globale.....	93
5-1-3-Comparaison entre filet surber et substrat artificiel galet SAG global.....	95
5-2-1-Comparaison entre filet surber et substrat artificiel de sable grossier SAS de 15 jours	98
5-2-3-Comparaison entre filet surber et substrat artificiel de galet SAG de 15 jours.....	101
5-2-4-Comparaison entre le filet surber et substrat artificiel de végétation de 15 jours	103
5-3-1-Comparaison entre filet surber et sable grossier SAS de 1 mois.....	105
5-3-2-Comparaison entre filet surber et de végétation de 1 mois.....	107
5-3-3-Comparaison entre filet surber et substrat artificiel galet SAG de 1 mois.....	109
6-Impact de la multiplication du substrat	
• La richesse cumulative pour 15j.....	112
• Abondance relative	112
• La richesse cumulative moyenne de 1 mois.....	114
• Abondance relative.....	114
7-Comparaison entre le filet Surber et les Trois types de Substrats Artificiels.....	116
8-Impact des périodes hydrologiques sur les méthodes.....	118
8-1-La période des Hautes Eaux	119
8-2-La période des basses eaux	120
9-Variation de l'Indice de Diversité en fonction des méthodes d'échantillonnage.....	123
Chapitre 5 : Discussion.....	125
Chapitre 6 : Conclusion.....	131

INTRODUCTION :

Les recherches sur les milieux aquatiques sont nombreuses et se sont multipliées ces dernières décennies, notamment sur la biodiversité et l'évaluation de la qualité de l'eau (Kuper *et al.*, 2002 ; Gray et Pearson, 1982 ; Pearson et Rosenberg, 1978 ; Warwick, 1986 ; Warwick, 1993 ; Dauer, 1993 ; Fano *et al.*, 2003). Elles ont contribué à une meilleure compréhension du fonctionnement de l'écosystème aquatique dans son ensemble (Anne 2007).

Les macro-invertébrés benthiques représentent une part importante de la biodiversité des cours d'eau et sont utilisés comme des bioindicateurs de la qualité du milieu (Hellowell, 1986; Barbour *et al.*, 1999; WFD, 2003), car leur distribution et leur abondance sont affectées par de nombreux facteurs naturels, dont on doit tenir compte pour mesurer les variations de la biodiversité. Le substrat représente un des facteurs importants qui influence considérablement la distribution des communautés de macro-invertébrés benthiques (Bournaud 1983), ainsi que d'autres facteurs (Lavandier & Dumas 1971).

Les écosystèmes d'eaux courantes restent peu étudiés en Afrique du Nord en comparaison avec l'Europe. Les recherches n'ont été entreprises qu'à partir des années 80. Au Maroc, nous citons les travaux de Pihan et Mohati (1984), El Agbani (1984) Yacoubi et Khebiza (1987), Ajakane (1988), Qninba *et al.* (1988), Bouzidi et Guidicelli (1994), Brucker et Mahdaoui (1999). En Tunisie, nous citons ceux de Djallouli (2000), Gharbi *et al.* (2002), Hamza (1995) et Bradai (2000). En Algérie, des travaux ont été entrepris par Lounaci (1987) en Kabylie, Arab (1983,1989 et 2004) et Zouakh (1995) à Alger, et plusieurs travaux ont eu lieu dans dans le nord ouest algérien et plus particulièrement dans le réseau hydrographique de la Tafna. Nous citons ceux de Gagneur *et al.* (1986), Gagneur et Tomas (1988), Gagneur et Aliane (1991), Taleb (1992), Belaïdi (1992), Taleb *et al.* (2004), Belaïdi *et al.* (2004) et Taleb *et al.* (2008).

Les problèmes fondamentaux dans l'obtention quantitative exacte et précise et les données qualitatives sur la biodiversité aquatique persistent. Par conséquent, différentes méthodes et stratégies d'échantillonnage ont été développées (Crant, 1989).

L'échantillonnage du benthos est réalisé en utilisant différentes techniques permettant de rassembler des informations sur l'abondance relative et la composition en invertébrés à la fois dans le temps et dans l'espace comme, le filet Surber, le substrat artificiel, le filet troubleau, le filet de dérive, les pièges à émergence, et les benne (benne Ekman, benne Ponar et benne

Petersen) (Lamotte et Bourliere , 1971).Les méthodes employées pour échantillonner ces organismes sont des techniques de collecte globale, c'est-à-dire qu'elles ne s'adressent pas à des groupes ou à des invertébrés spécifiques. Cette souplesse d'utilisation facilite l'observation des modifications des populations et de leur dynamique (Grant ,1989).

Parmi les techniques décrites, quelques-unes existent, mais leur application est large et elles ont montré leur capacité et leur efficacité à recueillir des données qualitatives autant que quantitatives à partir des divers habitats aquatiques, tel que le filet surber et le substrat artificiel (Virginie *et al.* , 2008) .

Le filet de type Surber est conçu pour les rivières peu profondes avec un courant modéré et des sédiments fins.

Les méthodes qui ont recours à des filets pour capturer les invertébrés benthiques, s'appuient sur la taille des mailles pour retenir les organismes étudiés. Les plus petits d'entre eux, comme les larvules pourront passer à travers des filets dont la maille est supérieure à 250 µm.

Nous nous proposons dans ce travail à développer un protocole d'échantillonnage adapté à la zone aval des oueds. Pour cela, on cherche à comparer, sur un certain nombre de stations des zones aval du bassin versant de la Tafna, deux méthodes de prélèvement déjà mis au point à savoir le filet de type Surber et le Substrat artificiel, et différents types de substrat artificiel, dans un but de vérifier l'efficacité de chaque méthode dans le système « oued ».

Notre travail s'est déroulé en trois étapes :

La première a consisté à la mise au point et la confection du matériel utilisé pour la réalisation de ce travail en se basant sur la documentation.

La deuxième étape a été réalisée sur le terrain : le prélèvement de la faune aquatique dans la basse Tafna.

La troisième étape concerne le tri et l'identification au laboratoire.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Synthèse bibliographique :

L'échantillonnage des invertébrés benthiques constitue une étape importante dans les études hydrobiologiques. Elle influence la qualité des données et par conséquent l'interprétation des résultats. Un certain nombre de techniques sont mises au point pour répondre aux besoins. L'intérêt de chacune d'elle est variable en fonction du type d'étude et de ses contraintes, du milieu et de la biologie des espèces étudiées.

les méthodes employées dans les cours d'eau peu profonds sont nombreuses car de grand progrès ont été réalisés depuis quelques décennies dans la mise au point des méthodes permettant de connaître le peuplement des milieux aquatiques (Lamotte & Bourlière, 1971 ; Glemet *et al.*, 2005).

C'est un milieu qui requière des méthodes d'échantillonnage adaptées à la faune qui le compose. Cependant, il est souvent nécessaire d'avoir recours à des techniques multiples qui présentent chacune des avantages et des inconvénients (Graf ,1966 ; Vigna ,1969).

Il existe plusieurs techniques d'échantillonnage qui permettent de rassembler des informations sur la composition des invertébrés:

L'échantillonnage par Substrats artificiels, Troubleau (aquatique), échantillonnage de la dérive, Pièges à émergence, échantillonnage à la benne (Benne Ekman, Benne Ponar et Benne Petersen), le filet Surber, filet Hess , filet Kick net, filet D- Frame, filet Haveneau, filet Wisconsin, Coup de chalut vertical, le tamis à benthos....

Nous présenterons ici les deux techniques d'échantillonnage largement utilisées pour le prélèvement du benthos.

1-Substrat artificiel :

Les substrats artificiels sont des structures immergées volontairement, dans le but de créer, un écosystème naturel riche et diversifié. Ces structures peuvent induire chez la faune des réponses d'attraction, de concentration, de protection et, dans certains cas, une augmentation de la biomasse de certaines espèces (Ifremer, 2000).

Selon Jolivet (2005), les substrats artificiels sont des instruments privilégiés pour l'étude du macrobenthos. Ils sont utilisés en routine pour les eaux courantes et ont déjà fait l'objet de plusieurs études (Jolivet *et al.* 2001 ; Jolivet & Masetot , 2004 ; Cover & Harrel ,1978 ; Hilsenhoff, 1969 ; Meier *et al.*, 1979 ; Raby *et al.*,1978 Wise et Molles, 1979 ; Rosenberg & Reshe, 1993 ; Khalaf 1975 ; Khalaf & Tachet 1977, 1978).

Selon une convention établie par (Rosenberg & Resh, 1982), cette technique d'échantillonnage paraît tout à fait adaptée à une étude quantitative et qualitative du macrobenthos. En effet, la mise au point d'un modèle de substrat artificiel « standard », de construction facile et rapide, reproductible à volonté permet de disposer d'une banque de données comparables entre elles. De plus, un tel protocole pouvant être répété dans l'espace et dans le temps (Jolivet, 2005). De plus, il est possible de mettre en évidence des informations supplémentaires sur la dynamique de colonisation, la micro répartition des invertébrés et les préférences de substrat par les organismes (Cover *et al.*, 1978, Rosenberg *et al.* 1982, Clifford *et al.* 1989).

Le travail de Schmude *et al.* (1998) relatif aux effets de la complexité de l'habitat sur la colonisation du substrat artificiel par les macroinvertébrés, ainsi que la revue bibliographique de Khalaf & Tachet 1978, ont montré que l'hétérogénéité et la complexité du milieu aquatique apparaissent comme des facteurs importants.

En thème de standardisation de la collecte des données selon Magurran (1988), l'échantillonnage standardisé permet d'obtenir d'une part une liste d'espèces accompagnée de leur abondance respective, d'autre part des données comparables (par exemple, de Comparaison inter-stations). Pour permettre l'estimation de la richesse réelle, il est admis selon Rosenzweig *et al.* (1998), que l'intensité d'échantillonnage doit être suffisante pour garantir la prise en compte de plus de 30% des espèces réellement présentes.

Cette dernière condition doit être élevée à 50% si l'on veut par la suite utiliser les estimateurs qui permettent d'estimer la richesse totale à partir de données obtenues par échantillonnage standardisé (Krebs, 1999). Rosenzweig *et al.* (1998) soulignent que même si les estimateurs ne sont pas parfaits, ils permettent toutefois de réduire le biais (sous-estimation de la diversité) issu des données brutes d'un échantillonnage non-exhaustif.

Seule l'application de la méthode d'échantillonnage la mieux adaptée à la problématique étudiée est susceptible de fournir une image représentative de la composition de celle-ci.

La stratégie d'échantillonnage appliquée tient compte des efforts actuels pour une standardisation de la collecte des données (Heywood & Watson, 1995), et s'appuie sur les stratégies pour l'inventaire des espèces développées notamment par Coddington *et al.* (1991) et Stork & Samways (1995). La durée d'immersion des substrats artificiels est difficile à déterminer. Elle est très variable selon les auteurs et varie de 15 jours à plusieurs mois. Selon Khalaf & Tachet (1978), Pelletier (1996), Cover & Harrel (1978), la durée d'immersion estimée comme optimale est de 4 à 6 semaines.

Ce temps relativement long est nécessaire à la fois pour que la valeur « abri » du substrat ne soit pas la seule prise en compte (développement d'une couche biologique) mais aussi pour permettre aux espèces les moins mobiles de les coloniser, comme les Gastéropodes et les Trichoptères à fourreau. En effet les observations de Pauw *et al.* (1986) ont montré que les taxons étaient présents après une semaine d'émersion. Mais un temps maximum de 6 semaines est utilisé de façon très satisfaisante (Jolivet *et al.* 2001).

1-1-Les différents types du substrat artificiel :

+ Substrats artificiels (Yannick, 2004) :

Panier en grillage plastique de 30 x 20 x 5 cm environ de côté et de vide maille 2 cm (environ) renfermant des pierres qui seront dans la mesure du possible de même nature et de même taille que celles présentes sur le point de prélèvement.

+ Les placettes (Merritt & Cummins, 1996):

Les placettes sont placées sur le cours d'eau de façon à échantillonner le maximum de micro-habitats présents sur les sites. Il a donc été tenu compte de la nature du substrat, de la végétation environnante, des mouvements d'eau. De fait, l'image du peuplement en macro-invertébrés peut être considérée comme représentative.

+ L'appareil de Hester & Dendy (1962) :

Il s'agit d'une couche de plaques de « Masonite », séparées les une des autres par des petites plaques, remplaçant les cailloux et qui sert de substrat de colonisation. Ces diverses plaques sont reliées entre elles par une tige filetée, et maintenues par deux boulons. La surface des grandes plaques est de 20 cm² environ et celle des petites de 6,5 cm². Cet appareil à 8 plaques est attaché à un fil de nylon et déposé au fond de l'eau. Après un temps de colonisation de 3 semaines l'appareil est sorti du milieu.

Selon le même principe, l'échantillonneur multi plaque constitué par des plaques de plastique ou de verre de plus petite taille préalablement quadrillées. (exemple, les lames utilisées par Simoéon *et al.*, (1965) avaient des quadrillages de 1 cm² de surface découpés en 400 petits carrés, 4 carrés représentant 1 mm². Sur chaque lame, on poinçonne 3 quadrillages.

Les plaques sont immergées dans une cage à glissières ou il est facile de les installer ; on combine les plaques en matière plastique et les plaques de verre pour éliminer statistiquement l'influence de la nature de substrat dans la colonisation.

L'appareil de - Jolivet & Masselot (2004) :

Cet appareil est constitué de pierres et de cordes. La corde synthétique épaisse (0,5 cm de Diamètre) avec des pierres de 4 à 10 cm. L'ensemble est enveloppé d'un gréage métallique plastifié à maille carrée de 1 cm de coté. Chaque cage d'un volume de 20X10X10 cm est remplie à environ 1/3 de la hauteur, formant la couche du fond en contact direct avec le substrat naturel. Une corde, d'une longueur de 8 m, est insérée ensuite dans l'espace restant. Les pierres de 4 à 10 cm donnent des résultats deux fois supérieurs (en termes d'abondance de macro invertébrés) à des cailloux de 2,5 cm. La surface du sédiment est préférentiellement rugueuse.

1-2-L'avantage du substrat artificiel :

En eau courante, l'utilisation des substrats artificiels pour la récolte des macroinvertébrés présente plusieurs avantages (Rosenberg & Resh 1982).

-L'utilisation des substrats artificiels est souvent recommandée dans les projets de bioindication (Hilsenhoff 1969, Crossman & Cairns 1974, Depauw et *al.*1986). Une approche préliminaire par Substrat Artificiel peut justifier concrètement une étude d'impact ultérieure (Dejoux et *al.*1983).

-Le substrat artificiel permet de standardiser l'échantillonnage en offrant un micro-habitat de colonisation uniforme à toutes les stations (Cairns et Dickson, 1971; Environmental Protection Agency, 1973 in Cover et Harrel, 1978; Rosenberg et Resh, 1982).

-Contrairement aux techniques d'échantillonnage actives (e.g. Benne, Surber), les substrats artificiels présentent l'avantage de ne pas être influencés par le manipulateur (Cairns et Dickson, 1971; Rosenberg et Resh, 1982).

-Selon Environmental Protection Agency (1973 in Cover et Harrel, 1978) et Dethier (1988), cette technique permet de faire des comparaisons qualitatives et quantitatives précises.

- Les Substrats Artificiels apportent une réelle information. Ils complètent l'information faunistique apportée par les autres techniques d'échantillonnage.

- Ils présentent la facilité d'utilisation et le moindre coût économique.

- leur durée d'immersion est connue, ce qui n'est le plus souvent pas le cas lors de la récolte de substrat naturels, sachant que l'abondance des taxons et leur association varient en fonction de la durée d'immersion (Elouard, 1983).

1-3-Les inconvénients du substrat artificiel:

-Il est souvent difficile de connaître le nombre optimal de substrat Pour une représentativité de la faune du milieu.

-Le matériel utilisé et le substrat choisi n'est pas toujours le meilleur compromis entre les exigences écologiques des espèces.

-La technique de retrait des substrats peut conduire à une fuite d'organismes qui représente le principal inconvénient dans l'utilisation de ce type d'appareil (Cairns, 1982).

-Les inconvénients majeurs résident dans l'obligation de devoir retourner aux stations pour le relevage à des dates défavorables (crue, mise à sec....) (Glemet *et al.* ,2005).

2-Le filet surber :

Le filet Surber est conçu pour un emploi dans les eaux peu profondes. Il est mieux adapté aux milieux temporaires et à leurs différents biotopes (Bouzidi & Giudicelli, 1994).

L'utilisation du filet surber est connue depuis le 18ème siècle à travers le monde dans plusieurs travaux pour l'étude de la faune. Parmi ces derniers, on peut citer ceux de Poda 1761; Müller 1776 ; Stephens 1835, Pitet 1842, Melachlan 1879 Kempny 1889 , Klapalek 1909.

Jusqu'à présent, son utilisation reste très répandue à travers le monde (Thomas 1969 ; Gagneur 1976 ; Tachet *et al* 1980 ; Rasso *et al.* 1993 ; Angelier 2000 ; Olsen *et al.* 2000 et Chery & Mouvet 2001).

Ce matériel est constitué d'un cadre de 0,3 m sur 0,3 m placé horizontalement sur le substrat et d'un filet maintenu ouvert par une structure verticale de 0,3 m de hauteur. L'opérateur déloge les organismes présents dans l'aire déterminée par le cadre et qui se retrouvent entraînés par le courant, dans le filet conique.

2-1-Le Choix des mailles des différents filets :

Le diamètre des mailles d'un filet correspond à la taille du plus petit organisme pouvant être piégé. L'échelle de diamètre des mailles des filets s'étend de 100 µm à plus de 1 000 µm, mais la maille la plus commune pour recueillir les invertébrés aquatiques se situe entre 500 et 600 µm (Carter et Resh, 2001). Les choix extrêmes correspondent à des situations souvent très particulières et ne se justifient pas dans la grande majorité des études. En effet, l'utilisation de mailles très fines entraîne, d'une part, la capture d'animaux très petits comme

les larvules ou les microcrustacés (Slack *et al.*, 1991) qui sont difficiles à identifier, même pour des biologistes spécialisés. Ces animalcules sont le plus souvent répertoriés à des niveaux trop hauts pour être réellement utilisés pour déterminer la qualité d'un cours d'eau (Carter et Resh, 2001). D'autre part, en piégeant des débris minuscules, un maillage fin augmente considérablement le temps nécessaire au tri. Certains utilisateurs de maillages fins comme Chessman (1995) tentent de compenser le temps supplémentaire consacré au tri et à l'identification en pratiquant le sous-échantillonnage.

2-2-Les différents types du filet :

Contrairement à l'adage qui veut qu'il existe autant de type d'échantillonneurs de macroinvertébrés benthiques en systèmes lotiques que d'investigateurs (Cummins, 1962; Resh, 1979; Merritt et Cummins, 1996), on remarque aujourd'hui une certaine uniformité en ce qui a trait à ce matériel (Carter & Resh, 2001). Ainsi, les échantillonneurs de type coups de filet avec des systèmes de troubleaux ou *D-frame* sont les plus utilisés pour les inventaires rapides (Resh et Jackson, 1993). Viennent ensuite les filets fixes (*Kick-nets*) puis les substrats artificiels de type *Hester-Dendy* ou *Rock Basket*. Les quadrats (*Surber* ou *Hess*) sont moins utilisés en moyenne, mais n'en demeurent pas moins fréquemment employés en écotoxicologie. En effet, la dimension quantitative et le faible coefficient de variation d'un échantillon à l'autre pour ce type d'outil (Hornig & Pollard, 1978) en font le matériel le plus utilisé pour mesurer l'impact des pollutions connues (Winterbourn, 1985; Voshell *et al.*, 1989; Resh et McElravy, 1993).

✚ Le filet D-Frame:

Ses dimensions sont de 0,3 m sur 0,3 m. L'ouverture est en forme de « D » et le filet est attaché autour de l'ouverture. Le filet pour capturer les animaux est de forme conique. Fixe comme un *Kick net* ou en mouvement, ce système peut être utilisé dans un grand nombre d'habitats différents. En mouvement, on prospecte par tractions successives sur une distance de 50 cm environ ou encore par mouvements de va-et-vient sur une surface équivalente.

✚ Le filet Kick net :

Le filet est attaché sur deux côtés et mesure 1 m sur 1 m. Le principe de fonctionnement de ce filet est similaire à celui des seines utilisées pour la pêche. L'utilisateur déloge les animaux présents dans le substrat en amont du filet. On l'utilise généralement pour échantillonner en substrat graveleux dans un cours d'eau au débit rapide (jusqu'à 1 m d'eau quand il existe un courant suffisant pour pousser les organismes délogés vers le filet) (Yannick ,2004).

Le filet Hess :

Le principe de fonctionnement de cet appareil est le même que celui du Surber. Le cadre est ici un cercle métallique de 0,5 m de diamètre et le filet ouvert aux deux extrémités est vertical. On utilise cette version jusqu'à des profondeurs avoisinant 50 cm.

Le filet Haveneau :

Cadre carré ou rond équipé du même filet que le Surber mais sans base de 1/20 m². Il peut être équipé d'un manche permettant d'échantillonner des substrats non accessibles à la main en raison de la profondeur de l'eau. Le filet conique mesure 0,5 m de largeur sur 0,3 m de hauteur. Il s'emploie de la même façon que le *D-frame*.

Le filet Drague :

Il s'agit soit d'un cadre triangulaire en fonte de 39 cm environ d'ouverture pour les substrats les plus grossiers ou d'un cadre cylindro-conique de 30 cm environ de diamètre d'ouverture pour les substrats fins. Il est équipé d'un filet de 0,5 mm de vide de maille. Les cadres sont reliés à une chaîne et peuvent être tractés à partir d'un bateau.

Le filet Wisconsin :

Le filet Wisconsin est constitué d'un cerceau métallique qui retient un filet en forme de cône terminé par un réceptacle. Ce filet est retenu dans l'eau grâce à des cordes attachées au cerceau. Il s'emploie de la même façon que le *D-frame*.

2-3-Les avantages du filet

- Découverte immédiate de la faune d'un cours d'eau.
- Réalisation d'un échantillonnage qualitatif ou/et quantitatif.
- Comparaison entre des cours d'eau de natures différentes.
- Comparaison de la faune située en amont ou en aval d'une source supposée de pollution,....
- Son utilisation dans le cadre de l'évaluation de la qualité biologique d'un cours d'eau .

2-4-Les inconvénients du filet surber:

Le filet Surber est inefficace en courant très lent à nul et ne permet pas la prospection de zones difficilement accessibles en raison de la profondeur (Roux et al,1976). En effet, il est difficilement utilisable au delà de 1m de profondeur.

Si les mesures quantitatives de la faune benthique s'effectuent d'une manière satisfaisante sur le fond, où l'épaisseur d'eau ne dépasse guère 50 cm, et où le courant présente une vitesse supérieure ou égale à 30 cm/s à l'aide du filet surber , de sérieuses difficultés d'utilisation et d'interprétation des résultats apparaissent avec l'augmentation de la hauteur d'eau et la

diminution de la vitesse du courant (Leonard 1939). D'autre part, en présence de fort courant (> 1 m/s), la légèreté de filet constitue un handicap de même que son manque de pénétration dans les sédiments (Verneau 1966).

2-5-Autres techniques d'échantillonnage :

D'autres techniques sont décrites pour le prélèvement de la faune benthique tel que:

✚ Le Coup de chalut vertical :

Un coup de chalut vertical, de nuit, capturera les invertébrés qui sont benthiques de jour, mais planctoniques la nuit. L'ouverture de ce chalut est de $0,5\text{m}^2$ et on y trouve un filet dont les mailles mesurent de 500 à 800 μm

✚ Le traîneau-drague :

Le traîneau est de type troïka (Laban et *al.*, 1963); d'un poids voisin de 200 kg, il présente l'avantage de glisser sur le fond grâce à ses patins. Une bonne répartition des masses avec l'adjonction de lests en arrière de la lame de drague, lui assure une « assiette » constante quelle que soit la nature du fond. Contrairement à ce que l'on observe avec une drague commerciale à coquilles type Erquy, il n'y a pas de "soulagement" (décollement) du traîneau sur des fonds durs.

- La lame de drague est pleine, elle présente un angle de 5° par rapport à l'horizontale et dispose d'un système de réglage en hauteur par cales. Le réglage a été choisi de manière à écrémer la surface du sédiment, et ce sur une largeur de 0,5 m.

-Le cadre (ouverture: 0,5 m x 0,27 m) est équipé d'une poche à mailles carrées de 2 mm de côté.

-La longueur de traîne filée correspond à 2 fois la hauteur d'eau. La vitesse de traîne varie entre 1 et 1,5 noeud suivant le courant rencontré.

✚ La Benne Ekman:

Elle est préconisée pour l'échantillonnage des zones profondes à sédiments meubles. Ce matériel coûteux nécessite beaucoup plus de manutention que les autres outils décrits précédemment, et cela, tant pour ce qui est du prélèvement des échantillons que du tri des organismes. Pour ces raisons, les bennes ne sont pas recommandées pour l'inventaire rapide des macro-invertébrés benthiques.

Echantillonneur Carrotier :

Quel que soit l'endroit où vous échantillonnez à pied vous pouvez utiliser ce carottier à main. C'est un échantillonneur à coût modéré spécialement prévu pour prélever dans les eaux peu profondes, douces, salées ou saumâtres.

Son utilisation est la simplicité même : poussez le dans les sédiments en appuyant sur les poignées montées sur sa tête. Lorsque le carotteur a pénétré le fond, tournez et tirez pour le libérer et sortez votre échantillon.

En eau plus profonde vous pouvez attacher la canne de prolongation de 1, 3 voire 5 m sur la tête. Ce carottier opère en créant un vide partiel qui maintiendra l'échantillon en place et aidera à prévenir le " lavage " de l'échantillon. Lorsque le tube est soulevé, la valve en polyuréthane sur la tête ferme l'extrémité supérieure du carottier et tant que l'extrémité basse est sous la surface l'échantillon reste en place.

1 Description du bassin versant de la Tafna :

Le bassin versant de la Tafna d'une superficie de 7245m², est situé au nord-ouest du territoire algérien, et s'étend sur le royaume du Maroc. Il est limité au nord par les massifs des Traras, au sud par les monts de Tlemcen formant la bordure sud du bassin, à l'ouest par les monts de Beni-snassen (Maroc), et enfin à l'est par Djebel Sabaa Chioukh.

Selon la nouvelle structuration des unités Hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient à l'ensemble de l'Oranie –Chott Cherguie (Fig.1).

Le principal cours d'eau, la Tafna est long de 170km. L'oued prend naissance dans la région de Sebdou au niveau de la grotte de Ghar Boumezza à environ 1100m d'altitude sur le versant du massif montagneux de Tlemcen dont les sommets s'élèvent à plus de 1800m (Fig.2).

Le bassin versant de la Tafna peut être subdivisé en trois grandes parties :

La partie Est : dont les principaux oueds sont l'oued Isser, l'oued Chouly et l'oued Sikkak.

La partie Ouest dont les principaux oueds sont : l'oued Mouilah et l'oued Khémis.

La partie Nord débute pratiquement de la localité post-Tafna, où les stations à basse altitude sont localisées à moins de 250m d'altitude. Cette dernière continue à diminuer jusqu'à son embouchure au niveau de la région de Rachgoun.

1-1Géologie du bassin versant de la Tafna :

Du point de vue géologique, le bassin versant de la Tafna se subdivise en deux zones :

1-La zone amont est représentée par les monts de Tlemcen qui font partie de l'Atlas tellien.

Ce sont des formations du jurassique, constituées de dolomie riche en carbonate. Les calcaires jurassiques très épais sont intensément karstifiés, fracturés et fissurés (Taleb, 1981).

2-La zone moyenne et basse est représentée par la zone de piémont et les plaines de Hennaya, Remchi et celle de l'Isser. Cette zone appartient au miocène et au quaternaire (Collignon, 1986). Les fonds des vallées sont recouverts par des dépôts d'alluvions récents du quaternaire, composés de sédiments fins.

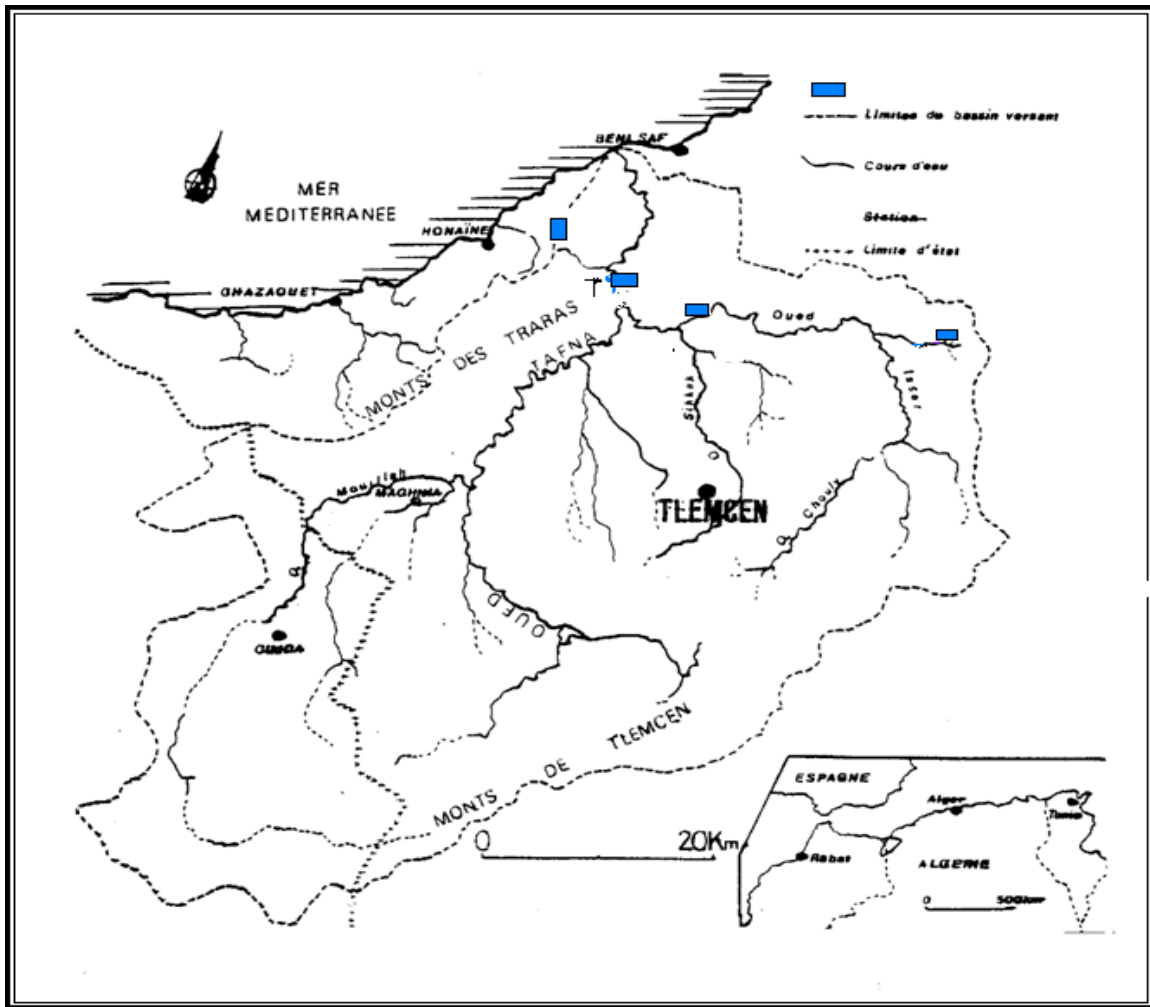


Figure 2 : Réseau hydrographique de la Tafna et localisation des stations

-2 Végétation du bassin versant de la Tafna :

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de « Régulateur » dans le régime d'écoulement.

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable (Bavard & Petit, 1991).

Le paysage végétal du bassin de la Tafna a été largement dégradé et défriché en montagne par les incendies et par une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Ce qui a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion.

Les cultures pratiquées sont dominées par des cultures maraîchères et quelques vergers d'agrumes et d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts de Tlemcen et une partie des monts des Traras.

1- Cultures extensives : Elles rassemblent toutes les cultures annuelles telles que les céréalicultures, les cultures maraîchères et l'association entre l'arboriculture et le maraîchage.

Ces cultures se localisent au niveau des plaines de Maghnia et de Remchi.

2- Couvert forestier dégradé : sont rassemblés sous ce thème les maquis et les forêts claires, ainsi que les zones en cours de reboisement, les forêts et les maquis dégradés par l'utilisation excessive du sous sol forestier et le pâturage sauvage et irrationnel. Nous rencontrons ce type vers l'Est des Monts de Tlemcen.

3- Couvert forestier normal : représenté essentiellement par les forêts et les maquis denses n'ayant subi aucune dégradation que ce soit par l'action de l'homme (pâturage sauvage, déboisement) ou par l'effet des incendies. Il est situé au niveau de la zone montagneuse Sud, au dessus de 1200 m d'altitude. Il est représenté par le Chêne vert, le Pin d'Alep, le Genet et le Lentisque.

4- Arboriculture : Au dessous de 1200 m, elle est représentée principalement par les vignobles, l'oliveraie, les agrumes, les vergers et les murs.

5- Couvert mort : Au dessous de 1200 m sont désignés par ce terme tous les terrains sur lesquels n'est présente aucune forme de végétation ou de culture utilisable, rendu nu par l'érosion ou par d'autres formes de dégradation.

6- Prairies et terrains de pacage : représentés par les surfaces qui sont utilisées pour la plupart en pâturage direct des animaux, les terres occupées par l'alfa et la lavande le long de cours d'eau (Tafna, Mouillah et Isser).

2) Description du sous- bassin versant de l'oued Isser :

Le bassin versant de l'oued Isser est situé à l'Est de la wilaya de Tlemcen légèrement au Nord, c'est un affluent rive droite de la Tafna. Il prend naissance au niveau de « Ain Isser » sur le versant nord des monts de Tlemcen à 870m d'altitude. Il reçoit sur sa rive gauche un cours d'eau assez important : l'oued Chouly avec une surface du sous-bassin bassin de 178km² et l'oued Sikkak qui draine un sous-bassin de 442 km². (Fig.2)

L'Oued Isser considéré comme l'affluent le plus important de l'oued Tafna, par son long parcours (115km) et son débit relativement fort. Sa confluence avec l'oued Tafna a lieu dans la plaine de Remchi à 80m d'altitude.

Le bassin versant de l'Isser est caractérisé par deux zones distinctes :

- Au sud, une zone montagneuse à fortes pentes constituée par le calcaire du jurassique.
- Au Nord, une zone de collines à pentes douces constituée essentiellement de marnes d'âge miocène.

3- Description des stations :

Quatre stations appartenant aux oueds Tafna et Isser ont été sélectionnées dans ce travail (Fig.2).

3-1-La stationT8 :

Cette station est localisée à l'aval de l'oued Tafna, à 130 km de la source, à une altitude de 57 m, une latitude de 38°8'30 nord et une longitude de 1°26' 34 ouest (Photo 1).

Elle se situe à proximité du village « Fatmi Larbi » (ou Pierre du Chat) au pont de la route nationale n°22 reliant Tlemcen-Oran, à environ 6 Km après sa confluence avec l'oued Isser. La profondeur moyenne de l'eau à cette station est de 50 cm en moyenne avec un substrat composé de galet, de limon, de gravier, de cailloux et une part importante de sable grossier. La largeur du lit mineur est comprise entre 4 et 6 m et celle du lit majeur dépasse 8 m. Le débit est moyen avec une vitesse du courant faible.

Cette station est caractérisée aussi par une eau verdâtre et une végétation aquatique très dense composée essentiellement d'algue filamenteuse.

La végétation riveraine est composée par des touffes de *Nerium oleander*, *Matricaria chamomilla* et *Juncus maritimus*.

3-2-La station T9 :

Cette station est localisée à l'aval de l'oued Tafna au niveau de la route reliant les communes Beni Ghanam et Rachgoune, à une altitude de 18 m, une latitude de 35°16'27 nord et une longitude de 1°26' 28 ouest (Photo 2).

La profondeur est de 30 cm en moyenne et le substrat de l'oued est vaseux. La largeur moyenne du lit est d'environ 6 m. Le débit est moyen avec une vitesse de courant très faible. L'eau est trouble et presque stagnante avec la présence de végétation dense au niveau des rives et au centre de lit. Elle est composée surtout de potamots nageant (*Potamogeton natans*) et d'algues filamenteuses, par contre les rives sont bordées surtout par les deux espèces, *Ficus carica*, *Nerium oleander*.

Notons que la station est entourée de terrains agricoles utilisant les eaux de l'oued pour l'irrigation grâce à des pompes électriques. Elle reçoit des rejets des terrains agricoles avoisinants.



Photo n°1 : station T8 (mois de mars)



Photo n°2 : la station T9 (mois de mars)

3-4-Station I4 :

Cette station se localise au niveau du pont de la route n° 38 à proximité du village 'EL FHOUL à une altitude de 170 m, une latitude de 35°08' 41" Nord et une longitude de 1° 19' 42" Ouest (Photo 3).

La profondeur du lit est de 50 cm en moyen, le substrat de l'oued est constitué d'une vase noire, de galet et de cailloux. La largeur du lit est d'environ 3m, avec un courant moyen à faible. La couleur de l'eau est verdâtre.

Le couvert végétal riverain est constitué de *Nerium oleander*, *Cupressus sp* et *Tamaris*.

Il reçoit des rejets domestiques et industriels des agglomérations avoisinantes.

3-5-La station I5 :

Elle est localisée à l'aval de l'oued Isser, au niveau du pont de la route nationale n°22 reliant Tlemcen à Oran, à une altitude de 80 m, une latitude de 35°39' 45 Nord et une longitude de 1°27' 53 Ouest (Photo 4).

La profondeur du lit est de 40 cm en moyen. Le substrat est composé de galet, de roches, de sable, de cailloux et de blocs. Il est dominé par le sable grossier.

La largeur du lit de l'oued à cette station est d'environ 8 m pendant les hautes eaux, mais la largeur du lit mineur n'est comprise qu'entre 1 à 3 m. Le débit est moyen avec une vitesse de courant faible. Cette station est caractérisée par une eau de couleur verdâtre et une végétation aquatique composée surtout d'algue filamenteuse. La végétation riveraine se compose de : *Olea europea*, *Juncus maritimus*, *Ampelodesma mauritanica*, et de *Nerium oleander*.



Photo n°4 : Station I5 (mois de mars)

La faune récoltée au niveau des quatre stations, semble répondre aux caractéristiques des zones aval de la Tafna (Tahri 2000, Rezzougui 2012). En effet, un total de 51 taxons appartenant à 43 familles sont récupérés au moyen des deux méthodes utilisées : le filet Surber et les substrats artificiels. Ce qui représente 65% de la communauté recensée au niveau de la zone amont en utilisant les mêmes méthodes (Ammar 2012). Cette faible richesse taxonomique correspond à un environnement perturbé, comme la basse Tafna (Taleb et *al.* 2004), où les communautés sont souvent caractérisées par une faible diversité (Yann, 2006). Lorsque des éléments défavorables sont intégrés à l'environnement aquatique comme la pollution, plusieurs espèces peuvent être incapables de survivre, d'autres peuvent persister en faible effectif et quelques unes peuvent atteindre une forte abondance (Wilhm, 1972).

Les Insectes représentent 60% de la richesse taxonomique et sont dominés par les Orthocladiinae. Ces larves de Diptères sont adaptées à tous les modes de vie et à tous les milieux (Dussart, 1966).

Les Annélides ne sont représentés que par quatre taxons, mais constituent 49% de l'abondance totale et sont dominés par les Lumbriculidae et dans une moindre mesure par les Tubificidae. Ceci correspond à leur caractère de taxons polluo-résistants (Lafond, 1983).

Une surabondance d'Oligochètes peut signaler un enrichissement du milieu en matière organique. En effet, dans les milieux affectés par une pollution organique, les Oligochètes reconnues pour leur résistance à ce type de pollution, peuvent proliférer en très grand nombre (Gross, 1976; Giani, 1984; Williams, 1989).

Cette perturbation du milieu est confirmée par l'indice de diversité de Shannon-Wiener qui enregistre des valeurs toujours inférieures à 2, quelque soit la méthode de prélèvement utilisée traduisant des conditions de vie difficiles et permettant à peu d'espèces de s'établir (Dajoz, 1982).

La comparaison des peuplements de macroinvertébrés récoltés par les deux méthodes a permis de mettre en évidence une différence taxonomique et numérique entre le filet surber et le substrat artificiel. La première méthode est composée d'un total de 40 taxons soit 78% de la faune totale et la seconde méthode compte un total de 49 taxons, soit 96%, traduisant une contribution qualitative plus importante des trois substrats artificiels à la liste faunistique au sein de la zone aval de l'oued Tafna, en combinant les deux périodes d'immersion.

Numériquement 32% de la faune totale sont récoltés par la méthode du filet surber contre 68% par la méthode du substrat artificiel. Ceci met en évidence un meilleur rendement

quantitatif du substrat artificiel par rapport au filet Surber en particulier en termes d'abondance. Cela est conforme avec les résultats de Bombace (1994), Kilgour et al. (2004) et ceux de Gaït et al. (2012).

La majorité des taxons (80%) sont collectés simultanément par les deux méthodes et au niveau des 3 substrats. Les autres taxons sont récoltés par une seule méthode (20%) ou encore un seul substrat (5%). Ces résultats sont équivalents à ceux obtenus par Borja et al. (2000) et Fredeen et al. (1978).

La méthode du substrat artificiel est caractérisée par une abondance plus élevée par rapport au filet surber. Cette différence est liée à 28 taxons dont l'effectif est plus important dans le substrat artificiel, contre 13 taxons seulement plus abondants dans les prélèvements au filet Surber

Au niveau des Oligochètes (Lumbriculidae , Tubificidae , Lumbricidae) , les Mollusques (Physidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae , Planorbidae , Bythinellidae) , les Crustacés (Cyclopoidae, Ostracodes) , les Ephéméroptères (Caenidae) , la majorité des Diptères (Tabanidae ,Tipulidae , Diamesinae, Chironominae , Tanypodinae , Simuliidae, Thaumalidae, Dixidae ,) , les Trichoptères (Hydropsychidae) , les Hétéroptères (Corixidae, Gerridae) , les Odonates (Gomphidae) et les Coléoptères (Dytiscidae), nous enregistrons un fort effectif dans le substrat artificiel.

Par contre, les Oligochètes (Naididae), les Diptères (Orthocladinae) , les Mollusques (Bithyniidae, Ancyliidae, Valvatidae), les Crustacés (Gammaridae), les Ephéméroptères (Baetidae), les Diptères (Ceratopogonidae, Psychodidae) , les Trichoptères (Philopotamidae) et les Coléoptères (Dryopoidae, Helophoridae) pullulent dans le filet surber.

En effet, si le filet a permis une abondance d'espèces nageuses comme les Naididae, Baetidae et les Gammaridae, le substrat artificiel est caractérisé par l'abondance des espèces fouisseuses comme la plupart des Oligochètes, Caenidae, Ostracodes et Chironomidae. Autrement dit, la première méthode est adaptée à un habitat à caractère rhéophile, alors que la deuxième méthode est plus efficace pour une communauté limnophile (Moog ,2002 ; Mc Cofferty, 1981). Macan et al. (1976) dans leurs travaux ont mis en évidence aussi l'efficacité du filet pour les récoltes de Baetidae. Alors que les Caenidae restent très faiblement abondants dans les récoltes au filet par Tabacchi et al. (1993).

D'autre part, certains taxons font défaut dans les récoltes au filet, au niveau de ces zones aval comme les Oligochètes Lumbricidae, les Diptères (Thaumalidae, Dixidae , Psychodidae ,

Diamesinae) et les Odonates (Gomphidae). L'installation des différents types du substrat artificiel a permis la colonisation de ces milieux par des taxons qui devraient être dans des habitats inaccessibles par le filet. (Usseglio-Platera, 2009 ; Glemet et al. 2005). Un avantage majeur des substrats artificiels est donc l'accessibilité des sites non prélevables par le filet (Glemet et al. 2005).

Au contraire, seuls les Coléoptères (Hydrophiliidae) sont prélevés exclusivement par le filet Surber. , Ils s'agit d'un coléoptère à respiration aérienne et donc présents à proximité de la surface (Knispel, 2001, Illies & Botosaneanu ,1963 ; Botosaneanu, 1979). Ces résultats sont en accord avec ceux de Vannote et al. (1980), Elwood et al. (1983), Junk et al. (1989), Amoros et Petts (1993), Décamps (1996) , Petts & Calow (1996) et Reyes & Marchant, 2000). Certains taxons comme les Orthoclaadiinae sont prélevés avec des effectifs élevés aussi bien avec le filet qu'au niveau du substrat artificiel (Reiss , 1977) .

Dans les limites de nos relevés, le nombre des taxons récoltés exclusivement par une seule technique est important. Par conséquent, du point de vue abondance, et dans une moindre mesure richesse taxonomique, le filet surber et les Substrats artificiels restent deux méthodes d'échantillonnage complémentaires non interchangeables. Les substrats artificiels doivent donc être réalisés quand le manque d'accessibilité et/ou une granulométrie grossière ne permettent pas l'échantillonnage de certains substrats par le filet dans la Zone aval du cours d'eau (Fossati et al. 2010). D'après Glemet (2003), le substrat artificiel et le filet sont donc à utiliser simultanément.

L'analyse globale de la faune recensée issue du filet surber montre non seulement une forte abondance mais aussi une richesse taxonomique plus élevée (40 taxons) par rapport à chaque type du substrat pris séparément, quelle que soit la durée d'immersion.

Compte tenu de l'importance de la structure du substrat dans la répartition des invertébrés benthiques (Ozenda,1990 ; Yacoubi-Khebiza, 1990 et 1996 ; Debovée et al. 1995), l'utilisation de trois types de substrats dans ce travail a permis de noter des similarités dans la richesse taxonomique qui s'élève à 42 taxons récoltés dans le SAV global, 43 taxons récupérés par le SAG global et par le SAS global.

Les principaux groupes récoltés par le filet Surber sont les Annélides (41.45%) et les insectes (51.15%).

La méthode du substrat de végétation est particulièrement peuplée par des mollusques physidae (73% du nombre totale des physidae), des Nématodes (56%) et des Lumbriculidae (63%).

L'augmentation d'abondance des Gastéropodes (Physidae) avec un substrat hétérogène de détritrus organique et une eau riche en algues, a été signalée par Lounaci (1987).

De plus ils sont moins bien représentés sur les substrats artificiels flottants (Bournaud et al., 1978)

La méthode du substrat de Galet est particulièrement caractérisée par la colonisation des Ephéméroptères (Caenidae), des Hétéroptères (Corixidae) et des Trichoptères (Ecnomidae).

La méthode du substrat de sable est dominée par les espèces fouisseuses telles que les Oligochètes Lumbricidae.

La combinaison des trois substrats utilisés peut donc singulièrement influencer l'image moyenne du peuplement faunistique stationnelle. De plus, le nombre des substrats artificiels généralement recommandé pour décrire les communautés benthiques varie de trois à six (Cairns et Dickson, 1971; Khalaf et Tachet, 1978; Macs et al. 1997 ; Stark et al. 2001).

Les deux périodes d'immersion ont permis de récolter 12871 individus. La première période est composée de 38% de la faune totale et la seconde de 62 %, indiquant que le temps d'immersion est en faveur d'une pullulation du peuplement (Pelletier, 1996). Ce qui est en accord avec Elouard (1983) et Tachet et al. (1978) où la variabilité de la composition faunistique avec la durée d'immersion a été mise en évidence. Les groupes les plus abondants au cours de la période de 15 jours sont représentés par les espèces fouisseuses telles que les Nématodes, les Oligochètes (Lumbriculidae) et les Ephéméroptères (Caenidae). Alors que les groupes les plus abondants après 30 jours d'immersion sont représentés par les groupes à colonisation lente comme les Trichoptères, les Oligochètes (Tubificidae, Naidiae), Les Mollusques (Physidae, Lymnaeidae, Valvatidae) et les Hétéroptères (Gerridae, Corixidae). Glemet et al. 2005 rapportent que l'effectif diminue ou se stabilise avec la durée d'immersion pour les Ephéméroptères.

De plus, en augmentant la durée d'immersion, la richesse taxonomique passe de 37 à 49 taxons. Cette augmentation est valable pour le substrat de sable grossier et le substrat de galet, où la période de 1 mois est plus riche taxonomiquement par rapport à 15j d'immersion. Au contraire, au niveau du substrat de végétation, une décroissance taxonomique est enregistrée après 1mois d'immersion. Ce substrat représenterait donc une source de nourriture plutôt qu'un habitat pour ces espèces (Boisumeau 1999).

Notons qu'avec 41.46% de richesse taxonomique et 65,33 % d'abondance, ce substrat s'avère donc rentable qualitativement et quantitativement pour la collecte des invertébrés aquatiques, contre 74.5% de richesse taxonomique et 31.28 % d'abondance pour le substrat de galet et 60.78% de richesse taxonomique et 23.87 % d'abondance pour le substrat de sable. Ces résultats sont conformes avec les résultats de Orth et Thomas (2005), Guillement et Clavier (2006) et Ammar (2012).

Bien que la richesse taxonomique et l'abondance soient élevées avec la méthode de substrat artificiel de 1 mois, on enregistre un remplacement de taxons dans le temps. Les Nepidae, les Dixidae, les Dryopoidae et les Helophoridae, abondants dans le substrat de 15 jours mais deviennent absents ou moins abondants après 1 mois d'immersion. Ils cèdent la place aux Simuliidae, Dytixidae, Psychodidae et Viviparidae.

D'après ce qui a été rapporté par la littérature (Khalaf et Tachet 1977; Rosenberg et Resh 1982; Dejoux et al. 1983; Mathooko et Mavuti 1992), un temps d'immersion de deux semaines serait favorable a priori. D'autres travaux ont montré que la stabilité taxonomique est atteinte après 1 semaine (Ulfstrand, 1968; Pauw et al. (1986)), temps minimale d'immersion des substrats artificiels. Au contraire, après dix semaines, cette stabilité disparaît (Lapchin, 1977).

Le pas de temps maximum de 6 semaines est utilisé de façon très satisfaisante (Cover et Harrel, 1978; Pelletier, 1996; Jolivet et al., 2001). Ce temps relativement long est nécessaire à la fois pour que la valeur « abri » du substrat ne soit pas la seule prise en compte (développement d'une couche biologique) mais aussi pour permettre aux espèces les moins mobiles de les coloniser (Gastéropodes et Trichoptères à fourreau).

Dans notre cas, dans les zones calmes à faible courant, la durée d'immersion de 1 mois serait favorable pour la colonisation des substrats artificiels SAS et SAG, alors que 15 jours d'immersion serait une durée optimale pour la colonisation du SAV.

D'autre part, en considérant les deux périodes hydrologiques, nous notons une variation de la structure des communautés collectées. Pendant les basses eaux, le substrat artificiel permet une récolte plus importante quantitativement (80% des Oligochètes, 75% des Diptères, 90% des Ephéméroptères) par rapport à celle de filet surber. Au contraire, le filet surber est plus efficace pendant les hautes eaux si l'on considère la richesse taxonomique de chaque type de substrat quelle que soit la durée d'immersion. Ces résultats sont en accord avec ceux de Lavoie et al., (2010).

Conclusion :

L'analyse de la composition faunistique récoltée à l'aide des deux méthodes de prélèvement, filet surber et substrat artificiel, au niveau de la zone aval de l'oued Tafna, a permis de mettre en évidence une richesse taxonomique et une abondance cumulées relativement plus élevées au niveau du substrat artificiel. 49 taxons (12871ind) sont prélevés par ce dernier contre seulement 40 taxons (5169 ind) récoltés par le filet surber. Seuls les Coléoptères Hydrophiliidae sont prélevés exclusivement par le filet surber.

Le filet a permis une abondance d'espèces nageuses comme Baetidae, Gammaridae et Naididae. Il est donc plus efficace pour une communauté lotique. Tandis que le substrat artificiel est caractérisé par l'abondance des espèces fouisseuses comme la plupart des Oligochètes, Caenidae, Ostracodes et Chironomidae. Il est adapté à un habitat à caractère nettement limnophiles.

L'utilisation des substrats artificiels a permis la récolte exclusive des taxons qui devraient être dans des habitats inaccessibles par le filet et contribuer à une meilleure image représentative de la composition de la faune aquatique. Il favorise la colonisation des Oligochètes Lumbricidae, des Diptères (Thaumalidae, Dixidae, Tabanidae, Diamesinae, Tanypodinae), des Gastéropodes (Viviparidae), des Trichoptères (Ecnomidae).

Cependant, si l'on considère l'apport de chaque type de substrat et chaque période d'immersion, la faune récoltée par la méthode du filet surber montre une richesse taxonomique plus élevée par rapport à chaque type de substrat pris séparément quelque soit la durée de séjour du substrat. En effet, parmi les 49 taxons récoltés par les substrats artificiels cumulés, 37 taxons sont récupérés durant la période de 15 jours et 46 taxons après 1 mois d'immersion.

Par ailleurs, le substrat de sable grossier est considéré le plus riche qualitativement et quantitativement pour la durée de 30jours. Alors que le substrat de végétation est considéré le plus efficace du point de vue qualitatif et quantitatif pour la période de 15 jours.

Nous constatons donc que les deux techniques restent complémentaires les unes des autres. Il y a à chaque fois une forte composante commune mais aussi une composante propre à chaque technique d'échantillonnage (20%). La nature des taxons concernés peut varier d'un substrat à l'autre. Néanmoins, cette complémentarité se conserve plus ou moins à chaque fois.

Et enfin un mélange de substrats artificiel permettre l'estimation de la richesse réelle des stations en aval par la présence des espèces qui ont des exigences vis-à-vis d'un type de substrat artificiel.

On conclut que dans les zones calmes à faible courant, l'utilisation de substrat artificiel avec un intervalle de temps de 4 semaines favorise une couche biologique qui joue le rôle d'attraction pour les espèces à l'abri du courant et l'application des deux méthodes simultanément est plus efficace , elle améliorerait la rentabilité particulièrement en terme d'abondance.

Une importance particulière pour les études futures est la nécessité de tester un mélange dans la composition du substrat artificiel pour permettre l'estimation de la richesse réelle des stations en aval par la récolte des espèces exigeantes d'un type de substrat.

Les références bibliographiques

- **Ajakane A., 1988.** Etude hydrobiologique du bassin versant de l'oued N'fis (haut Atlas Marocain). Biotypologie, dynamique saisonnière, Impact de l'assèchement sur les communautés benthiques. Thèse 3ème cycle. Univ. Marrakech (Maroc) : 192p.
- **Ammar T., 2012 .** La mise en place d'un Protocole d'échantillonnage des invertébrés aquatiques adaptés aux zones amont des oueds. Thèse de magister. Écologie et biodiversité des écosystèmes continentaux. univ. Tlemcen: 80p
- Angelier E., 1953.** Recherche écologique et biogéographique sur la faune des sables submergés, *Arch.Zool.exp.gen* ;90 :161p.
- Anne J. R., 2007.** Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain. Thèse de doctorat .Géographie et aménagement .univ.lyon 3(France) : 52p.
- **Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder et J. B. Stribling, 1999.** Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, Second Edition, Washington, D.C., U. S. Environmental Protection Agency; Office of Water; EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes.
- BARBOUR, M. T., J. B. STRIBLING et J. R. KARR, 1995.** Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition, pp. 63-77, dans Davis, W. S. et T. P. Simon (eds). Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making, Boca Raton, FL., Lewis Publ.
- Barton et Metcalfe-Smith, 1992 ; BARTON, D. R. et J. L. METCALFE-SMITH, 1992.**
« A comparison of sampling techniques and summary indices for assessment of water quality in the Yamaska river, Quebec, based on benthic macroinvertebrates », *Environ. Monit. Assess.* 21 : 225-244.
- Bazairi, H., A. Bayed et C. Hily, 2005 :** Structure et bio évaluation de l'état écologique des communautés benthiques d'un écosystème lagunaire de la côte atlantique marocaine. *C. R. Biologie* 328: 977-990.
- **Belaidi –Aliane N., 1992.** Étude de la salinité dans le bassin versant de la Tafna et son influence sur quelques organismes benthiques. Thèse de magister. Écologie animale. univ Tlemcen : 64p
- **Belaidi N., Taleb A. et Gagneur J., 2004.** Contribution and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semi- arid stream in relation to the management of a polluted reservoir. *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 40(3) :237-248

- Bode R. W., Novak M.A. et Abele L.E., 1991.** Quality assurance work plan for biological stream monitoring in New York State, Albany, New York, NYS Department of Environmental Conservation, Division of water, 80 p.
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000).** A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1100-1114.
- Bournaud M .G, Chavanon H. et Tachet, 1978.** «Structure et fonctionnement des écosystèmes du haut-Rhone francais. Clonisation par les macroinvertébrés de substrats artificiels suspendus en pleine eau ou posés sur le fond», *verh. internat.verein. limnol.20* :1485- 1493.
- Bournaud M., 1983.** Le courant, facteur ecologique et ethologique de la vie aquatique. *Hydrobiologia* 21, 125–165.
- Boulal M., 1988.** Recherche écologique sur la faune aquatique des puits de la région deTizit (Anti Atlas occidental Maroc). Thèse 3eme cycle ecol. Gén. Sec. Marrakech : 228p
- Boumaiza M. et Thomas A.G.B. ; 1986.** Répartition et écologie des Ephéméroptères de Tunisie (1ere partie)(Insecta,Epheméroptéra).Archs Inst.Pasteur Tunis,63 (4) :567-599.
- Bouzid S., 2008.** Etude de la dynamique du phosphore dans la Tafna. Thèse de Magister en Biologie. Univ. Tlemcen. 139P
- Bouzidi et Guidicelli, 1994.** Ecologie et distribution spatiales macro-invertébrés des eaux courantes du haut Atlas Marocains. *Rev.Fac.Sci.MAR.n°08*.
- Bradai M.N., 2000.** Diversité du peuplement ichtyque et contribution à la connaissance des Sparidés du golfe de Gabès. Thèse de Doctorat d'Etat de la Faculté des Sciences, Université de Sfax (Tunisie) : 600 pp.
- Bringk P.1949.**Studies on swedish stoneflies (Plecoptera).Opusc.enl.,Suppl.11:250 p.
- Brucker G. et Mehdaoui O.;1999.** Biological reserve of the atlantic coast of Morocco. Thèse .Doctorat.Univ.Paris 06. Paris.225p.
- Cairns J. Jr. (ed), 1982.** Artificial substrates. Ann arbor science, Ann arbor, MI, 279 pp.
- Cairns Jr. J et K.L. Dickson, 1971.** « A simple methode for the biological assessment of the effectes waste discharges on qualitic bottom-dwelling organisms », *Jornal WPCF* 43 :755-772.
- Chery & Mouvet ,2001.**

- Chessman B.C.,1995.** Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates : a procedure based on habit-specific sampling, family level identification and a biotic index Australian journal of biology 20,122-9.
- Clement W. H., 1991.** Characterization of stream benthic communities using substrate-filled trays : colonisation, variability, and sampling selectivity. Journal of freshwater ecology 6 : 209-221p
- Clements W H., D.S. Cherry and J. Cairns Jr, 1988 .**Impact of heavy metals on insect communities in streams: a comparison of observational and experimental results. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:2017-2025.
- Clifford H .F., Gotceitas V. et Casey R. J., 1989.** Roughness and colour of artificial substratum particles as possible factors in colonization of stream invertebrates. Hydrobiologia : 175: 89-95.
- Collignon B., 1986.** Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des monts de Tlemcen (Algérie) thèse- doctorat- nouveau régime –univ-avignon : 282p
- Cover E. C et Harrel R. C., 1978.** Sequences of colonization, diversity, biomass and productivity of macroinvertebrates on artificial substrates in a freshwater canal. Hydrobiologia : 59: 81-95.
- Crossman J. S. et J. Cairns J. R., 1974.** «A comparative study between two different artificial substrate samples and regular sampling techniques», hydrobiol.44 :517-522.
- 29- Dahmani B., Hadji F. et Allal F., 2002. Traitement des eaux du bassin hydrographique de la tafna(N W-Algérie). Départ. Ch.Fac. univ. Tlemcen.Désalination ; Vol
- Collignon B., 1986.**Hydrogéologies appliquées des aquifères Karstiques des monts de Tlemcen (Algérie). Tome 1 : Hydrogéologie régionale. Tome 2 : les forages hydrauliques dans les roches karstifiées. Thèse de doct.Univ.Avignon.France : 118 et 282 p.
- Cosser, 1988.** « Macroinvertebrate community structure and chemistry of an organically polluted Creek in South-East Queensland », Aust. J. Mar. Freshwater Res. 39 : 671-683.
- Cover E. C et Harrel R. C., 1978.** Sequences of colonization, diversity, biomass and productivity of macroinvertebrates on artificial substrates in a freshwater canal. Hydrobiologia : 59: 81-95.
- Crossman J. S. et J. Cairns J. R., 1974.** «A comparative study between two different artificial substrate samples and regular sampling techniques», hydrobiol.44 :517-522.

- **Cummins, K. W. 1962.** An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *The American Midland Naturalist* vol.67,N°2,pp.477-504
- **Dajoz R., 1982.** Précis d'écologie, 4ème édition, Paris, Bordas, 503p.
- **Dauer, D. M. ;1993.** Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure. *Marine Pollution Bulletin*, 26(5), 249-257.
- **Davis et Simon, 1995 .** Biological assessment and criteria. Tools for water resource planning and decision making. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- **Dejoux C., Jestin J.M., Troubat J.J.1983.** Validité de l'utilisation d'un substrat artificiel dans le cadre d'une surveillance écologique de rivières tropicales traitées aux insecticides. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 16(2) : 181-193.
- **Depauw N., Roels D. et A. P. Fontoura ,1986.** Use of artificial substrates for standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian biotic Index. *Hydrobiologia* 133: 237- 258.
- **Debové et al, 1995**
- **Dussart ,B.,1966.** Limnologie l'étude des eaux continentales .Gauthier Villars, Paris, 678p.
- DETHIER M. & CASTELLA E. 2002.** A ten years survey of longitudinal zonation and temporal changes of macrobenthic communities in the Rhône River, downstream from lake Geneva (Switzerland). *Annales de Limnologie*. 38(2) : 151-162.
- **Ekman S., 1911.** Neue Apparate zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der Bodenfauna der Binnenseen. *Int.Rev. hydrobiol* ; 3,553- 561
- **Elouard J. R. I., 1983.** - Impact. D'un insecticide organophosphore (le teméphos) sur les entomocénoses associées aux stades préimaginaux du complexe *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae). These Doctorat d'État, université Paris Sud, centre d'Orsay : 576.
- **ENVIRONMENT AGENCY, 1973.** Methodology for the Assessment of Freshwater Riverine Macrophytes for the Purpose of the Urban Waste Water Treatment Directive. The Environment Agency, Peterborough, Angleterre. 32 p. +annexes.
- **Fano, E. A., Mistri, M., & Rossi, R. ;2003.** The ecofunctional quality index (EQI): a new tool for assessing lagoonal ecosystem impairment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(3-4), 709-716.
- **Fredeen F. J. H et Spurr D.T., 1978.** - Collecting semiquantitative samples of black fly larvae (Diptera : Simuliidae) and other aquatic insects from large rivers with the aid of artificial substrates. *Quaest. Entomol.* ; Edmonton, 14 (3) : 411-413.

Gaït Archambaud , Caroline Breugnot , Georges Carrel ,Jacques Veslot , Yann Le Coarer et Jean-François FRUGET 2 : Protocoles d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques dans le Rhône aval régulé, et informations sur leur distribution dans les substrats 1
Irstea - Centre d'Aix-en-Provence, Unité de recherche Hydrobiologie Equipe Ecosystèmes
Eau Courante

- **Gagneur J., 1976.** Etude des diptères du lot et étude de la retenue de Gajar. Thèse Doct.
Univ. Paul. Sabatier. Toulouse : 195p

-**Gagneur J., Giani N.et Martinez-Ansemil E., 1986.** Les Oligochètes aquatiques d'Algérie
.Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse 122 : 119-124p.

-**Gagneur J. et Thomas A. G. B., 1988.**Contribution à la connaissance des
Ephéméroptères d'Algérie. I- Répartition et écologie. (1ere partie) (Insecta, Ephéméroptera).
Bull. Soc. Hist. Not. Toulouse 124 : 223- 231P

- **Gagneur J. et Aliane N., 1991.** Contribution a la connaissance des Plécoptères d'Algérie.
In ;Alba-Tercedor J& Sanchez- ortega A (Eds) ; overview and strategies of Ephemeroptera
and Plecoptera. Sandhill Crane Press, 311-323

- **Glemet R., Thomas A. et Horeau V., 2005.** Colonisation de substrats artificiels par les
Ephémères dans les ruisseaux et rivières de Guyane Française : résultats préliminaires.
Ephemera, 6 (2) : 85-107.

-**Carrel G. ,2006.** Etude thermique globale du Rhône – Phase III – Lot 1.2: Physico-chimie
des eaux du Rhône, évolution des paramètres classiques, 1985-2004. Aix-en-Provence,
France, U.R. Hydrobiologie, Cemagref: 18.

-**Giani,N.,1984.** « Le Riou Mort, affluent du Lot, pollué par les métaux lourds. IV. Etude des
Oligochètes », Annls. Limnol. 20 : 167-181.

-**GRANT, I.F ,1989 .** Invertébrés aquatiques.Monitoring insecticide side-effects in large-scale
treatment programmes:Tsetse spraying in Africa. pp. 43-59.

In: Pesticides and Non-target Invertebrates. Jepson P C. (ed.).Andover, UK: Intercept.

-**Gross F.,1976.**«Les communautés d'oligochètes d'un ruisseau de plaine. Leur utilisation
comme indicateurs de la pollution organique O, Annls. Limnol., vol. 12, no 1, p. 75-87.

-**Graf ,1966.**

-**Gray, J. S., & Pearson, T. H; 1982.** Objective selection of sensitive species indicative of
pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. Marine
Ecology Progress Series, 9, 111-119.

- **Guillement L. et Clavier S., 2006.** Mise en place d'un protocole d'échantillonnage adopté aux zones lentiques et aux zones aval des fleuve Guyanais. Laboratoire d'environnement de petit Sant- B.P. 823-97388 Kouron Cedex (hydreco-labops@wanadoo.fr). 47P.
- **Hester F. E et J. S. Dendy, 1962.** A multiplate sampler for aquatic macroinvertebrates. Trans. Am. Fish. Soc. 91:420-421
- **Hellawell J. M., 1978 .**Biological surveillance of rivers water. Research centre. Stevanage. Xli: 332p
- **Hellawell J. M., 1986.** Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Sciences Publications, London/New York. 546p
- **Hilsenhoff W. L., 1969.** An artificial substrate device for sampling benthic stream invertébrates. Limnology and oceanography, 14 : 465- 471
- JOLIVET S., VAILLANT F. & GRUWIER X. 1999.** Développement larvaire de *Sympetrum fonsco-lombii* (Sélys, 1840) constaté en Île-de-France (Réserve Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines). *Martinia* 15 (1) : 14
- JOLIVET S., MASSELOT G. & NEL A. 2001.** Présence de *Metreletus* sp. (Ephemeroptera : Ameletidae) en forêt de Rambouillet (Yvelines, France). Utilisation de substrats artificiels pour l'étude du macrobenthos de ruisseaux temporaires. *Ephemera* 3(1) : 53-68.
- **Jolivet S. et G. Masselot, 2004.** Substrat artificiels et évaluation biologique des etanges .Diplôme d'étude supérieur d'université Paul Sabatier, Toulouse, France. 80p
- **Jolivet S. et G. Masselot, 2005.** Étude hydrobio-entomologique
La prospection s'est déroulée du 10 mars 2005 au 11 juillet 2005 p4-5.
- **Khalaf G., 1975.** Utilisation de substrats artificiels, en eau courante pour l'étude de la Répartition et de la dynamique de colonisation des macroinvertébrés benthiques. Thèse de doctorat des Sciences. Université Paul Sabatier, Toulouse, France. 177 p.
- **Khalaf G. et Tachet H., 1977.** La dynamique de colonisation des substrats artificiels par les macroinvertébrés d'un cours d'eau. *Annales de limnologie*, 1977, 13 : 169-190.
- **Khalaf G. et Tachet H., 1978.** Un problème d'actualité : revue de traveau en matière d'utilisation des substrats artificiels pour l'échantillonnage des invertébrés des eaux courantes. *Bulletin d'ecologie*, 9 (1) :29-38.
- KILGOUR B.W., SOMERS K. M. et BARTON D.R. 2004.** « A Comparison of the Sensitivity of Summary Benthic Community Indices to the Impacts of Mines, Pulp and Paper

Mills, and Urbanization », *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 23, no 1, p. 212-221.

-Kruskal et Wallis ,1952 . "Use of ranks in one-criterion variance analysis", *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583–621.

-Kuper. M et al ; 2002

-LACHAVANNE J.B., 1985. The influence of accelerated eutrophication on the macrophytes of Swiss lakes : abundance and distribution. *Verh.int.Verein.Limnol.*, 22 : 2950-2955.
LAGADIC L., TH. CAQUET, J.C. AMIARD, 1997. Biomarqueurs en écotoxicologie : principes

-Lafont M.,1983 . Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentale françaises. 3 :Annélides Oligochètes .*Bull.Mens.Soc.Linn.Lyon* 52.(4) : 108-135.

- Lamotte M. et Bourliere F., 1971. Problèmes d'écologie : L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Edt Masson, Paris. 294p

-Lan F. Grant 1989 .Invertébrés aquatiques.Monitoring insecticide side-effects in large-scale treatment programmes:Tsetse spraying in Africa. pp. 43-59.In: *Pesticides and Non-target Invertebrates*. Jepson P C. (ed.).Andover, UK: Intercept.

- Lapchin A., 1977. Colonisation des Substrats artificiels par les Ephémères dans des ruisseaux des rivières de Guynais Française. Laboratoire Dynamique de la biodiversité, UMP CNRS 5172. Univ Paul Sabatier : P 85-107.

-Lavandier P. Dumas J. 1971.Microrépartition de quelques invertébrés benthiques dans des ruisseaux des Pyrénées centrales .*Annales de Limnologie*, 7(1) : 7-23.

- Lavoie I., Lento J., and Morin A.2010. Inadequacy of size distributions of stream benthic diatoms for environmental monitoring *J. North. Am. Benthol. Soc.* 29: 586-601 .

-Le Berre, R.1966. Contribution a l'étude biologique et Biologique de *Simulium damnosum* Theobald,1903 (Diptera, Simuliidae). *Mim. Orstom* no 17(1966) 204 pp.

- Lounaci A., 1987. Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (grand kabylie). ThèseMaister, Université Houari Boumadiene: 133p

- Lyakhove S. M. et Jidkov L .F., 1953. A bottom sampler. An apparantus for studying benthic organisms carried down by river currents. *Zool. Zb ;* 32, 1020-1024

Macan T.T et Kitching A. 1976.The colonization of squares of plastic suspended in midwater.*Freshwater Biologie*,6(1):33-40.

- Mackay R. J., 1992. «Colonization by lotic macroinvertebrates a review of processes and

patterns», can.J.Fich Aquat.49:617-628

- **Mason W. T., J.B. Anderson and G.E. Morrison, 1967.** A limestone-filled, artificial substratesampler-float unit for collecting macroinvertebrates in large streams. *Progressive Fish Culturist* 29: 74.
- **Mason W. T Jr, C.I. Weber, P.A Lewis and E.C. Julian , 1973.** Factors affecting the performance of basket and multiplate macroinvertebrate samplers. *Freshwater Biol.* 3:409-436.
- **Mathooko J. M. et Mavuti K. M., 1992.** Composition and seasonality of benthic invertebrates and drift in the Naro Moru River, Kenya. *Hydrobiologia.* 232: 47-56.
- **Micha J. C., 1970.** « Etude quantitative du benthos d'une riviere de Belgique : L'ourthe Liègeoise ». *Annls.Limnol.* 6 : 255-280.
- Meier P. G., D.L. Penrose et L.Polak, 1979.** the rate of colonization by macroinvertebrate on artificial substrat samplers. *Freshwater biology ;* 9 : 381 -392
- MERRITT, R. W. et K. W. CUMMINS, 1984.** An introduction to the aquatic insects of North America, 2nd Edition. Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt, 722 p.
- **Moog, O. (Ed.) 2002.** Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- MULLER K ., 1954.** Investigations on the organic drift in north Swedish streams. - *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 35: 133-148.
- **DAOUD-BOUATTOUR A., MULLER S.D., FERCHICHI-BEN JAMAA H., GHRABI-GAMMAR Z.,RHAZI L., GAMMAR A.M., KARRAY M.R., SOULIÉ-MÄRSCHÉ I., ZOUAÏDIA H., DE BÉLAIR G., GRILLAS P. & BEN SAAD-LIMAM S.,** "Recent discovery of the small pillwort (*Pilularia minuta* Durieu, Marsileaceae) in Tunisia: Hope for an endangered emblematic species of Mediterranean temporary pools?" *Comptes Rendus Biologie* 332: 886–897, 2009.
- Olsen L. H., Sunssen J. et Pederen , 2000 :** les petits animaux des lacs et des rivieres. Delachaux et Niestlé S- A, Lausanne (Switzerland). Paris : 224p.
- OERTLI B., AUDERSET-JOYE D., CASTELLA E., JUGE R., LEHMANN A. & LACHAVANNE J.B. 2005.** PLOCH: a standardised method for sampling and assessing the biodiversity in ponds. *Aquatic Conservation*, 15: 665-679.
- OERTLI B., AUDERSET JOYE D., CASTELLA E., JUGE R., CAMBIN D., LACHAVANNE J.-B. 2002.** Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation.* 104: 59-70.

- Ozenda P.,1990** : Flore du Sahara septentrional. CNRS.Paris : 286p.
- Paller M. H., 1994.** « Relationships between fish assemblage structure and stream order in South Carolina coastal plain streams », *Trans. Am. Fish. Soc.* 49 : 671-681.
- Pauw N. De., D. Roels et A. P. Fontoura, 1986.** Use of artificial substrates for standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian Index ; *Hydrobiologia*, 133 (3) : 237- 258.
- Pearson, T. H., & Rosenberg, R.;1978.** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review*, 16, 230-306.
- Pelletier L., 2002.** Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq noENV/2002/0291, rapport noEA/2002-02, 85 p. et 4ann.
- Pelletier L. et J. St-Onge ,1998.** Le bassin de la rivière chaudière : les communautés benthiques et l'intégrité biologique du milieu, dans ministère de l'environnement chaudière :l'état de l'écosystème aquatique - 1996, Québec, Direction des écosystèmes aquatiques,envirodop n° EN980022, Rapport n) EA-12
- Pihan J. A et Mohati A., 1984** : les peuplements benthique du réseau permanent de l'oued ourika (haut Atlas de Marrakech). *Qualité des eaux. Verh. Internat. Limnol* : 22-2110-2113p.
- Raby K. B., J.D.Newbold et D.C.Erman , 1978.** Effectivités of an artificial substrate for sampling macroinvertebrate in small streams. *Fresh water biology*, 8:1-8
- Reiss V.F.,1977** : Verbreitungsmuster bei palaarktischen chironomide-narten .(diptera ,chironomidae).*Spixiana*.1 :85-97p.
- Resh V. H. et J. K. Jackson, 1993.** "Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates", p. 195-233, dans Rosenberg, D. M. et V. H. Resh (éd.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, New York, Chapman and Hall.
- Resh V, H. et E. P. Mcelravy, 1993** « Contemporary quantitative approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates », p. 159-194, dans Rosenberg, D. M. et V. H. Resh (éd.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, New York,
- Robinson C. T., G. W. Minshall et S. R. Rushforth , 1990:** Seasonal colonisation dynamics of macroinvertebrates in an Idaho stream. *Journal of the North American Benthology Society* 240-248.

- **Rosenberg D. M. and V.H. Resh, 1982.** The use of artificial substrates in the study of freshwater benthic macroinvertebrates. Chapter 6, In Cairns, J. Jr. (editor) Artificial substrates. Ann Arbor Science, Ann Arbor, 279 p.
- **Rosenberg D. M et Resh V. H (Eds.), 1993:** Freshwater biomonitoring and benthic invertebrates. Chapman and Hall, and New York: 488 p.
- Sabri S.2003 :** Contribution à l'étude de la faune hyporhéique et superficielle dans la moyenne et basse Tafna : Influence du barrage de Hammam Boughrara.mem.ing. Univ.Tlemcen.
- Shaw D. W and G.W. Minshall, 1980. Colonization of an introduced substrate by stream macroinvertebrates. Oikos 34:259-271.
- **Siméon C. et Bonnefoy C.J., 1965,** Diagnostic de la pollution des eaux par les effluents chimique au moyen des methods hydrobiologique. Rapport C. E. A; 2751, Centre de Pierrelote.
- **Seltzer P., 1946.** Le climat de l'algerien, carte H.T institut. Terre et Phys du glob. Univ. Alger. 219P
- **Slack K.V., R.F. Ferreira and R.C. Averett, 1986.** Comparison of four artificial substrates and the Ponar grab for benthic invertebrate collection. Water Res. Bull. 22:237-248.
- Schmude ,K.L. ,M.J.Jennings,K.J Otis et Piette. 1998 .**Effects of habitat complexity on macroinvertebrate colonization of artificial substrates in north temperate lakes. Journal of the North American Benthological Society.17(1) :73-80p.
- **ST-ONGE J. et Y. Richard. 1994.** Les communautés benthiques du bassin de la rivière L'Assomption et l'intégrité des écosystèmes fluviaux, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq n° EN940241, rapport n° QE-88, 105 p. et 13 ann.
- ST-ONGE, J., 1996.** Le bassin de la rivière Châteauguay : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq n° EN960456, rapport n° EA-8, 46 p. et 7 annexes.
- **ST-ONGE J., 1999.** « **Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, section 5** », dans ministère de l'Environnement (éd.), Le bassin de la rivière Yamaska : état de l'écosystème aquatique, Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq n°EN990224, rapport n°EA-14.
- **Surber E W., 1937.** Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream. Trans. Am. Fich. Soc ; 66. 193-202.

- **Tachet M., Bournaud M. et Richoux P., 1980.** Introduction a l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systematique élémentaire et aperçu écologique). Univ. Lyon1. Ass. Française de Limnologie : 155p.
- **Tachet H., Richoux P., Bournaud M. et Usseglio-Polatera P., 2002.** Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie écologie. CNRS éditions. 587p.
- **Tahri H., 2002.** Contribution a l'évaluation de la qualité de l'eau de l'oued Tafna (moyenne et basse) par l'utilisation de la méthode biologique IBG.Mém. Ing. Inst. Biologie. Univ. Tlemcen : 45p
- Taleb A., 1981 .**Contribution à l'étude hydrologique du bassin de la Tafna (Mont de Tlemcen). D.E.S .Oran :60p.
- Taleb.A, 1992 .** effet de la matière en suspension sur les invertébrés benthiques . Mém.Mag.Univ.Tlemcen :60p.

- **Taleb A., 2004.** Contribution a l'étude 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 : 104p
- **Taleb A., Belaidi N., Sanchez-Pérez J. M., Vervier P., Sauvage S., Gagneur J., 2008.** The role of the hyporeics of a semi arid gravel bed stream located downstream of a heavily polluted reservoir (Tafna wadi, Algeria). *River Research and applications* volume 24, Issue2, P 183-196
- Taleb A,Belaidi N, and Gagneur J, 2004 .**Water quality befor and after dam building on a heavily polluted river in semi-arid Algeria .*River .Res.Applic.*20: 943-956 p.
- Thomas A., 1969.**Sur l'importance des Diptères dans l'environnement de quelques cours d'eau de Pyrénées .*Annal.Lymnol*,5(1) :61-76.
- **Townsend C. R. and A.G. Hildrew, 1976.** Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of stream benthos. *J. Animal Ecol.* 45:459-772.
- **Ulfstrand T., 1977.** The invertebrate fauna of streams in over heimdalen. pp 271-276
- Virginie Archambault et Philippe Usseglio-Polatera, 2008 .** Étude sur le protocole d'échantillonnage de l'IBGA – Comparaison des Méthodes d'Echantillonnage. 2008.
- **Voshell J. R. et Jr. and Simmons, 1977.** An evaluation of artificial substrates for sampling macrobenthos in reservoirs. *Hydrobiologia* 53:257-269.
- **Voshell J. R., Jr. R.J. Layton and S.W. Hiner, 1989.** Field techniques for determining

the effects of toxic substances on benthic macroinvertebrates in rocky-bottomed streams. In Aquatic toxicology and hazard assessment: U.M. Cowgill and L.R. Williams, American Society for Testing and Materials, Philadelphia. 12:134-155.

-Warwick, R. M., & Clarke, K. R. ;1993. Comparing the severity of disturbance : a meta-analysis of marine macrobenthic community data. Marine Ecology Progress Series, 92, 221-231.

-Warwick, R. M., & Clarke, K. R. ;1995. New "biodiversity" measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. Marine Ecology Progress Series, 129, 301-305.

-WFD, Water Framework Directive (WFD), 2003. Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential, Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT), 28 p. et 2 annexes, [<http://cwss.www.de/workshops/wfd/Ecological-Classification-Guidance.pdf>].

-WILHM, J., 1972. « Graphic and mathematical analyses of biotic communities in polluted streams », Ann. Rev. Entomol. 17 : 223-252

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

- Winterbourn M. J., 1985. "Sampling stream invertebrates", p. 241-258, dans Pridmore, R. D. et A. B. Cooper (éd.), Biological monitoring in freshwater : proceedings of seminar, Hamilton, November 21-23, 1984, Part 2. Water and Soil Miscellaneous Publication n° 83. National Water and Soil Conservation Authority, Wellington, New Zealand.

- Wise D. H. et M.C.Molles Jr., 1979. Colonization of artificial substrates by stream insects : influence of substrate size and diversity hydrobiologia.65 :69-74

- Yacoubi- Khebiza M., 1987. L'étude de la faune hyporhéique de l'oued N'fis et ses affluents au voisinage du barrage Lala Taberboust. Mém. C.E.A.Fac. Sc. Marrakech :70P

-YANN, B ,2006.LE SUIVI ÉCOLOGIQUE DES RIVIÈRES AU QUÉBEC: COMPARAISON DES BIOINDICATEURS BASÉS SUR LES INVERTÉBRÉS ET LES DIATOMÉES BENTHIQUES MÉMOIRE DE LA MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ENVIRONNEMENT .Université du Québec à Trois-Rivières

-Yannick G, 2004. Méthodes d'évaluation de l'intégrité biologique du milieu aquatique basées sur les macroinvertébrés benthique- Rapport de stage. Direction du suivi de l'état de l'environnement Envirodoq no ENV/2004/0158, Coll noQE/146. p50.

- Zar J. H., 1984. Biostatistical analysis. Pentice-Hall Inc; Englewood Cliff, NJ.718 p

- **Zouakh D. E., 1995.** Etude des macroinvertébrés et des poissons de l'oued el Harrach et de ses affluents appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux. Thèse Magistère. Université des science et de technologie. Houari Boumediene 65P.

Bavard J.Pet Petit, F. 1991. Les cours d'eau (dynamique du système fluvial). Collection Armand Collin. Ed. Masson. 147 p