



Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique et pélagique des eaux du barrage Hassan II et de ses affluents (Province de Midelt, Maroc) [Taxonomic diversity and structure of benthic and pelagic macrofauna of water of Hassan II dam and its tributaries (Province of Midelt, Morocco)]

Chahboune M.*, Chahlaoui A., Zaid A., Mehanned S., Ben Moussa A.

Université Moulay Ismail, Equipe de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Laboratoire de l'Environnement et Santé, Faculté des Sciences de Meknès, Département de Biologie, BP 11 201 Zitoune Meknès, Maroc.

Received 11 September 2014, Revised 24 November 2014, Accepted 24 November 2014.

** Corresponding Author: E-mail: chahboune20@gmail.com; Tel.: (+212) 0667764845*

Abstract

The lakes of dams represent interesting ecosystems in terms of biodiversity, but these lakes are known to be fragile, sensitive to both direct impacts of human activities and global environmental changes. This study aims to establish an inventory of benthic and pelagic macroinvertebrates in the Hassan II dam (Province of Midelt, Morocco) and its tributaries. Monthly samples were collected from September 2011 to August 2012 at three stations. The fauna collected totaled 12482 individuals belonging to 37 families and 67 taxa (genera and species) corresponding to three faunal groups (Annelida, Mollusca, Arthropoda). The number of individuals collected has varied from 2352 individuals in Ansegmir River to 5873 individuals in the dam station. The number of taxa ranged from a minimum of 30 taxa collected in Ansegmir station and a maximum of 43 taxa collected in Moulouya station. Harvested stand is dominated by insects (59.57%). Crustaceans ranked second with a percentage of 29.47% of the total fauna, followed by Mollusca (6.33%). Annelids are the least abundant faunal group (4.63%).

Keywords: Moulouya, Ansegmir, Hassan II dam, Morocco, Macroinvertebrates.

Résumé

Les lacs réservoirs représentent des écosystèmes intéressants en terme de biodiversité, mais ces lacs sont réputés fragiles, sensibles à la fois aux impacts directs des activités humaines et aux modifications globales de l'environnement. La présente étude a pour objectif d'établir un inventaire des macroinvertébrés benthiques et pélagiques de la retenue du barrage Hassan II (Province de Midelt, Maroc) et de ses affluents. Des prélèvements mensuels ont été réalisés de septembre 2011 à août 2012 dans trois stations. La faune collectée totalise 12482 individus appartenant à 37 Familles et à 67 taxons (genres et espèces) correspondant à 3 groupes faunistiques (Annélides, Mollusques, Arthropodes). Les effectifs collectés ont varié entre 2352 individus dans l'oued Ansegmir et 5873 individus dans la retenue du barrage. Le nombre de taxons ont oscillé entre un minimum de 30 taxons récoltés dans l'oued Ansegmir et un maximum de 43 taxons recueillis dans l'oued Moulouya. Le peuplement récolté est dominé par les insectes (59,57%). Les Crustacés viennent en deuxième position avec un pourcentage de 29,47% de la faune totale, suivis des Mollusques (6,33%). Les Annélides restent le groupe faunistique le moins abondant (4,63%).

Mots clés: Moulouya, Ansegmir, Barrage Hassan II, Maroc, Macroinvertébrés.

1- Introduction

Les communautés de macroinvertébrés jouent un rôle important dans de nombreux processus écologiques et écotoxicologiques des lacs et des rivières [1]. Elles jouent également un rôle important dans la bioaccumulation et le transfert de contaminants à des niveaux trophiques supérieurs aussi bien en milieu aquatique qu'en milieu terrestre [2, 3].

Si les outils physico-chimiques et microbiologiques sont souvent au cœur du dispositif de surveillance des eaux, les méthodes biologiques prennent une place de plus en plus importante dans la mise en œuvre des plans de gestion des milieux aquatiques. Malgré les limites que peut présenter l'analyse biocénotique de la

faune d'un écosystème aquatique [4], elle peut constituer un outil à la fois efficace et peu onéreux pour se faire une idée globale de la qualité des eaux de l'écosystème étudié.

Au Maroc, plusieurs travaux se sont penchés sur l'étude des macroinvertébrés des milieux aquatiques [5-10]. A l'échelon du bassin de la Moulouya, l'oued Moulouya et l'oued Ansegmir ont bénéficié de quelques rares études [11,12] et à l'exception d'une seule étude, fractionnée dans le temps, réalisée par Melhaoui et Boudot [13] qui s'est intéressée plus précisément à la biodiversité aquatique des odonates, des mollusques, des crabes d'eau douce et de la faune piscicole dans le bassin de la Moulouya y compris le lac du barrage Hassan II. Ce dernier constitue un terrain vierge dont les macroinvertébrés benthiques et pélagiques n'ont jamais fait l'objet, à notre connaissance, d'étude au préalable.

La présente étude vient combler cette lacune, elle représente le troisième volet d'un travail d'ensemble sur l'étude hydrobiologique du barrage Hassan II. Elle a pour objectif de dresser un inventaire des macroinvertébrés au niveau du lac du barrage et au niveau de ses deux principaux affluents (Moulouya et Ansegmir).

2. Matériel et méthodes

2.1 Milieu d'étude

Le barrage Hassan II, dont les caractéristiques morphométriques et hydrologiques sont présentés sur le tableau 1 [14], est situé dans la plaine de Midelt au Sud-est de la région de Meknès-Tafilalt, au centre du Maroc (Figure 1). Le climat de la région d'implantation du barrage est aride à hiver froid [15]. Les sols de la région d'étude se répartissent entre des sols sur granite, des sols sur les formes arkosiques du Trias et les sols sur les formations carbonatées du Jurassique [16]. Le couvert végétal, dispersé, est représenté essentiellement par des touffes de l'alfa (*Stipa tenacissima* Loefl. ex L.) et d'artémisiaes à armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) [17]. Le bassin versant du barrage Hassan II est drainé principalement par les deux oueds: Moulouya et Ansegmir. Ces deux oueds reçoivent tout au long de leurs cours amont les rejets domestiques de plusieurs agglomérations (Boumia, Zaida, Itzer, Tounfite, Ait Ayache,...) ainsi que les déchets résultants de l'agriculture dominée par l'arboriculture développée en parcelles irriguées sur les vallées adjacentes. En plus, l'oued Moulouya draine les eaux émanant du district minier abandonné de Zaida. Les eaux des deux oueds sont utilisées par les riverains à de multiples fins. Nous citons l'irrigation, occasionnellement la boisson, les loisirs (pêche, baignade) et l'abreuvement du cheptel. La région d'implantation du barrage est une zone d'activité pastorale.

Tableau 1 : Caractéristiques morphométriques et hydrologiques du Barrage Hassan II [14].

| | | |
|--|---------------------|---|
| Caractéristiques hydrologique et générale du bassin versant et de la retenue | | Aire du bassin versant naturel : 3300 km ² Apport moyen annuel : 220 Millions de m ³ (Mm ³). |
| Caractéristiques de la retenue | | Niveau de la retenue à la cote normale: 1370 NGM (Nivellement Général du Maroc); Aire de la retenue à la cote normale : 12,7 km ² ; Volume de la retenue à la cote normale: 400 Mm ³ ; Volume régularisé moyen annuel 100 Mm ³ . |
| Caractéristiques des ouvrages | Barrage | Type : poids en Béton Compacté au Rouleau (BCR) ; Hauteur maximale sur Fondation : 115m; Longueur en crête : 600m; Largeur en crête : 7m; Terrain de fondation : Granite ; Cote de la crête : 1375 NGM ; Volume du corps du barrage: 600000 m ³ . |
| | Vidange du fond | Cote du seuil : 1298 NGM. |
| | Prise d'eau potable | Type : tour bétonnée avec 4 niveaux de prise ; 1323 ; 1333 ; 1343 et 1353 NGM ; Débit maximum : 1m ³ /s. |
| | Prise agricole | Cote de la prise : 1315 NGM |

2.2 Échantillonnage

La collecte de la faune benthique et pélagique au niveau des différentes stations s'est réalisée selon une fréquence mensuelle entre septembre 2011 et août 2012. Compte tenu de l'objectif de l'étude, la prospection du terrain nous a permis de choisir trois stations (Figure 1).

• Un point de prélèvement (B) (32° 47.480 N ; 004° 46.110 O ; Altitude: 1380 m), est situé dans le lac du barrage, à l'aplomb du point le plus profond qui sert, de manière standard en limnologie, de lieu d'échantillonnage d'un lac [18]. A cause de l'absence d'un profil bathymétrique, ce sont l'exploitation des données morphométriques disponibles sur le barrage, ainsi que les photos du barrage juste avant sa mise en eau, qui ont permis de choisir ce point.

Le zooplancton et les macroinvertébrés pélagiques sont collectés par des tractions verticales du fond du lac jusqu'à la surface à l'aide d'un filet cylindro-conique de 15 cm de rayon (R) et d'environ 1 m de hauteur, confectionné à partir d'une toile de soie à bluter dont les mailles rondes ont un diamètre de 65 µm [19]. L'épaisseur de la colonne d'eau (ECE) ainsi que le volume échantillonné (VE) calculé selon la formule (*) qui correspond au volume d'un cylindre de rayon R et de hauteur ECE, au point d'échantillonnage, au cours du cycle de l'étude est représenté au tableau 2.

$$VE = \pi \times R^2 \times ECE = 3,14 \times 0,0225 \times ECE \quad (*)$$

Pour enrichir d'avantage l'inventaire, nous avons procédé à la recherche des macroinvertébrés sur les rives droite et gauche de la retenue par le biais d'un échantillonneur de type « troubleau » de 600 µm de vide de maille et d'un diamètre de 30 cm ; l'échantillonnage se faisait par le parcours d'une distance d'environ 20 m par rive. Ce qui correspond à un volume échantillonné additionnel à celui de la colonne d'eau d'environ 1,413 m³ par rive.

Tableau 2 : Variation des caractéristiques hydro-morphologiques de la station barrage

| Mois | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juil. | Aoû. |
|----------------------|---|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| ECE (m) | 64,8 | 64,3 | 64,45 | 66,4 | 67,11 | 68,2 | 68,1 | 63,6 | 65,5 | 53,4 | 52,3 | 50 |
| VE (m ³) | 4,58 | 4,54 | 4,55 | 4,69 | 4,74 | 4,82 | 4,81 | 4,49 | 4,63 | 3,77 | 3,69 | 3,53 |
| Végétation rives | <i>Ceratophyllum</i> sp., <i>Myriophyllum</i> sp. et/ou nécromasse de plantes terrestres inondées | | | | | | | | | | | |
| Substrat rives | Blocs, galet, gravier, sable et/ou limon | | | | | | | | | | | |

ECE : Epaisseur de la colonne d'eau ; VE : volume échantillonné de la colonne d'eau

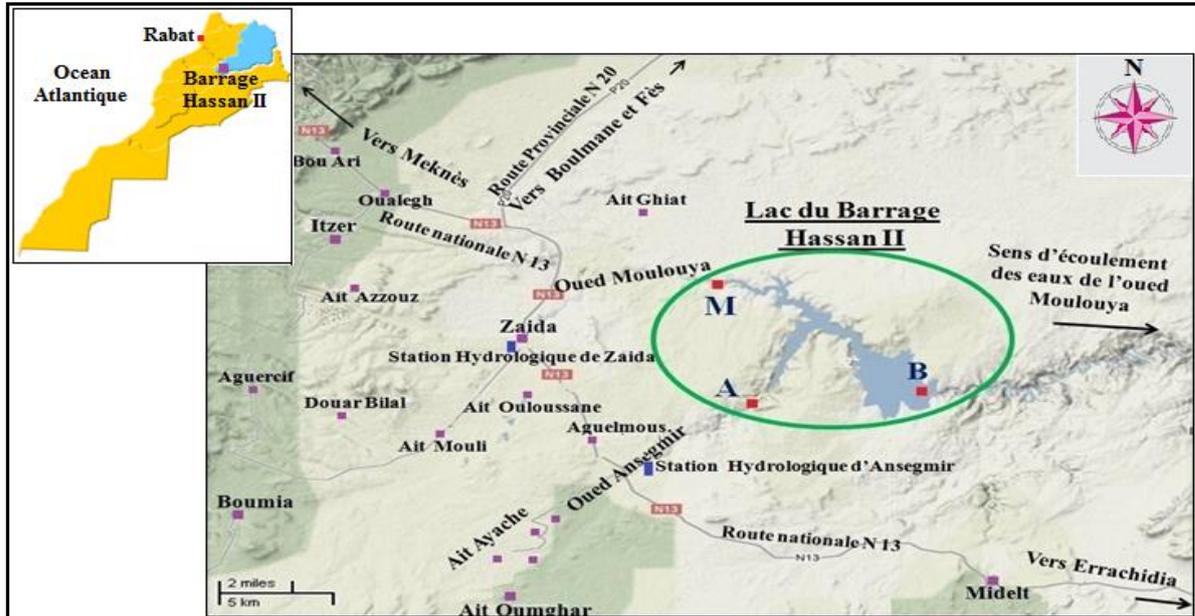


Figure 1: Localisation des stations d'échantillonnage au niveau du lac du barrage Hassan II et de ses affluents (Source modifiée: <http://earth.google.fr>).

• Les deux autres stations d'échantillonnage de la faune des deux affluents du barrage (oueds Moulouya et Ansegmir) sont choisies de telle façon qu'elles soient le plus près possible de l'embouchure des cours d'eau dans le lac du barrage, mais tout en restant en dehors de la zone d'influence de celui-ci. La première station nommée (M) (32° 51.585 N ; 004° 53.208 O ; Altitude : 1466,4 m) est localisée sur l'oued Moulouya et la seconde appelée (A) (32° 46.022 N ; 004° 52.882 O ; Altitude : 1421 m) est située sur l'oued Ansegmir (Figure 1).

Les caractéristiques hydro-morphologiques des stations sont rapportées dans le tableau 3. La vitesse en surface (Vs) de l'eau a été déterminée comme la distance parcourue par un flotteur rapportée au temps moyen (m/s). Le débit (Q) est estimé en multipliant la largeur moyenne du lit mouillé (Lm), la profondeur moyenne (Pm) et la vitesse de l'eau en surface (Vs).

Avant d'entamer l'échantillonnage au niveau de la station, cette dernière est tout d'abord prospectée depuis la berge. La portion du cours d'eau, où se sont effectués les prélèvements, est choisie de telle façon qu'elle soit représentative de l'hydro-morphologie de l'ensemble de la station en termes de diversité des habitats physiques.

Pour collecter les macroinvertébrés benthiques au niveau des deux stations Moulouya et Ansegmir nous avons utilisé un filet de type « Surber » pourvu d'une base de 0,05 m², et équipé d'un filet d'ouverture de maille de 500 µm. Chaque échantillon comporte 8 prélèvements effectués de l'aval vers l'amont dans des faciès différents. Chaque échantillon de la faune correspond à une surface de 0,4 m². La capture des imagos d'insectes par un échantillonneur de type « troubleau » est parfois indispensable pour confirmer la détermination des espèces.

Tableau 3 : Caractéristiques hydro-morphologiques des stations

| Mois | | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juil. | Aoû. |
|---------------------|----------------------|---|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|
| Station Moulouya | Lm (m) | 0,70 | 0,70 | 0,90 | 6,00 | 2,50 | 5,00 | 4,00 | 5,00 | 2,80 | 1,80 | | |
| | Pm (m) | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,80 | 0,65 | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 0,25 | 0,16 | | |
| | Vs(m/s) | 0,28 | 0,33 | 0,50 | 6,66 | 0,77 | 1,00 | 0,33 | 1,17 | 0,35 | 0,21 | Sec | Sec |
| | Q(m ³ /s) | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 32,0 | 1,25 | 2,50 | 0,40 | 1,76 | 0,25 | 0,06 | | |
| | Substrat | bloc, rochets, galet, gravier, sable et limon | | | | | | | | | | | |
| | Végétation | Typha sp., herbes et/ou algues filamenteuses | | | | | | | | | | | |
| Station Ansegmir | Lm (m) | 2,50 | 4,00 | 12,00 | 8,00 | 12,00 | 6,50 | 8,00 | 13,00 | 11,5 | 5,00 | 2,50 | |
| | Pm (m) | 0,20 | 0,20 | 0,40 | 1,00 | 0,40 | 0,30 | 0,35 | 0,50 | 0,48 | 0,30 | 0,40 | |
| | Vs (m/s) | 0,30 | 0,42 | 1,54 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,11 | 1,74 | 1,94 | 0,14 | 0,36 | Sec |
| | Q(m ³ /s) | 0,15 | 0,34 | 7,38 | 40,00 | 4,8 | 1,95 | 3,11 | 11,3 | 10,72 | 0,21 | 0,36 | |
| | Substrat | galet, gravier, sable et limon | | | | | | | | | | | |
| | Végétation | Juncus sp., herbes et/ou algues filamenteuses | | | | | | | | | | | |

Lm : Largeur moyenne du lit mouillé ; Pm : Profondeur moyenne du lit mouillé ; Vs : vitesse de l'eau en surface ; Q : Débit

2.3 Identification des macroinvertébrés

Après la pêche, nous avons procédé à un pré-tri et à la fixation des échantillons au formol à 4% pour le zooplancton et à 10 % pour les autres organismes ayant une taille supérieure à 500 µm. C'est une étape importante car elle permet de limiter les risques de détérioration de la faune.

Les échantillons sont transférés au Laboratoire de l'Equipe de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelle de la Faculté des Sciences de Meknès, là où ils sont triés sous une loupe binoculaire et séparés selon leur apparence morphologique. Ensuite, par un examen minutieux à la loupe binoculaire et/ou microscope optique, les taxons ont été déterminés à l'aide des clés d'identification, des ouvrages et des collections [20-29].

Les organismes identifiés ont été ensuite conservés dans des tubes à hémolyse étiquetés et contenant de l'alcool à 70 %.

3. Résultats

3.1 Inventaire des macroinvertébrés

L'ensemble des macroinvertébrés collectés sont déterminés jusqu'au rang du genre. L'atteinte de l'espèce est vérifiée pour certains taxons. L'inventaire faunistique regroupant les peuplements collectés dans les différentes stations d'échantillonnage est représenté dans la liste suivante.

3.2 Diversité de la faune collectée

La faune collectée totalise 12482 individus appartenant à 67 taxons (genres et espèces). Cette faune est répartie sur 37 familles et distribuée sur 3 groupes faunistiques (Arthropodes, Mollusques et Annélides). Les effectifs collectés fluctuent suivant les stations ; ils varient entre 2352 individus à la station Ansegmir et 5873 individus à la station barrage. Les résultats relatifs à la richesse taxonomique stationnelle montre des variations d'une station à une autre. Le nombre de taxons fluctue entre un minimum de 30 taxons (entre genres et espèces) récoltés à la station Ansegmir et un maximum de 43 taxons (entre genres et espèces) recueillis à la station Moulouya (Figure 2A).

Phylum: ARTHROPODES

Classe : INSECTES

Ordre : DIPTERES

- Famille : Ephydriidae
 - Genre : Ephydra
Ephydra sp.
- Famille : Culicidae
 - Genre : Anopheles
Anopheles sp.
 - Genre : Culex
Culex sp.
- Famille : Chironomidae
 - Genre : Chironomus
Chironomus sp.
 - Genre : Tanytarsus
Tanytarsus sp.
- Famille : Tabanidae
 - Genre : Tabanus
Tabanus sp.
- Famille : Limoniidae
 - Genre : Dicranomyia
Dicranomyia sp.

Ordre: EPHEMEROPTERES

- Famille : Baetidae
 - Genre: Baetis
Baetis fuscatus (Linnaeus, 1761)
Baetis rhodani (Pictet, 1843)
Baetis pavidus (Grandi, 1949)
Baetis sp.
 - Genre: Cloeon
Cloeon dipterum (Linnaeus, 1761)
 - Genre: Centropilum
Centropilum sp.
 - Genre: Procloeon
Procloeon sp.
 - Genre: Acentrella
Acentrella sinaica (Bogoescu, 1931)
Acentrella sp.
- Famille : Caenidae
 - Genre: Caenis
Caenis luctuosa (Bürmeister, 1839)
Caenis sp.
- Famille : Heptageniidae
 - Genre: Epeorus
Epeorus sylvicola (Pictet, 1865)
 - Genre: Rhithrogena
Rhithrogena sp.

Ordre : COLEOPTERES

- Famille : Haliplidae
 - Genre: Haliplus
Haliplus sp.
- Famille : Dytiscidae
 - Genre: Coelambus
Coelambus sp.
 - Genre: Laccophilus
Laccophilus sp.
 - Genre: Agabus
Agabus sp.
 - Genre: Ilybius
Ilybius fuliginosus (Fabricius, 1792)

- Famille : Gyrinidae
 - Genre: Gyrinus
Gyrinus sp.
- Famille : Hydrophilidae
 - Genre: Laccobius
Laccobius sp.
- Famille : Noteridae
 - Genre: Noterus
Noterus laevis (Sturm, 1834)

Ordre : ODONATES

- Famille : Coenagrionidae
 - Genre: Coenagrion
Coenagrion sp.
 - Genre: Ischnura
Ischnura saharensis (Aguesse, 1958)
Ischnura sp.
- Famille : Aeschnidae
 - Genre: Aeschna
Anax sp.
Aeschna sp.
- Famille : Libellulidae
 - Genre: Sympetrum
Sympetrum sp.
 - Genre: Orthetrum
Orthetrum sp.
- Famille : Calopterygidae
 - Genre: Calopteryx
Calopteryx sp.
- Famille : Platycnemididae
 - Genre: Platycnemis
Platycnemis subdilata (Selys, 1849)

Ordre : HETEROPTERES

- Famille : Nepidae
 - Genre: Nepa
Nepa cinerea
Nepa sp.
- Famille : Notonectidae
 - Genre: Notonecta
Notonecta sp.
 - Genre: Aphelocheirus
Aphelocheirus aestivalis (Fabricius, 1794)
- Famille : Naucoridae
 - Genre: Naucoris
Naucoris sp.
- Famille : Corixidae
 - Genre: Micronecta
Micronecta sp.
 - Genre : Corixa
Corixa sp.
- Famille : Gerridae
 - Genre: Gerris
Gerris sp.
- Famille : Pleidae
 - Genre: Plea
Plea leachi (McGregor & Kirkaldy 1899)

Ordre : TRICHOPTÈRES

- Famille : Ecnomidae
 - Genre: Ecnomus
Ecnomus deceptor (McLachlan, 1884)
- Famille : Hydropsychidae

- Genre: Hydropsyche
Hydropsyche maroccana (Navás, 1936)
Hydropsyche sp.
- Classe: CRUSTACES**
- Ordre: COPEPODES**
 - Famille : Cyclopidae
 - Genre: Acanthocyclops
Acanthocyclops robustus (Sars, 1863)
Acanthocyclops sp.
 - Genre: Tropocyclops
Tropocyclops prasinus (Fischer, 1860)
- Ordre: CLADOCERES**
 - Famille : Bosminidae
 - Genre: Bosmina
Bosmina longirostris (Müller, 1785)
 - Famille : Daphniidae
 - Genre: Daphnia
Daphnia longispina (Müller, 1776)
Daphnia lumholtzi (Sars, 1885)
Daphnia sp.
 - Genre: Ceriodaphnia
Ceriodaphnia dubia (Richard, 1894)
 - Famille : Sididae
 - Genre: Diaphanosoma
Diaphanosoma brachyurum (Liévin, 1848)

Phylum : ANNELIDES

Classe OLIGOCHAETA

Ordre HAPLOTAXIDE

- Famille : Tubificidae

- Genre : Tubifex
Tubifex tubifex (Müller, 1774)
- Classe: HIRUDINEA**
- Ordre: ARHYNCHOBDELLAE**
 - Famille : Hirudidae
 - Genre : Hirudo
Hirudo medicinalis (Linnaeus, 1758)
Hirudo sp.
- Ordre : RHYNCHOBDELLAE**
 - Famille : Glossiphoniidae
 - Genre: Glossiphonia
Glossiphonia sp.

Phylum : MOLLUSQUES

Classe : GASTEROPODES

Ordre : PROSOBRANCHIA

- Famille : Melaniidae
 - Genre : Melanopsis
Melanopsis praemorsa (Linnée, 1758)

Ordre : PULMONATA

- Famille : Physidae
 - Genre : Physa
Physa acuta (Draparnaud, 1805)
- Famille : Planorbidae
 - Genre : Planorbis
Planorbis sp.
- Famille : Lymnaeidae
 - Genre : Lymnaea
Lymnaea sp.

L'analyse de l'ensemble du peuplement récolté durant la période d'étude, montre que les insectes sont numériquement les plus inventoriés et représentent la portion la plus élevée au niveau de la zone d'étude (59,57%). Les Crustacés viennent en deuxième position avec un pourcentage de 29,47% de la faune totale, suivis des Mollusques (6,33%). Les Annélides restent le groupe faunistique le moins abondant (4,63%) (Figure 2B).

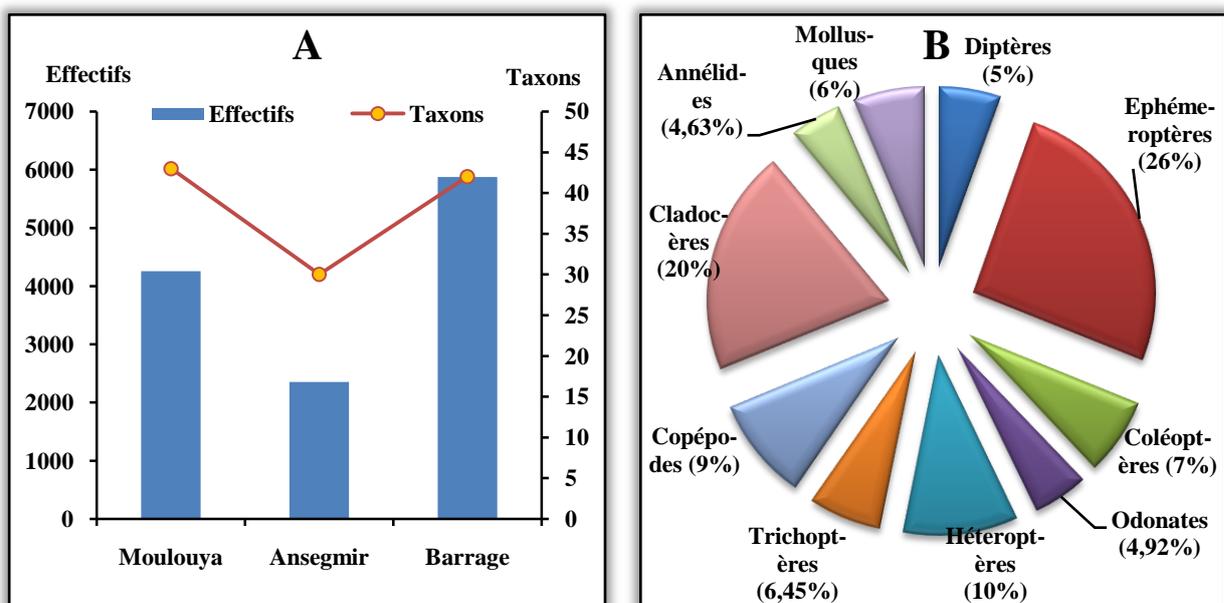


Figure 2: Abondance, richesse taxonomique (A) et Structure (B) de la faune collectée

3.4 Diversité des grands groupes de de la faune collectée

• Diptères

L'effectif des Diptères inventoriés au niveau des stations étudiées s'élève à 671 individus, soit 5,38 % de la faune totale collectée. *Chironomus* sp. et *Tanytarsus* sp. en représentent la portion la plus importante (Figure 3A). L'abondance en ces organismes est remarquable au lac du barrage et à l'oued Moulouya (Figure 3B). Cet ordre est représenté essentiellement par deux familles : Chironomidae (Absent à la station Ansegnmir) et Culicidae (Absent aux stations Moulouya et Ansegnmir).

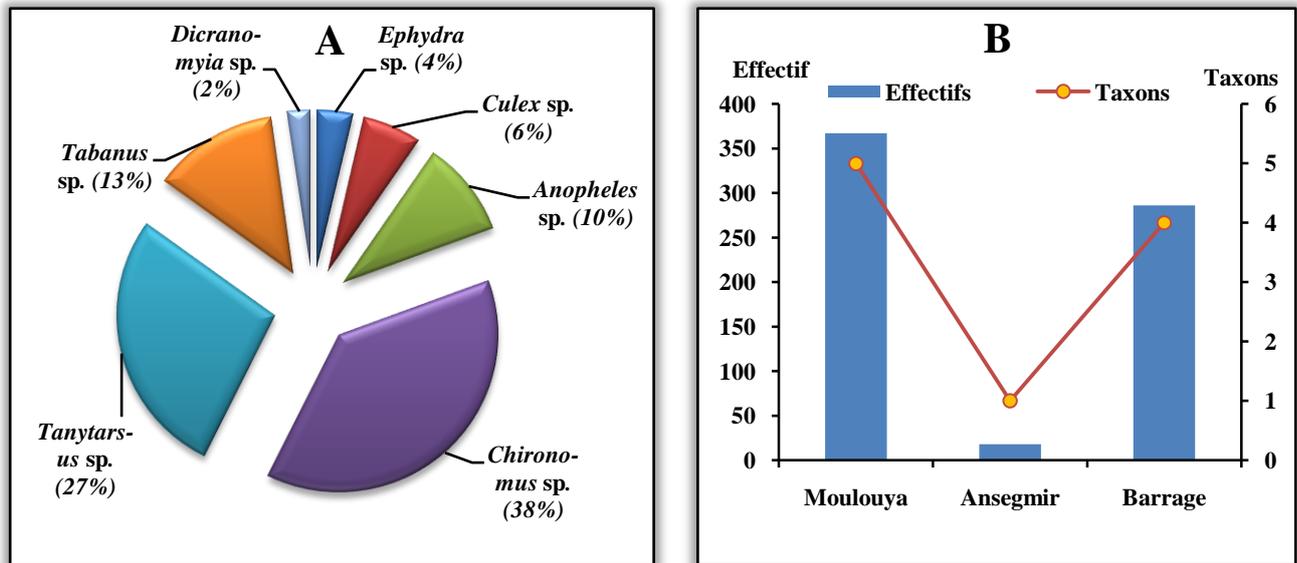


Figure 3: Structure (A) et répartition (B) des Diptères

• Ephéméroptères

Au cours de la période d'étude, 3213 individus d'Ephéméroptères sont collectés ; ce qui représente 25,74% de la faune totale recueillie. De ce fait, cet ordre est le plus abondant de la faune totale. La famille des *Baetidae* constitue 78% des Ephéméroptères inventoriés, *Baetis rhodani* représente à elle seule 15% des Ephéméroptères rassemblés (Figure 4A). La pullulation de ces organismes est observée à la station d'Ansegnmir (Figure 4B).

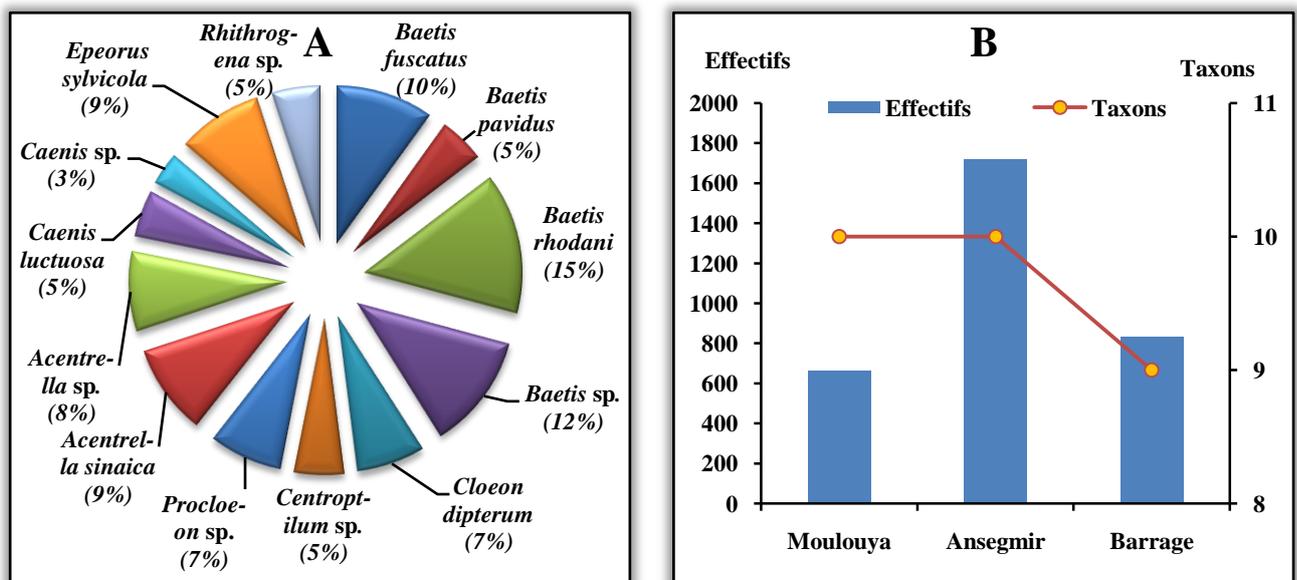


Figure 4: Structure (A) et répartition (B) des Ephéméroptères

• Coléoptères

Ce groupe d'organismes est représenté par huit taxons appartenant à cinq familles dont la plus dominante est celle des Dytiscidae qui totalise 418 individus, soit 49% des Coléoptères inventoriés. Cette famille est

représentée par *Coelambus* sp. ; *Laccophilus* sp. ; *Agabus* sp. et *Ilybius fuliginosus* (Figure 5A). Les effectifs importants sont collectés à la station Moulouya et les plus faibles à la station barrage (Figure 5B).

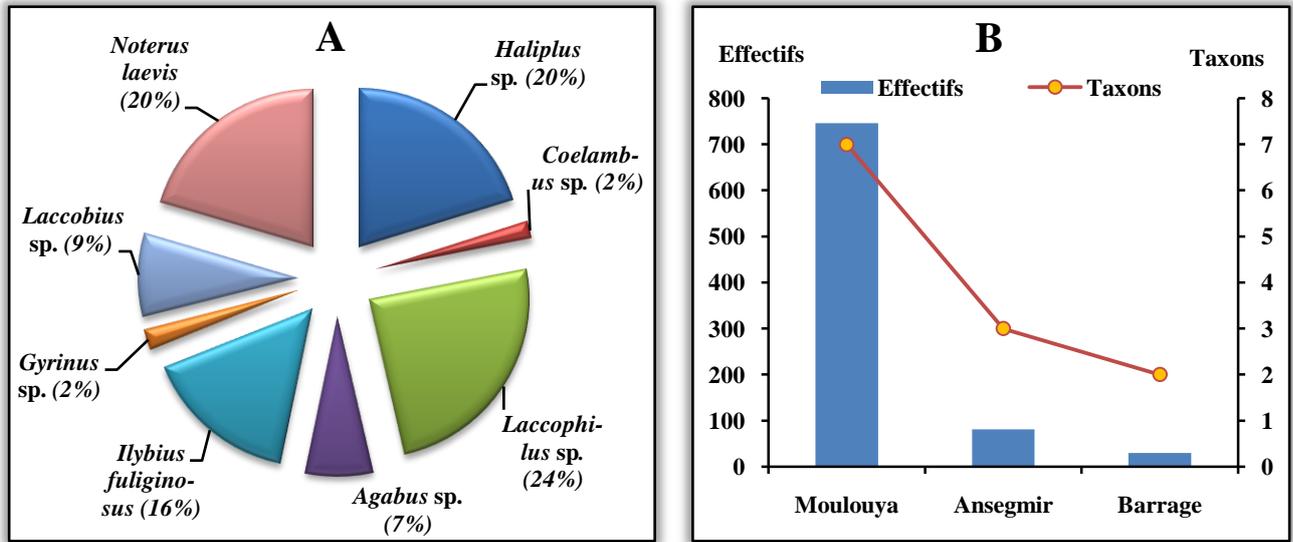


Figure 5: Structure (A) et répartition (B) des Coléoptères

• **Odonates**

Les odonates rencontrés dans le barrage Hassan II et ses affluents représentent 4,92% de la faune totale collectée. Cet ordre est composé de cinq familles dont la plus importante est celle des Calopterygidae (Figure 6A). A la station d'Ansegmir nous assistons à une faible abondance en effectifs mais la richesse taxonomique est y importante (7 taxons (genre ou espèce)) (Figure 6B).

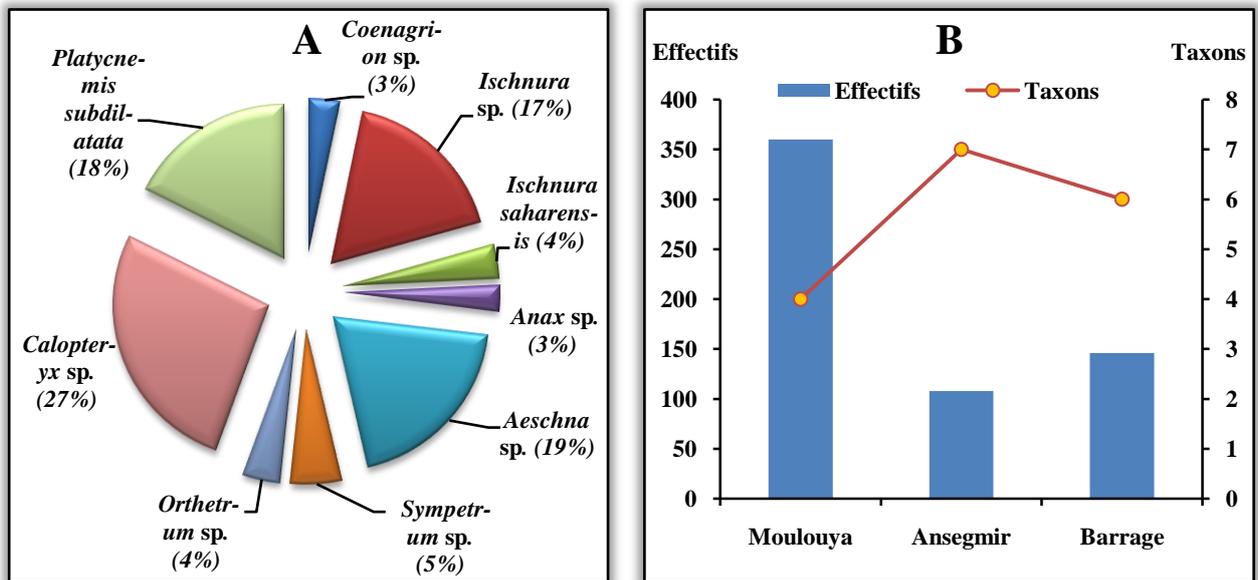


Figure 6 : Structure (A) et répartition (B) des Odonates

• **Hétéroptères**

De point de vue abondance, les Hétéroptères viennent en deuxième position après les Ephéméroptères (1276 individus collectés soit 10,22% de la faune totale). Cet Ordre est composé de neuf taxons (genre ou espèce) appartenant à six familles dominées par celle des Corixidae qui représente à elle seule 62% des Hétéroptères collectés (*Micronecta* sp. et *Corixa* sp.) (Figure 7A). Les effectifs et la diversité taxonomique (genre ou espèce) sont plus importants à la station Moulouya (Figure 7B).

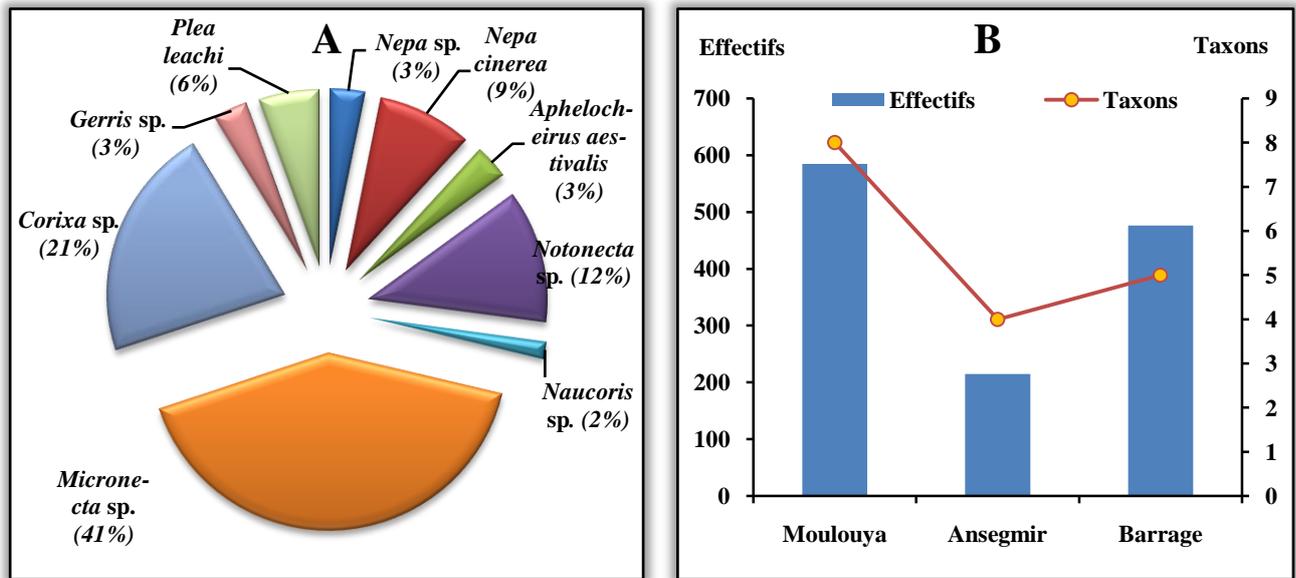


Figure 7 : Structure (A) et répartition (B) des Hétéroptères

• **Trichoptères**

Cet ordre représente 6,45% de la faune totale collectée. Il est composé de trois taxons appartenant à deux familles : Hydropsychidae et Ecnomidae. Une espèce endémique du Maroc *Hydropsyche maroccana* représente 20% en terme d'effectif d'individus de cet ordre (Figure 8A). La diversité taxonomique (genre ou espèce) est importante au lac du barrage par rapport aux deux autres stations, alors que les effectifs importants sont collectés de la station Moulouya (Figure 8B).

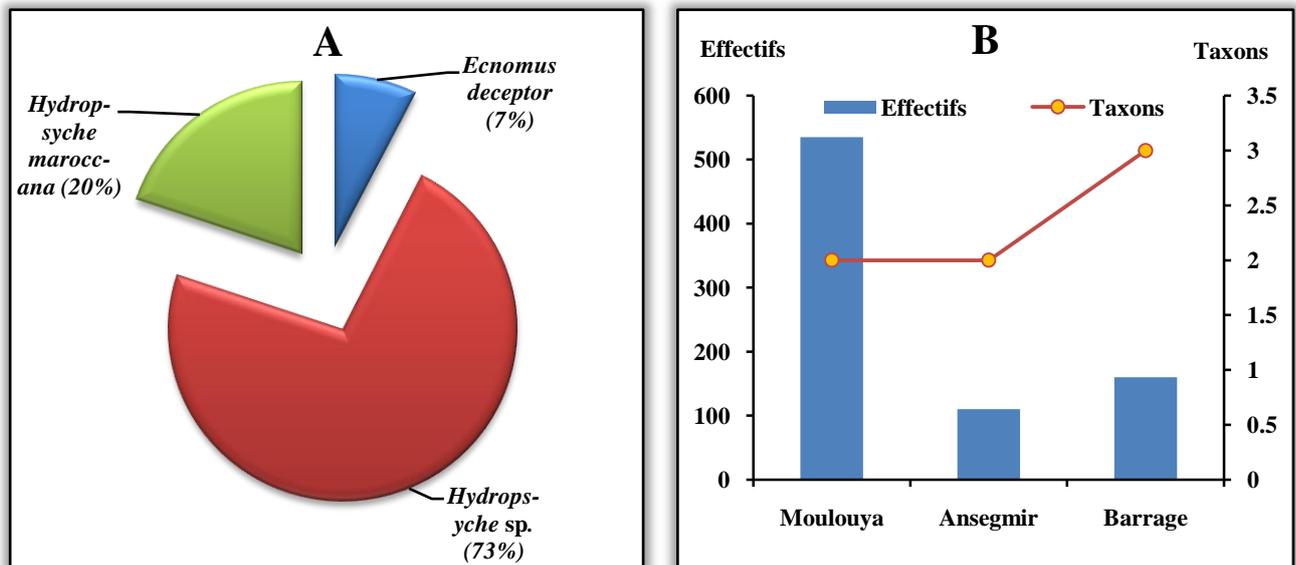


Figure 8 : Structure (A) et répartition (B) des Trichoptères

• **Copépodes**

Ces Crustacés sont collectés seulement au lac du barrage (Figure 9B), ils sont représentés par la seule famille des Cyclopidae, dominée par le genre *Acanthocyclops* (70%) (Figure 9A).

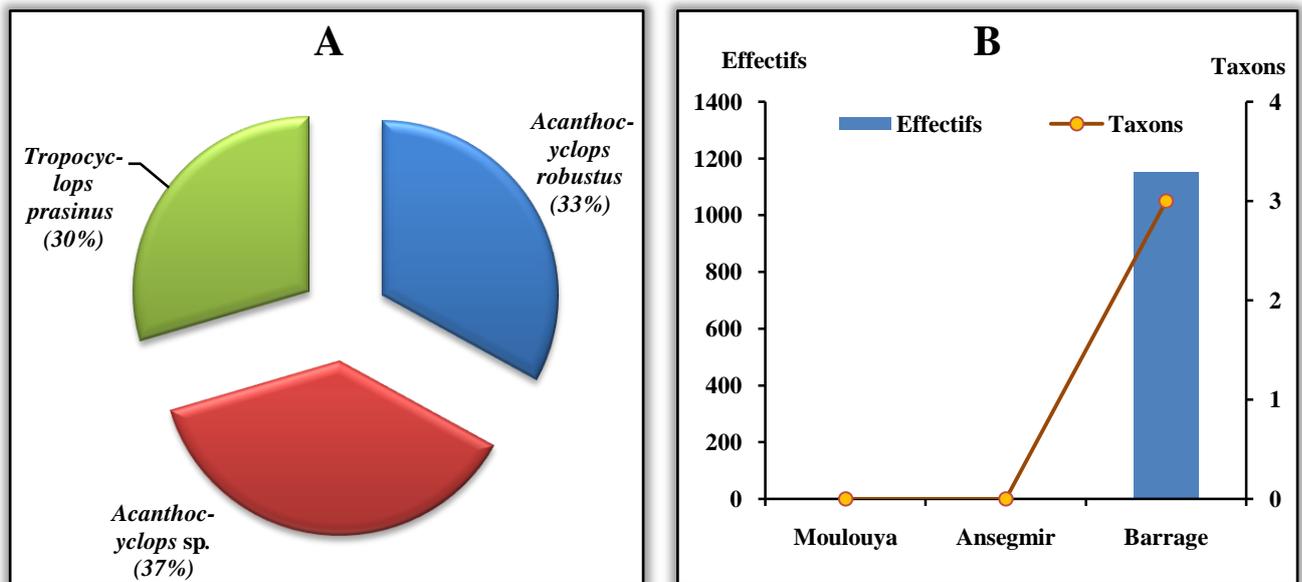


Figure 9 : Structure (A) et répartition (B) des Copépodes

• Cladocères

Comme pour les Copépodes, les Cladocères ne sont inventoriés qu'au lac du barrage (Figure 10B) ; ils constituent une portion importante de la totalité de la faune collectée et en représentent 20,25%. Cet ordre est dominé par la famille des Daphniidae qui en constitue 80% (Figure 10A).

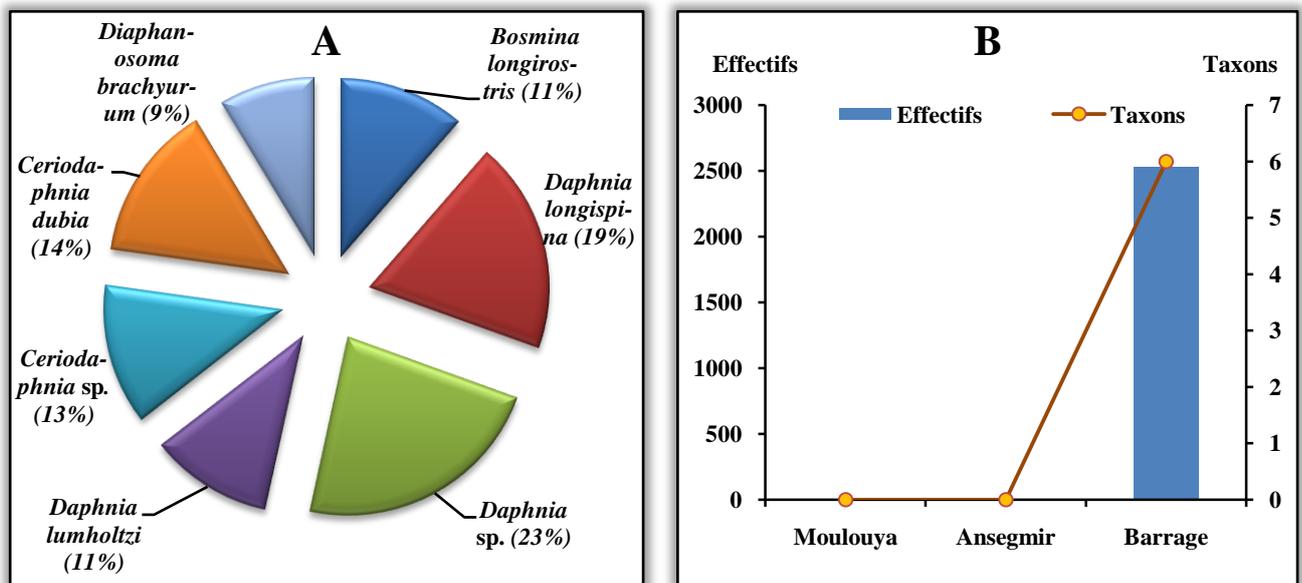


Figure 10 : Structure (A) et répartition (B) des Cladocères

• Annélides

Ce groupe est représenté seulement par 578 individus, soit 4,63% de la population totale. De ce fait, ils constituent la frange la moins inventoriée. Les Annélides collectés se composent de quatre taxa dominés par la famille des Hirudidae (53%) (Figure 11A). L'effectif important de ces organismes est collecté de la station Moulouya ; cependant, ils sont absents à la station d'Ansegmir (Figure 11B).

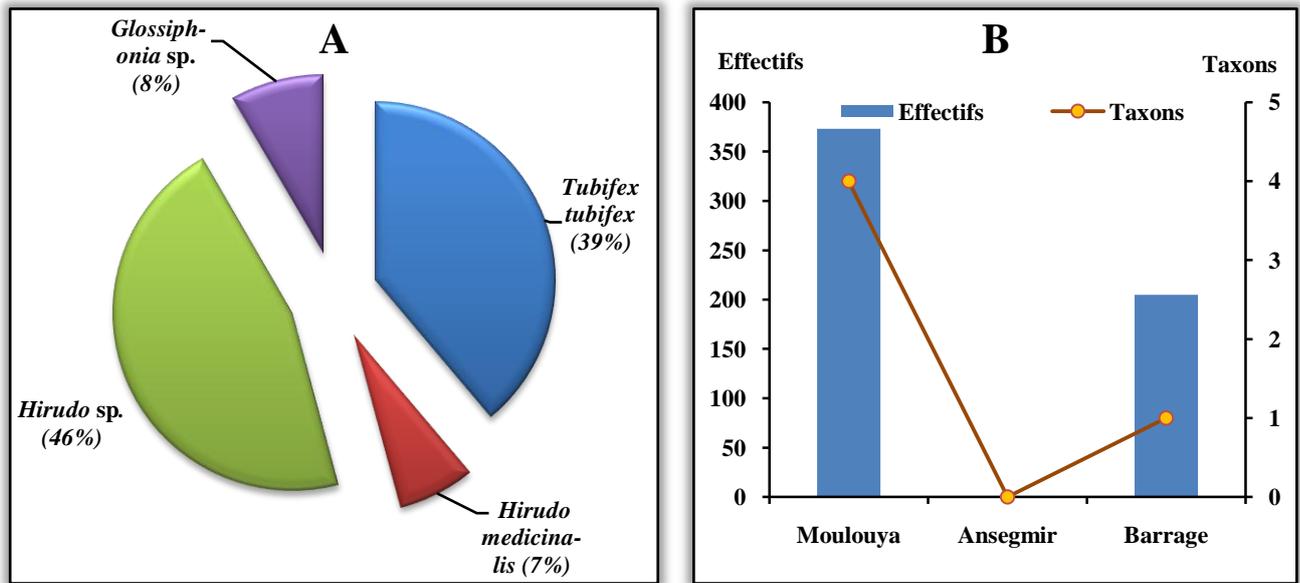


Figure 11 : Structure (A) et répartition (B) des Annélides

• Mollusques

Avec 790 individus, les Mollusques représentent 6,33% de la faune globale collectée. Ce groupe se compose de quatre taxons (genre ou espèce) et il est dominé par *Physa acuta* qui en représente 78% (Figure 12A) ; le genre *Lymnaea* est récolté dans la seule station d'Ansegmir. Les Mollusques sont présents dans toutes les stations ; toutefois, leur abondance est plus marquée au niveau de la station Moulouya (Figure 12B).

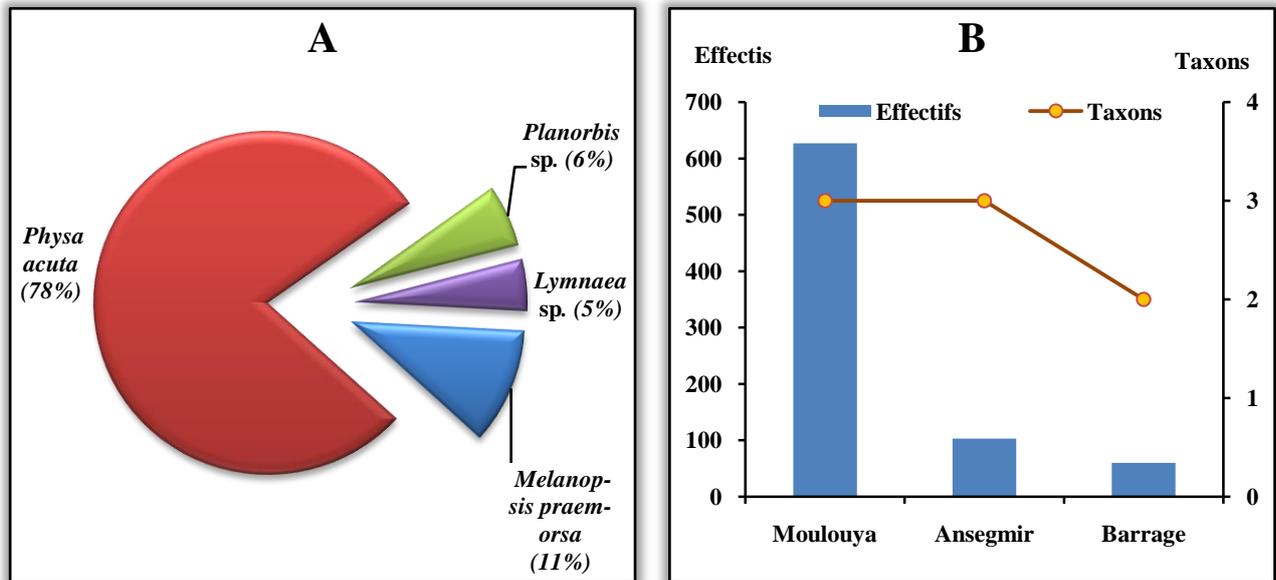


Figure 12 : Structure (A) et répartition (B) des Mollusques

4. Discussion

La macrofaune collectée dans le barrage Hassan II et ses affluents est composée de 67 taxons répartis en 13 ordres, 37 familles et 54 genres. Cette macrofaune appartient à trois groupes zoologiques dont celui des Arthropodes qui constitue 81,1% des familles et 87% des genres récoltés.

Le peuplement des macroinvertébrés benthiques récoltés, montre l'absence totale des Plécoptères qui, selon [30,31], se limitent aux seules eaux courantes bien oxygénées des hautes altitudes.

Les Diptères sont essentiellement constitués par les Chironomidés connue comme des polluo-résistants. Ces organismes sont absent à la station d'Ansegmir et ils sont récoltés des deux autre stations : Moulouya et barrage. Ces deux stations sont vraisemblablement sujettes à une pollution organique. En effet, l'oued Moulouya, en amont du barrage, reçoit annuellement des déversements estimés à environ 404000 m³ d'eaux usées soient environ 458 tonnes de DBO₅ [32]. Les culicidés collecté au niveau du barrage (*Anopheles sp.* et

Culex sp.) doivent attirer l'attention des autorités sanitaires chargées de la surveillance des gîtes de croissance des moustiques présentant un risque pour la santé humaine (risque du paludisme).

La pullulation des Ephéméroptères au niveau de l'oued Ansegmir pourrait être expliquée par leur caractère thermophile. En effet, les eaux de cet oued étaient plus chaudes que celles de l'oued Moulouya [33]. *Baetis* est le genre le plus abondant et le plus fréquent dans les oueds étudiés. Sowa [34] a noté une répartition large de ce genre en Pologne.

Les effectifs importants en Coléoptères sont collectés à la station Moulouya, résultat probable de paramètres favorables à la prolifération de ces organismes qui, selon [20], colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation. Le faible débit de l'oued Moulouya et la richesse en végétation semblent être les caractères clés pouvant expliquer cette abondance.

La faune odonatologique est récoltée dans les trois stations, avec une nette abondance au niveau de l'oued Moulouya. Le lac du barrage y fournit des habitats complémentaires et a permis l'implantation d'un genre (*Anax*) absent au niveau des autres stations. Dans la présente étude, et à l'échelon du bassin hydraulique de la Moulouya, un nouveau genre (*Aeschna*) est collecté à la station Moulouya. Ce genre n'a pas été trouvé par des études précédentes [11-13]. Les genres *Platynemis*, *Ischnura*, *Orthetrum* sont également collectés par Ben Moussa dans une étude récente sur l'oued Khoumane [10].

Le nombre d'individus collectés en Hétéroptères au niveau de la station Ansegmir est faible. Cet ordre est dominé par la famille des *Corixidae* recueillis essentiellement dans le lac du barrage et la station Moulouya. Ce résultat est attendu puisque ces organismes montrent une préférence envers les eaux calmes et en bordure des cours d'eau peu rapide [35], caractéristiques régnantes dans ces deux stations.

Les Trichoptères recueillis sont essentiellement représentés par les *Hydropsychidae*. La distribution spatiale met en évidence l'importance numérique de cet ordre à la station Moulouya. Ce taxon, selon Haouchine [36], est eurytherme et présente une large répartition altitudinale. Le genre *Hydropsyche* est collecté dans les trois stations, mais à un degré moindre au niveau du barrage. Ce genre, selon Verneaux et Faessel [37], constitue un élément fréquent, souvent abondant dans le benthos des eaux courantes. Une espèce endémique du Maroc est isolée au niveau des trois stations : *Hydropsyche maroccana*.

Le groupe des Annélides est numériquement le moins inventorié. Toutefois, ces organismes sont abondants au niveau de la station Moulouya et absents à la station Ansegmir. *Tubifex tubifex* recueillie à la seule station de Moulouya est la seule espèce appartenant à la classe des oligochètes. Ces dernières peuplent souvent des milieux aquatiques riches en matière organique [38].

La prolifération et la répartition des Mollusques dans les eaux continentales sont principalement conditionnées par la teneur en calcium, la nature du substrat, la vitesse du courant d'eau, le type et la présence/absence de la végétation [20]. Dans la présente étude, les Mollusques sont essentiellement représentés par *Physa acuta*, collectée au niveau des trois stations, avec une nette dominance à la station Moulouya. *Planorbis* et *Lymnaea* ont une faible importance numérique ; le premier genre est collecté dans la station Moulouya, et le second dans la station Ansegmir. La collecte de *Lymnaea* dans ce dernier site incite les autorités sanitaires à mener des séances d'éducation, d'information et de communication auprès de la population riveraine pour la sensibiliser sur les risques sanitaires que peut engendrer l'usage des eaux de l'oued Ansegmir pour la baignade.

Au niveau du lac du barrage, le zooplancton a présenté des variations de l'abondance au cours du cycle étudié ; il semble difficile d'isoler les causes qui expliquent la variation de cette abondance, bien que, parfois, certains facteurs abiotiques, tels que les précipitations, le vent ou la turbidité, ont été identifiés en tant que facteurs influençant l'évolution saisonnière du zooplancton [39]. Pehlivanov [40] a ajouté que l'augmentation de lâchers de l'eau a pour conséquence une diminution de l'abondance du zooplancton dans les réservoirs. La prédation du zooplancton par les poissons du lac pourrait également constituer un facteur influençant leur densité [41].

Les Copépodes et Cladocères sont collectés seulement dans le lac du barrage ; ce qui souligne leur forte spécialisation et leur faible degré d'euryécie. Les Cladocères sont connus pour leur majorité comme des filtreurs [21], et c'est ce qui pourrait expliquer le résultat trouvé par Chahboune [42] concernant la coïncidence de la phase des eaux claires au lac du barrage avec l'envahissement de ce biotope par le zooplancton.

Le copépode *Acanthocyclops robustus* figure parmi les crustacés collectés dans le lac du barrage. Il s'agit d'une espèce cosmopolite, Dussart [43] affirme que cette espèce est très tolérante. Au Maroc, Lindberg [44] l'a signalé pour la première fois à Aguelmame Azegza, à Sidi Bouknadel et au lac de barrage de l'oued Mellah dans la plaine du Gharb. Dumont et De Craemer [45] l'ont cité à Aguelmame Sidi Ali au Moyen Atlas.

Comme il a été cité par Alaoui [46] et par Mokhliss [47] dans la retenue du barrage Al Massira, et par Derraz dans le réservoir Sahela [48]. Armengol [49] signale aussi cette espèce dans la plupart des plans d'eau espagnols.

Daphnia longispina figure parmi les plus abondants cladocères inventoriés. Elle a été trouvée également par Alaoui [46] et par Mokhliss [47] dans la retenue du barrage Al Massira. De tel résultat a été également rapporté par Chrifi et Loudiki à Bin El Ouidane [50] et par Derraz [48] dans le réservoir Sahela.

Diaphanosoma brachyurum est l'espèce des cladocères qui vient en deuxième position après *Daphnia longispina* ; elle est récoltée essentiellement en été, résultat expliqué par le fait que cette espèce est connue sténotherme et ne survit qu'à une température de 20 à 25 °C [51]. Au Maroc, Dumont *et al.* [52] ont présenté cette espèce comme le seul cladocère évoluant en grand nombre et fortement rassemblé en surface. Cette espèce est collectée par Pont et Amrani [53] dans le réservoir oligotrophe Sainte-Croix, Sud de la France.

A titre comparative, les peuplements de l'oued Ansegmir sont nettement moins diversifiés comparativement avec ceux de l'oued Moulouya. La pauvreté taxonomique signalée dans cet oued reflète un déséquilibre du peuplement qui traduit vraisemblablement les effets perturbateurs s'opposant à l'implantation durable d'habitats propices au développement larvaire des macroinvertébrés, liés aux travaux de construction du barrage Tamaloute en amont. En effet, la diversité spécifique et le développement des communautés d'invertébrés aquatiques dépendent notamment de la diversité et de la stabilité des habitats [54], définissant l'hétérogénéité des niches écologiques [55].

Conclusion

Ce travail de recherche constitue une contribution à la connaissance des macroinvertébrés peuplant le lac du barrage Hassan II et ses affluents. En effet, cet inventaire revêtira une importance capitale non seulement sur le plan de l'enrichissement de l'inventaire régional et national de la biodiversité aquatique mais également sur le plan de la recherche des biotopes naturels et artificiels présentant des potentialités favorisant l'installation de certaines espèces d'hôtes intermédiaires de certaines maladies.

La faune totale collectée s'élève à 12482 individus, appartenant à 37 Familles, et à 67 taxons correspondant à 3 groupes faunistiques (Annélides, Mollusques, Arthropodes). Le peuplement récolté est dominé par les insectes (59,57%), suivis des crustacés qui représentent 29,47% de la faune totale. Les mollusques viennent en troisième position (6,33%). Les annélides restent le groupe faunistique le moins abondant (4,63%).

Agé de 9 ans, le lac du barrage continu encore à constituer un biotope favorable pour le développement et la mise en place de nouveaux taxons spécifiques des lacs, comme c'est le cas des cladocères et des copépodes qui représentent 62,62% de la faune totale collectée dans le barrage. La faune de la station Moulouya est représentée par 4257 individus, appartenant à 43 taxons. Cette faune est dominée par les Chironomidae, les Hydropsychidae, les Tubificidae et les Physidae, taxons connus comme des pollueurésistants. Le nombre d'individus collectés dans la station Ansegmir est de l'ordre de 2352, répartis sur 30 taxons et dominé par l'ordre des Epheméroptères qui sont des organismes thermophiles.

Remerciements

Nous remercions Bassou CHAHBOUNE pour sa très forte contribution et collaboration lors des missions sur le terrain. Nous sommes très reconnaissants au Professeur Adel KHARROUBI de l'Institut Supérieur des Sciences et Techniques des Eaux (Gabès, Tunisie) pour le temps alloué à la correction de cet article, merci pour vos critiques et conseils constructifs.

Références

1. McCall P. L. & Soster F. M. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47 (1990) 1996.
2. Amyot M. Pinel-Alloul B. & Campbell P. G. C. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51 (1994) 2003.
3. Aziko J., Gallouli E., Badsji H., Ouladali H., El hafa M., Regragui A., Saadi A., Aamiri A. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2467.
4. Thomas, J.D. *Journal of Natural History.* 27 (1993) 795.
5. Qninba A., El Agbani M.A., Dakki M. & Benhoussa A. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 12 (1988) 149.
6. El Agbani M.A., Dakki M. & Bournaud, M. *Bulletin d'Ecologie*, 23 (1-2) (1992) 103.
7. Fekhaoui M., Dakki M. et El Agbani M. A. *Bull. Inst. Sci. Rabat.* 17 (1993) 21.
8. Chahlou A., Ramdani M. & Zaid A. *Tropicicultura.* 14 (3) (1996) 94.
9. Errochdi S., El Alami M., Vinçon G., Abdaoui A. & Ghamizi M. *Zootaxa*, 3838 (1) (2014) 46.
10. Ben moussa A, Chahlaoui A, Rour E., Chahboune M. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1) (2014) 183.
11. Berrahou A., Cellot B., Richoux P. *Ann. Limnol.* 37 (3) (2001) 223.
12. Lamri D. et Belghyti D. *sciencelib.* 3 (2011) 1.
13. Melhaoui M, Boudot JP. Diagnostic de la biodiversité aquatique dans le Bassin hydraulique de la Moulouya. Projet ABHM/UICN. Rapport d'expertise. UICN Med, (2009).
14. Direction des Aménagements hydrauliques, Maroc. Compte rendu de la visite d'inspection du barrage Hassan II. 2008.

15. Chahboune M., Chahlaoui A., Zaid A. *Afrique SCIENCE*. 10(2) (2014) 199.
16. Amrani A., El Wartiti M., Marini A., Zahraoui M. et Naitza L. *Téledétection*, 5 (2006) 379.
17. Rhanem M. *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, 3 (2009) 1.
18. Barbe J, Lafont M, Mouthon J, Philippe M. Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau. (2003).
19. Lamotte M. et Bourlière F. Problèmes d'écologie : L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Édit. MASSON, Paris, (1971).
20. Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P. Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, Ecologie. CNRS Editions, Paris, (2000).
21. Amoros C. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales Françaises. Crustacés Cladocères. Extrait du Bulletin de la société Linneenne de Lyon. Tome 53, fascicule 3 et 4 (1984).
22. Dethier M. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales Françaises. Insectes. Extrait du Bulletin de la société Linneenne de Lyon. Tome 54, fascicule 10 et tome 55, fascicule 1 et 6 (1985- 1986).
23. Richoux P. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales Françaises. Coléoptères aquatiques. Extrait du Bulletin de la société Linneenne de Lyon. Tome 51, fascicules 4, 8 et 9 (1985).
24. Dussart B., Calanoides et Harpaticoides, in : Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale, vol. 1, Boubée et Cie, Paris (1967).
25. Dakki M., Etude National sur la biodiversité Faune aquatique continentale (Invertébrés et Poissons). Projet PNUE/GEF/6105-92. (1992).
26. Dommanget, J. L., Atlas préliminaire des Odonates de France. Etat d'avancement au 31/12/1993. Coll. Patrimoines Nationaux, Vol. 1,6.- Paris SEF/MNHN, SFO et Min. Env. (1994).
27. Martin, M., Ait Boughrou, A., Guide taxonomique des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb. Volume 12 (2012).
28. Poisson, R., Hétéroptères aquatiques. Faune de la France, 61 (1957).
29. Moisan, J., Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. (2006).
30. Giudicelli, J. et M. Dakki. *Bijdragen tot die Dierkunde*. 54 (1984) 83.
31. Chergui, H., G. Chavanon, A. Berrahou et M. Melhaoui. *Bull. Inst. Sci. Rabat*. 14 (1990) 51.
32. ABHM. Agence du bassin hydraulique de la Moulouya. Étude du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin de la Moulouya (PDAIRE), Mission II, Développement des ressources en eau du Bassin. (2009).
33. Chahboune M., Chahlaoui A., Zaid A. *J. Bio. & Env. Sci.* 4 (2) (2014) 278.
34. Sowa R. *Acta Hydrobiol.* 17 (3) (1975) 223.
35. Poisson R. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 107 (1938) 81.
36. Haouchine S. & Lounaci A. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 137(1-4) (2012) 133.
37. Verneaux, J., Faessel, B., *Annls Limnol.* 12 (1976) 7.
38. Echaubard M. et Neveu A. Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truite, la Couse Pavin (PUY-DE-DOME), dues aux pollutions agricoles et urbaines. Lab. De Zool. Biol. Animal et écologique. INA-INRA (1975).
39. Dejen E., J. Vijverberg, L.A.J. Nagelkerke, F.A. *Hydrobiologia* 513 (2004) 39.
40. Pehlivanov L. *Fish. Manage. Ecol.* 7 (1-2) (2000) 115.
41. Reys-Marchant P., Taleb H. et Lair N. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25 (1994) 2153.
42. Chahboune M., Chahlaoui A., Zaid A., Ben moussa A. *J. Mater. Environ. Sci.* 4 (6) (2013) 1019.
43. Dussart, B. Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome II : Cyclopoïdes et Biologie. Boubée N. éd., Paris. (1969).
44. Lindberg, K. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc.* 30 (1950) 23.
45. Dumont R.J. & De Craemer W. *Hydrobiologia.* 52(2-3) (1977) 257.
46. Alaoui L., Agoumi A., Moncef M., Mokhliss K. *Hydroécol. Appl.* 12 (1-2) (2000) 183.
47. Mokhliss K., Moncef M., Alaoui L. *Hydroécologie Appliquée.* 13(2) (2001) 175.
48. Derraz K., El Alami R., Atiki I. et Alaoui-Mhamdi M. *Revue des sciences de l'eau.* 15 (1) (2002) 111.
49. Armengol J. *Oecologica aquatiqua*, 3 (1978) 3.
50. Cherifi O. et Loudiki M. *Revue des sciences de l'eau.* 15 (1) (2002) 193.
51. Tifnouti A., Pourriot R., Rougier C. *Ann. Limnol.* 29 (1) (1993) 3.
52. Dumont H.J., Miron J., Dall'Asta U., Decraemer W. *Int. Rev. Gesammt. Hydrobiol.* 58 (1) (1973) 33.
53. Pont P., Amrani J. *Hydrobiologia.* 207 (1990) 259.
54. Ward J.V. & Stanford J.A. Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams : 35-55, in Ward J.V. & Stanford J.A. (eds) : *The ecology of regulated streams*. Plenum, New York. (1979).
55. Malmqvist B. & Otto C. *Oikos.* 48 (1987) 33.