



## **Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc (Taxonomic diversity and structure of benthic macrofauna of surface water of Khoumane River. Moulay idriss Zerhoun, Morocco)**

**Ben moussa A\*, Chahlaoui A, Rour E., Chahboune M.**

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

*Received 10 July 2013, Revised 29 Sept 2013, Accepted 29 Sept 2013.*

*\* Corresponding Author: alidoctorant@gmail.com; alidosya@yahoo.fr; Tel : (212) 0611933736.*

### **Abstract**

Macroinvertebrates of the Khoumane River were studied from samples collected monthly from August 2010 to July 2011. The fauna recorded in this work is composed of 17 124 individuals corresponding to 40 families and 60 taxa belonging to three faunistic groups (annelids, molluscs, arthropods). The number of benthic population showed that Oligochaeta, Diptera, Heteroptera, Trichoptera and Ephemeroptera are dominant. Coleoptera, Odonata, Plecoptera and the crustaceans are only a small fraction of the total fauna. Taxa *Tubifex tubifex*, *Hydropsyche*, *Physa acuta*, *Chironomus* sp. and *Micronecta* sp. are numerically more inventoried. The values of the Normalized Global Biological Index ranked the upstream water of the river in the category of good quality water and its downstream water into the category of mediocre quality water. Analysis of the structure biotypologique by Correspondence Factor Analysis the Khoumane River shows that the more we advance downstream, the more we are seeing a decrease or disappearance of taxa polluo-sensitive such as Plecoptera and Ephemeroptera. The opposite, settled for polluo-tolerant taxa such as Chironomidae and Oligochaeta. The results obtained in this study show an alarming situation of water quality of the Khoumane River and especially in its downstream segment. To address this problem, we recommend the development of the thermal spring Ain Hamma Moulay Idriss and purifying of wastewater before to discharge into the river.

*Keywords:* Khoumane River, Macroinvertebrates, Biotypology, Quality

### **Résumé**

Les macroinvertébrés de l'oued khoumane ont été étudiés à partir des prélèvements réalisés mensuellement entre août 2010 à juillet 2011. La faune recensée dans ce travail se compose de 17124 individus correspondant à 40 Familles et à 60 taxons appartenant à 3 groupes faunistiques principales (Annélides, Mollusques, arthropodes). L'effectif du peuplement benthique a montré que les Oligochètes, les Diptères, les Hétéroptères, les Trichoptères et les Éphéméroptères sont dominants. Les Coléoptères les Odonates les Plécoptères et les Crustacés ne constituent qu'une faible fraction de la faune totale. Les taxons *Tubifex tubifex*, *Hydropsyche*, *Physa acuta*, *Chironomus* sp, *Micronecta* sp sont les plus numériquement inventoriés. Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé ont classé les eaux en amont de l'oued dans la catégorie des eaux de qualité bonne et les eaux de son aval dans la catégorie des eaux de qualité médiocre. L'analyse de la structure biotypologique, par Analyse Factorielle des Correspondances, de l'oued khoumane montre que plus on avance vers l'aval, plus nous assistons à une diminution voire une disparition des taxons polluo-sensible tel que les Plécoptères et les Éphéméroptères. L'inverse, s'installe pour les taxons polluo-tolérants comme les Chironomidae et les Oligochètes. Les résultats obtenus dans cette étude font ressortir une situation alarmante de la qualité des eaux de l'oued khoumane et surtout dans son tronçon aval. Pour remédier à ce problème, nous recommandons un aménagement de la source thermale Ain Hamma Moulay Idriss et un réseau d'assainissement des eaux usées brutes adéquat.

*Mots clés :* Oued khoumane, Macroinvertébrés, Biotypologie, Qualité.

### **Introduction**

L'évaluation de la qualité de l'eau est souvent réalisée à l'aide de méthodes « classiques » de mesure d'une série de paramètres physico-chimiques que l'on compare par la suite à des normes ou des critères de qualité éprouvés. Cette approche a montré leur utilité mais aussi a ses limites [1].

Afin de mesurer les effets de la pollution de l'eau, Cette approche classique, paramètres physico-chimiques, peut être complétée par un suivi biologique qui consiste à utiliser des organismes vivants (indicateurs biologiques), par exemple des microorganismes, des plantes ou des animaux. Parmi ces indicateurs, les macroinvertébrés sont à la base de différents indices biotiques (L'indice de Shannon-Wiener, l'Indice Biologique Global Normalisé, l'équitabilité, Le score BMWP (Biological Monitoring Working Party), l'indice de diversité de Simpson...) et sont objets de plusieurs études hydrobiologiques [2, 3, 4, 5, 6]. En effet, la notion d'intégrité ou santé des écosystèmes nécessite de prendre en compte simultanément les paramètres chimiques, physiques et biologiques [7].

Les Macroinvertébrés benthiques sont des organismes animaux visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs [8]. Ils constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux [8,9]. Les macroinvertébrés participent activement dans la transformation de la matière organique (décomposition des feuilles, bois,...).

Les études faunistiques (invertébrés benthiques), écologique (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et, d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes [10, 11, 12, 13, 14].

Les macroinvertébrés sont de bons bioindicateurs en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat [15], et reflètent particulièrement bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement.

A l'oued khoumane, situé au niveau du bassin versant de Sebou, ces Macroinvertébrés benthiques sont non connus et non étudiés auparavant malgré les travaux menés dans quelques rivières voisines tels que la rivière de Boufekrane [3,16-5], d'Ouislane [5] et la rivière de Bouishak [5], ruisseaux soumis à une importante pollution organique due à leur localisation en zone fortement urbanisée. Afin de combler cette lacune, nos investigations ont porté sur l'oued khoumane, un cours d'eau relativement anthropisé situé dans la région de Moulay Idriss Zerhoun, afin d'établir un premier inventaire faunistique de référence pour les milieux aquatique de cette région.

## **2. Matériel et méthodes**

### *2.1 Zone d'étude et stations de prélèvement*

La ville de Moulay Idriss Zerhoune qui abrite le sanctuaire du fondateur de la dynastie des idrissides, Idriss Premier, est situé à 25 Km de Meknès. Bâtie sur le piton rocheux dominant la vallée de l'oued Khoumane et la plaine de l'ancienne ville romaine de Volubilis. Cette dernière est caractérisée par un climat semi-aride type continental chaud en été et froid en hiver.

L'oued Khoumane traverse du sud-est à l'ouest la ville de Moulay Idriss Zerhoun. Il constitue le drain le plus menacé dans la région de Moulay Idriss Zerhoun. Il coule de l'amont vers la ville en recevant les apports des petits oueds, surtout en hiver, en provenance des montagnes et des terrains environnants, et des apports d'un nombre considérable de source naturelle, dont la plus importante est la source thermale Ain Hamma Moulay Idriss [température moyenne ( $30,90 \pm 1,57$  °C) et salinité moyenne de l'ordre de  $2228,25 \pm 159,27$  mg/l [17]. Au cours de son passage au voisinage de la ville de Moulay Idriss Zerhoune ; il reçoit de plus de polluants menaçant sa qualité: eaux domestiques de la ville, effluents de l'abattoir, margines, lixiviats des décharges sauvages, déchets solides de différentes nature, effluents des élevages et agricoles, etc.

L'oued khoumane joue le rôle d'évacuateur des eaux rejetées par un réseau d'assainissement défaillant de la ville. Il constitue donc un risque permanent et inquiétant pour l'environnement et la santé des populations environnantes. En effet, ses eaux sont utilisées dans l'abreuvement du cheptel, l'irrigation des cultures, la baignade et dans les autres activités de la population. De plus, les eaux de l'oued pourraient s'infiltrer et contaminer les eaux de la nappe souterraine.

Pour réaliser et mener à bien cette étude, sept stations ont été choisies sur le lit de l'oued en tenant compte d'un certain nombre de critères tel que l'accessibilité, sens d'écoulement, sources de pollution, etc. (figure 1).

S1 : située plus en amont, cette station a été choisie comme point de référence,

S2 : située en amont immédiat de la zone de la confluence de l'oued avec les eaux thermales minéralisées de la source Ain Hamma Moulay Idriss.

S3 : située en aval immédiat de la zone de la confluence de l'oued avec les eaux thermales minéralisées de la source Ain Hamma Moulay Idriss.

S4 : elle reçoit d'une part les eaux résiduaires rejetées par un premier exutoire important et d'autre part, les lixiviats et les déchets des décharges publiques non contrôlées.

S5 : les eaux de ce site reçoivent en plus des eaux usées domestiques, les effluents d'élevage.

S6 : se situe juste en aval du dernier exutoire important des eaux usées (aval de la ville). Ces eaux reçoivent donc la totalité des rejets polluants accumulés depuis l'amont.

S7 : se situe plus en aval de l'oued et de la ville historique volubilis.



**Figure 1:** Situation des stations d'échantillonnage. (Source carte : <http://earth.google.fr> ; avec modifications)

## 2.2 Échantillonnage et analyses

### 2.2.1 Technique d'échantillonnage

Au début de notre étude, une prospection préliminaire a été réalisée le long de l'oued pour choisir et définir les sites d'échantillonnage. Au moment de chaque campagne de prélèvement, la date, le numéro, les caractéristiques de chaque station et les différents supports (micro-habitats) qui le composent (pierres, sable, végétation aquatique, etc.) ont été notés avec soin.

Pour l'étude quantitative, les Macroinvertébrés benthiques de l'oued khoumane ont été prélevés dans 7 stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7), en 12 campagnes entre août 2010 et juillet 2011 selon une fréquence mensuelle, à l'aide un échantillonneur de type « Surber » dans les milieux lotiques équipé d'un filet d'ouverture de maille de 500  $\mu\text{m}$  et pourvu d'une base de surface de 1/20  $\text{m}^2$ . L'échantillonneur de type « troubleau » a été utilisé pour l'étude qualitative dans les milieux lenticles [3].

### 2.2.2 Pré-tri et conservation des échantillons

Sur le terrain, les organismes capturés, sont déposés dans une bassine blanche avec de l'eau pour faciliter leur mobilité ainsi leur capture et aussi afin d'éliminer les éléments les plus grossiers (vases, pierres, galets, fragments du bois et feuilles des végétaux). Le pré-tri est une opération importante, elle permet de limiter les risques de détérioration de la faune et de réduire le volume d'échantillon à fixer et donc celui du récipient. A l'aide des pinces entomologiques, nous avons procédé à introduire délicatement ces organismes dans des récipients en plastiques contenant du formol 10 % et ceci pour les fixer [18]. Chaque échantillon conservé dans un récipient adapté est ramené au laboratoire pour tri, détermination et analyse.

### 2.2.3 Tri et Identification des macroinvertébrés benthiques au laboratoire

Au laboratoire, les échantillons conservés dans des récipients étiquetés par station sont rincés abondamment à l'eau claire sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (5 à 0,2 mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...) [5, 6]. Le contenu des tamis est ensuite

versé dans une bassine puis transvasé dans des béciers de 50cc pour les trier et les identifier. En manipulant délicatement les organismes, à l'aide de pinces fines dans des boîtes de pétri, le tri et l'identification est faite sous la loupe binoculaire. Ce même outil ainsi qu'un microscope optique ont servi à la détermination et au comptage des organismes (nombre total de taxons recensés, nombre d'individus par taxon). Après cette identification, ces organismes sont transvasés délicatement, à l'aide des pinces entomologiques, dans des récipients contenant de l'alcool à 85% [19]. À l'exception de certains macroinvertébrés déterminés jusqu'à l'espèce, les autres individus (en raison des difficultés de détermination qu'ils présentaient pour nous) ont été identifiés au niveau du genre. Les organismes pris en considération se trouvent sous forme larvaire, nymphe, imago et adulte. Les fourreaux et/ou coquilles vides ne sont pas comptabilisés. La détermination des spécimens récoltés est réalisée en faisant appel à des ouvrages, collections et clés de détermination des macroinvertébrés [20-24,14, 25-30].

#### 2.2.4 Analyses de la structure du peuplement par l'étude de l'Indice Biologique Générale Normalisé

L'Indice Biologique Générale Normalisé (I.B.G.N) est déterminé grâce aux relevés des invertébrés aquatiques (insectes adultes, nymphes et larves ou vers, mollusques....) présents sur un tronçon de cours d'eau. Pour chaque station, l'échantillon d'invertébrés est constitué de prélèvements effectués séparément dans des habitats distincts.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Structure de la communauté benthique

Le présent recensement vise essentiellement à établir un inventaire aussi complet que possible des différents taxons pouvant être rencontrés dans les eaux de ce système aquatique et permettrait ainsi d'enrichir la liste de la biodiversité marocaine.

##### 3.1.1 Inventaire des macroinvertébrés

L'inventaire faunistique établi (liste ci-dessous), regroupe la répartition des peuplements dans les différentes stations d'échantillonnage :

Phylum : ANNÉLIDES

Classe : OLIGOCHETES

Ordre : HAPLOTAXIDES

□ Famille : Lumbricidae

● Genre : Eiseniella

*Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826)

□ Famille : Tubificidae

● Genre : Tubifex

*Tubifex Tubifex* (O. F. Müller, 1774)

□ Famille : Haplotaxidae

● Genre : Haplotaxis

*Haplotaxis sp.*

Classe : HIRUDINÉES

Ordre : RHYNCHOBDELLAE

□ Famille : Glossiphoniidae

● Genre : Glossiphonia

*Glossiphonia complanata* (Linnaeus, 1758)

● Genre : Helobdella

*Helobdella sp.*

Ordre : ARHYNCHOBDELLAE

□ Famille : Hirudidae

● Genre : Hirudo

*Hirudo medicinalis* (Linnaeus, 1758)

Phylum : MOLLUSQUES

Classe : GASTEROPODES

Ordre : PULMONATA

□ Famille : Physidae

● Genre : Physa

*Physa acuta* (Draparnaud, 1805)

□ Famille : Planorbidae

● Genre : Planorbis

*Planorbis sp.*

Ordre : PROSOBRANCHES

□ Famille : Viviparidae

● Genre : Viviparus

*Viviparus sp.*

Phylum: ARTHROPODES

Sous Phylum: CRUSTACÉS

Classe : MALACOSTRACÉS

Ordre : AMPHIPODES

□ Famille : Gammaridae

● Genre : Gammarus

*Gammarus sp.*

Classe : INSECTES

Ordre : PLÉCOPTÈRES

□ Famille : Capniidae

● Genre: Capnia

*Capnia sp.*

● Genre: Capnioneura

*Capnioneura sp.*

Ordre : TRICHOPTÈRES

□ Famille : Hydropsychidae

● Genre: Hydropsyche

*Hydropsyche sp.*

Ordre : HÉTÉROPTÈRES

□ Famille : Corixidae

● Genre: Corixa

*Arctocorixa sp.*

● Genre: Corixa

*Corixa sp.*

● Genre: micronecta

*Micronecta sp.*

□ Famille : Veliidae

● Genre: Microvelia

*Microvelia sp.*

□ Famille : Notonectidae

● Genre: Notonecta

*Notonecta sp.*

□ Famille : Gerridae

● Genre: Gerris

*Gerris sp.*

□ Famille : Pleidae

● Genre: Plea

*Plea leachi* (Kirkaldy, 1899)

Ordre : COLÉOPTÈRES

□ Famille : Dytiscidae

● Genre : Laccophilus

*Laccophilus sp.*

● Genre : Agabus

*Agabus sp.*

● Genre : Ilybius

*Ilybius sp.*

● Genre : Hydrovatus

*Hydrovatus sp.*

□ Famille : Haliplidae

● Genre : Peltodytes

*Peltodytes sp.*

□ Famille : Gyrinidae

● Genre : Gyrinus

*Gyrinus urinator* (Illiger, 1807)

□ Famille : Noteridae

- Genre : Noterus  
*Noterus sp.*
- Famille : Hydrophilidae
  - Genre : Enochrus  
*Enochrus sp.*
  - Genre : Hydrochara  
*Hydrochara sp.*
  - Genre : Laccobius  
*Laccobius gracilis* (Motschulsky, 1855)
  - Genre : Berosus  
*Berosus sp.*
  - Genre : Coelostoma  
*Coelostoma sp.*
- Famille : Elmidae
  - Genre : Elmis  
*Elmis sp.*
- Famille : Hygrobiidae
  - Genre : Hydrobia  
*Hydrobia sp.*
- Ordre : EPHÉMÉROPTÈRES
  - Famille : Baetidae
    - Genre: Baetis  
*Baetis rhodani* (Pictet, 1843)  
*Baetis fuscatus* (Linnaeus, 1761)
    - Genre: Centroptilum  
*Centroptilum sp.*
    - Genre: Procloeon  
*Procloeon sp.* (Pictet, 1843)
    - Genre: Acentrella  
*Acentrella sinaica* (Bogoescu, 1931)
  - Famille : Caenidae
    - Genre: Caenis  
*Caenis luctuosa* (Bürmeister, 1839)
  - Famille : Potamanthidae
    - Genre: Potamanthus  
*Potamanthus sp.*
  - Famille : Heptageniidae
    - Genre: Epeorus  
*Epeorus sp.*
    - Genre: Rhithrogena  
*Rhithrogena sp.*
  - Famille : Taeniopterygidae
    - Genre: Brachyptera  
*Brachyptera sp.*
  - Famille : Leptophlebiidae
    - Genre: Leptophlebia  
*Leptophlebi sp.*
- Ordre : DIPTÈRES
  - Famille : Chironomidae
    - Genre : Chironomus  
*Chironomus sp.*
    - Genre : Tanytarsus  
*Tanytarsus sp.*
  - Famille : Tabanidae
    - Genre: Tabanus  
*Tabanus sp.*
  - Famille : Simuliidae
    - Genre: Prosimulium  
*Prosimulium sp.*
    - Genre: Simulium

- *Simulium sp.*
  - Famille: Ptychopteridae
    - Genre : Ptychoptera
    - *Ptychoptera sp.*
  - Famille : Stratiomyidae
    - Genre : Stratiomys
    - *Stratiomys sp.*
- Ordre : ODONATES
  - Famille : Corduliidae
    - Genre: Oxygastra
    - *Oxygastra sp.*
  - Famille : Gomphidae
    - Genre: Gomphus
    - *Gomphus sp.*
  - Famille : Libellulidae
    - Genre: Libellula
    - *Libellula sp.*
    - Genre: Orthetrum
    - *Orthetrum sp.*
  - Famille : Coenagrionidae
    - Genre: Ischnura
    - *Ischnura sp.*
  - Famille : Lestidae
    - Genre: Sympecma
    - *Sympecma sp.*
  - Famille : Cordulegasteridae
    - Genre: Cordulegaster
    - *Cordulegaster sp.*
  - Famille : Plactycnemididae
    - Genre: Platycnemis
    - *Platycnemis sp.*

### 3.1.2 Abondance quantitative des groupes faunistiques :

Au total, 17124 individus appartenant à 40 Familles et à 60 taxons correspondant à 3 groupes faunistiques (Annélides, Mollusques, arthropodes). Cette abondance fluctue suivant les stations, varie entre 441 individus et 6298 individus (figure 2). Ces variations spatiales pourraient être attribuées aux diverses influences que subit le milieu et aux aussi à la nature des différents habitats. En effet, un cours d'eau perturbé peut créer des conditions défavorables pour certains organismes (polluosensibles) laissant la place ainsi à d'autres organismes plus tolérants (polluoresistants).

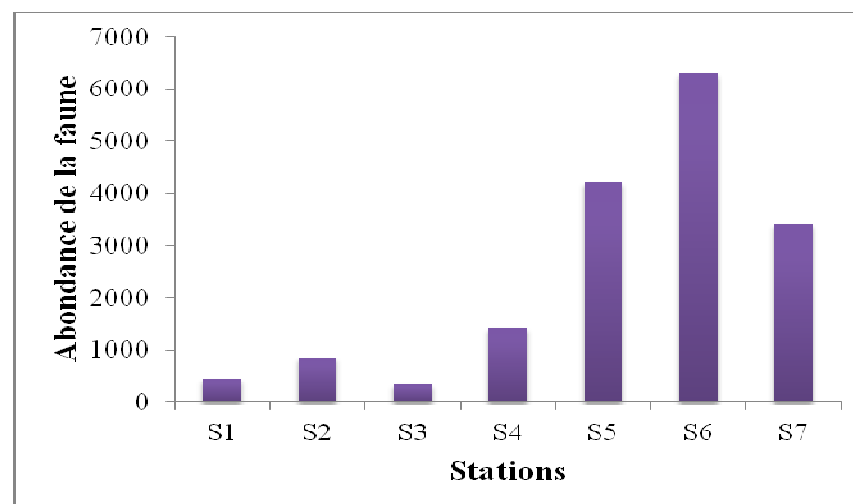


Figure 2: Distribution de la faune globale dans les eaux des stations étudiées

L'analyse de l'ensemble du peuplement récolté durant la période d'étude, montre que les insectes sont numériquement les plus inventoriés et représentent le pourcentage le plus élevé au niveau de l'oued khoumane (64,2%) suivi par les Annélides (23%), les Mollusques (12,5%) et enfin les crustacés, groupe le moins (0,3%) (figure 3).

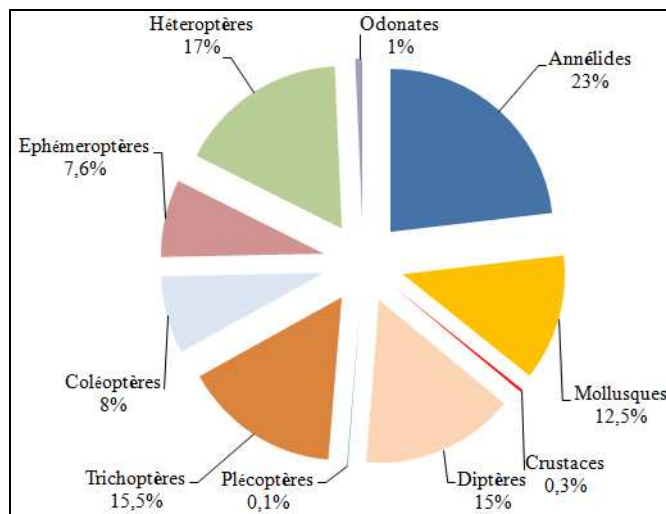


Figure 3 : Abondance de la faune globale dans les eaux des stations étudiées

A titre comparative, les peuplements de l'oued khoumane sont nettement moins diversifiés comparativement avec d'autres cours d'eau, notamment ceux de l'oued de Sebou [31], de l'oued Boufekrane [3,16, 5], de l'oued Boureg Reg [32] et d'Ouislane [5, 16]. Ceci pourrait être lié aux facteurs naturels et/ou anthropiques influençant ce cours d'eau. En effet, le déversement des eaux thermales de la source Ain Hamma Moulay Idriss, ainsi que les rejets domestiques dans l'oued pourraient, sans doute, contribuer considérablement à l'installation de conditions particulières (globalement défavorable) à la présence d'un peuplement très diversifié, caractéristique de ce cours d'eau.

### 3.1.3 Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique

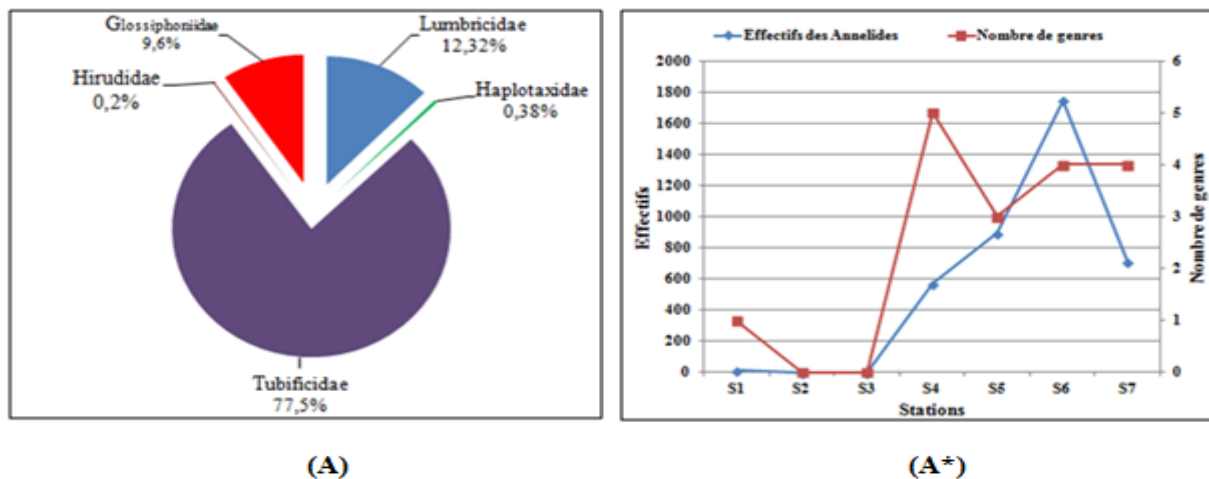
Les stations amont (S1 et S2) ont une structure assez équilibrée avec des abondances annuelles variant entre 441 individus (S1) et 856 individus (S2). La station S3 (plus minéralisée avec une température d'eau moyenne d'ordre de  $24,84 \pm 6,42$ ) affectée directement par les eaux thermales de la source Ain Hamma Moulay Idriss; a une structure déséquilibrée avec une abondance moins importante (d'environ de 349 individus); seules quelques macroinvertébrés (essentiellement les Odonates), peut être, adaptés à ce biotope prolifèrent. Quant aux sites les plus affectés par la pollution organique (S4, S5, S6 et S7), ils ont une structure déséquilibrée avec prolifération des oligochètes, Chironomides et Simuliides qui supportent la pollution organique. Ainsi, les stations d'aval ont des abondances annuelles qui varient entre 1424 individus (S4) et 6298 individus (S6). Comme déjà noté par Tachet et al., 2006 [8], le phénomène de l'anthropisation de l'oued, pourrait être à l'origine d'une disparition des taxons polluo-sensibles et de la prolifération des groupes polluo-tolérants tels que les Chironomidae.

#### • ANNÉLIDES

D'après nos résultats, les annélides sont représentés dans l'oued khoumane par 3936 individus, soit 23% de la faune récoltée. Ils appartiennent à cinq familles : les Lumbricidae, Haplotaxidae, Tubificidae, Hirudidae et les Glossiphoniidae (figure 4(A)). Dans ce groupe d'organismes, les Tubificidae sont dominants avec 3060 individus de *Tubifex tubifex* (77,5% des Annélides), ils correspondent à 17,87% de la faune totale récoltée. Les Lumbricidae, avec 476 individus d'*Eiseniella* (12,32% des Annélides) forment 2,78% du peuplement. Les Glossiphoniidae (9,6% des Annélides) sont représentés par deux genres : *Helobdella* et *Glossiphonia*. Quant aux Hirudidae et les Haplotaxidae, ils sont faiblement représentés et ne contiennent respectivement que 0,2% et 0,38%.

La figure 4(A\*), représente le développement longitudinal des Annélides le long de l'oued. Elle montre que ces invertébrés se développent favorablement dans les stations situées en aval de l'oued (S4, S5, S6 et S7). Ce résultat est vraisemblablement lié à la présence des matières organiques, facteurs favorables à la prolifération de ces organismes. Dans ces quatre stations, les *Tubifex tubifex* sont les plus dominants, avec un pic maximal en S6 (site le plus pollué de l'oued).



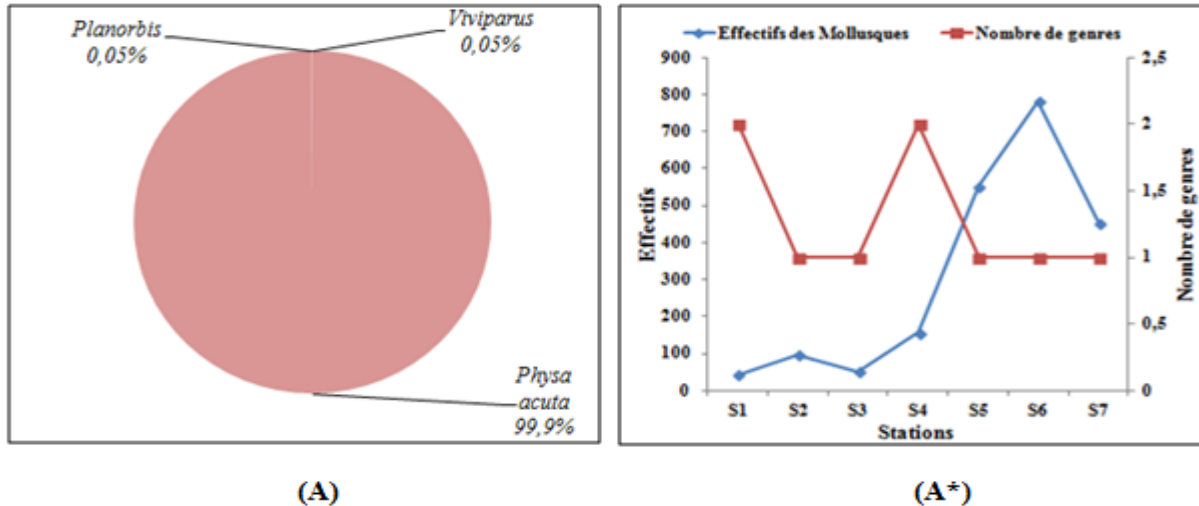


**Figure 4:** Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Annélides dans l’oued khoumane.

• **MOLLUSQUES**

D’après la littérature, la végétation, la teneur en calcium, la nature du substrat et la vitesse du courant d’eau contribuent considérablement dans la répartition et la prolifération des mollusques dans les eaux continentales [5,8-12]. Dans l’oued khoumane, 2140 individus (soit 12,49% de la faune totale récoltée) appartenant 3 familles et 3 genres ont été collectés : Physidae (*Physa* sp.), Planorbidae (*Planorbis*) et Viviparidae (*Viviparus*). Les Physidae sont dominant et comptent 2138 individus (99,9% des mollusques) et représenté par un seul genre *Physa*. Les autres familles, Planorbidae (*Planorbis* sp.) et Viviparidae (*Viviparus* sp.) ont une très faible importance numérique (figure 5(A)).

La répartition longitudinale des mollusques (figure 5(A\*)) montre que leur prolifération semble plus importante surtout dans les stations en aval et que l’espèce *Physa acuta* est la plus dominante et occupe toutes les eaux de l’oued.



**Figure 5 :** Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Mollusques dans l’oued khoumane

• **CRUSTACÉS**

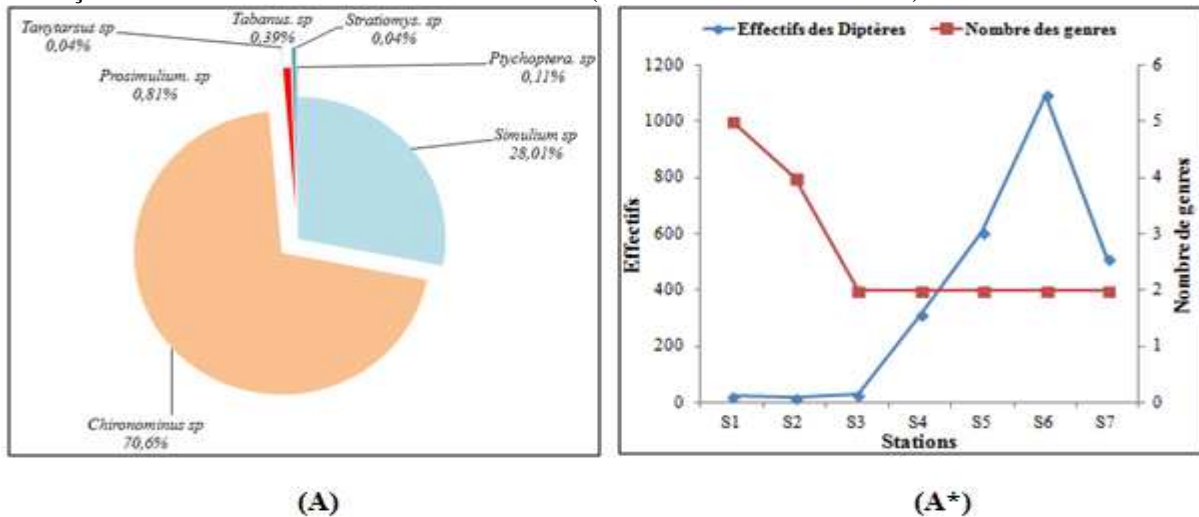
Les crustacés sont représentés seulement par 44 individus, soit 0,26% de la faune totale récoltée. Ils sont représentés par une seule famille (Gammaridae) et par un seul genre (*Gammarus*). Ces macroinvertébrés sont collectés seulement dans la station S5 et spécialement dans la confluence des eaux de cette station avec les eaux fraîches d’une source naturelle située sur le lit de l’oued et à la base de la montagne de Jbel Zerhoun. Nous pouvons conclure donc, que ces *Gammarus*, ayant généralement une préférence pour les cours d’eau de montagne [6], sont déversés dans l’oued khoumane par les eaux de la source.

• **DIPTÈRES**

Les diptères rencontrés dans l’oued khoumane représentent 15,15% de la faune totale récoltée. Ils sont constitués par cinq familles dont l’abondance diffère d’une famille à l’autre: les Chironomidae (70,64%), Simuliidae (28,82%), Tabanidae (0,38%), Ptychopteridae (0,12%) et les Stratiomyidae (0,04%). Ces organismes

sont représentés par différents genres (figure 6(A)), dont les *Chironomus* est le plus abondant suivi par le *Simulium*.

La répartition longitudinale des diptères (figure 6(A\*)), montre qu'ils sont présents dans toutes les stations mais avec des proportions inégales; les stations en aval de l'oued renferment abondamment des diptères que les stations en amont. Ce dernier résultat est dû au degré de pollution organique élevé en aval de l'oued qui pourrait être favorable à la prolifération des invertébrés polluo-résistants (exp : chironomes). La richesse taxonomique en diptères est plus diversifiée en amont qu'en aval, nous avons inventorié seulement deux genres dans le tronçon de l'oued situé en aval de la station S3 (*Chironomus* et *Simulium*).

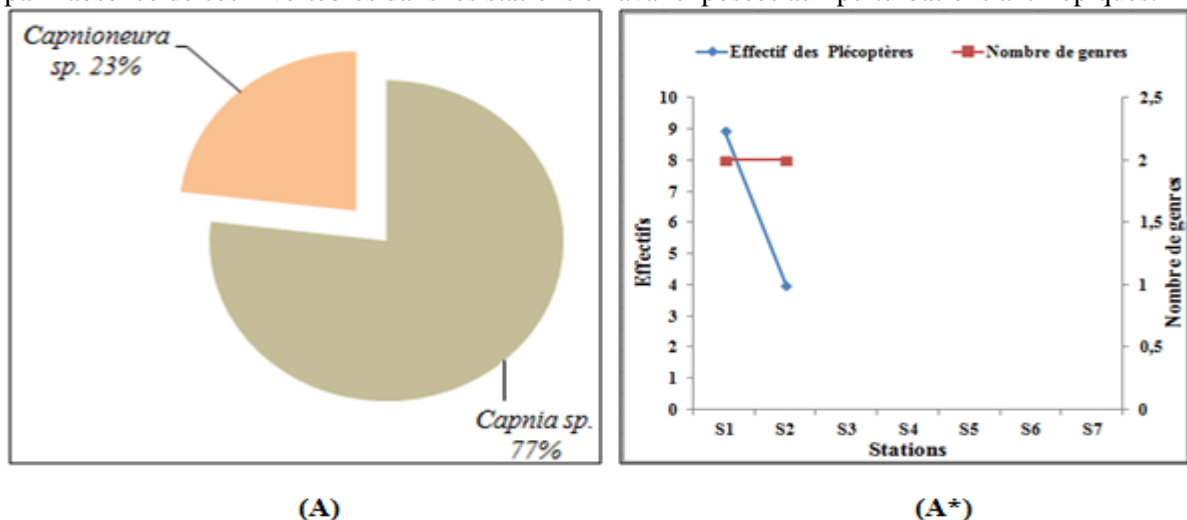


**Figure 6:** Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Diptères dans l'oued khoumane

• **PLÉCOPTÈRES**

Les plécoptères récoltés dans la présente étude sont représentés en très faibles proportions comparés aux Diptères, aux Éphéméroptères, aux Trichoptères et aux Coléoptères. En effet, la prospection de toutes les stations nous a permis de récolter seulement 13 individus (figure 7(A)), soit 0,08% de la faune totale, et ceci au niveau de la station S1 (9 individus) et de la station S2 (4 individus) en amont de l'oued. Ces invertébrés sont repartis en une seule famille des Capniidae et en deux genres, *Capnia* (10 individus) et *Capnioneura* (3 individus), caractérisant des petits cours d'eau de montagne [12].

La répartition longitudinale (figure 7(A\*)) des Plécoptères semble être liée à la qualité de l'eau, ils sont présents dans les eaux supérieures de l'oued, alors que celles de l'aval sont en effet dépourvues en ces organismes. Les plécoptères n'ont pas été détecté dans des travaux antérieurs au niveau de l'oued Boufekrane [3, 16] et au niveau de l'oued Ouislane [16]. Nos observations vont dans le même sens, les Plécoptères sont très connus pour leur polluo-sensibilité aux milieux affectés par quelconque perturbation [6]. Ceci s'expliquerait en partie par l'absence de ces invertébrés dans les stations en aval exposées aux perturbations anthropiques.



**Figure 7:** Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Plécoptères dans l'oued khoumane.

• COLÉOPTÈRES

Les coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire et sous la forme larvaire dans les milieux aquatiques. Ils colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation [21].

Dans la présente étude, les coléoptères représentent, par 1313 individus, 7,67% de la faune globale collectée au niveau de l'oued khoumane. Ils constituent un groupe plus ou moins diversifié que les autres groupes. En effet, si on prend en considération la richesse taxonomique au niveau des familles des coléoptères collectés, les Gyrinidae (34%), les Dytiscidae (33%) et les Hydrophilidae (24%) sont les mieux représentés que les autres familles : Hygrobiidae (4%), Haliplidae (3%), Noteridae (1%) et Elmidae (1%). Au total, le nombre des genres récoltés est de l'ordre de 13; le *Gyrinus urinator*, *Laccophilus* et *Hydrochara* sont numériquement les plus inventoriés (figure 8(A)).

L'analyse de la distribution longitudinale des coléoptères le long de l'oued khoumane (figure 8(A\*)) se traduit globalement par la présence des ces invertébrés dans toutes les stations avec un effectif important dans les stations S2 et les autres stations en aval (S4, S5, S6 et S7) et un effectif relativement faible en S1 et S3. La richesse taxonomique des stations en coléoptères se traduit, dans sa globalité par une richesse plus élevée en S1 qui se diminue vers l'aval de l'oued, en marquant une élévation de la richesse en S5, suivi d'une diminution en S6 puis une autre élévation du nombre des genres en S7. Cette richesse pourrait s'expliquer par le fait que les biotopes de S1 offrent une grande variété de niches écologiques favorables à la prolifération de ces coléoptères. Au niveau de S5, le déversement des eaux naturelles des sources contribue favorablement à la prolifération de la faune, contrairement en S6 où le degré de pollution est élevé.

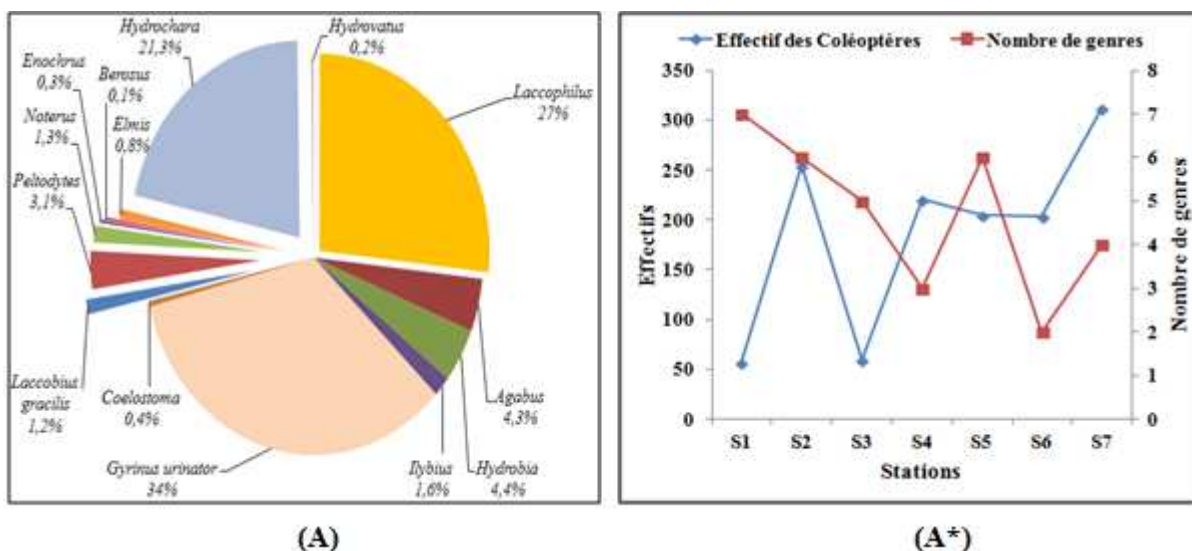


Figure 8: Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Coléoptères dans l'oued khoumane.

• ÉPHÉMÉROPTÈRES.

Les Ephéméroptères constituent le groupe faunistique faiblement représenté dans la faune benthique récoltée dans notre étude. La famille la plus abondante est celle des Baetidae, elle représente 78,58% du total des captures. Les Caenidae et les Heptageniidae occupent la deuxième et la troisième place des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique. Ces dernières familles constituent respectivement 14,25 % et 4,65 % de ce peuplement. Les autres familles sont faiblement représentées : famille des Leptophlebiidae (1,52%), des Taeniopterygidae (0,62%) et la famille des Potamanthidae (0,38%). Au total, 1312 individus repartis en 10 genres appartenant à 6 familles ont été récoltés dans les stations étudiées (figure 9(A)). Ces individus représentent 7,66% de la faune totale. La famille des Baetidae est la plus diversifiée parmi les éphéméroptères récoltés. Elle compte 4 genres (*Centroptilum*, *Proclleon*, *Baetis* et *Acentrella*).

La richesse taxonomique des stations en Ephéméroptères est plus diversifiée en amont (9 genres en S1), puis diminue vers l'aval de l'oued pour se terminer par une légère élévation du nombre des genres en S7. La répartition en individus des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées met en évidence une diminution de nombre d'individus de l'amont vers S4, puis une augmentation de S4 vers S6 en notant une abondance élevée

en cette dernière (figure 9(A\*)). Ce résultat est lié à la nature de ces habitats caractérisés par des températures relativement élevées et un substrat hétérogène riche en matière organique, offrant des conditions fortement favorables au développement d'une faune plus abondante surtout les Baetidae qui sont des éphéméroptères qui supportent la pollution [6].

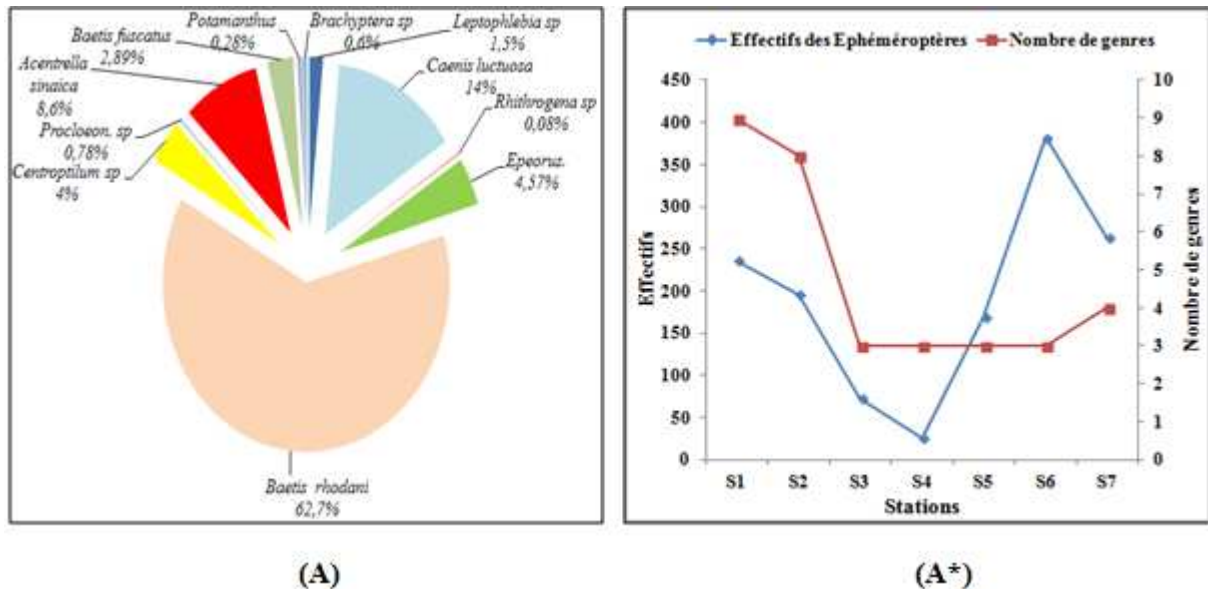


Figure 9: Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Éphéméroptères dans l'oued khoumane.

• HÉTÉROPTÈRES

Selon nos résultats, la faune récoltée des Hétéroptères compte 2876 individus, soit 16,80% de la faune totale inventoriée. Ce groupe d'invertébrés appartient à cinq familles : Corixidae (67%), Gerridae (15%), Notonectidae (8%), Veliidae (7%) et Pleidae (3%). L'ensemble des genres inventoriés correspond à sept genres (figure 10(A)): *Micronecta*, *Gerris*, *Notonecta*, *Microvelia*, *corixa*, *Arctocorixa* et *Plea*. La famille des Corixidae est la plus représentée et compte 67% des Hétéroptères, elle est représentée par les genres des *Micronecta* (1688 individus), *Corixa* (151 individus) et *Arctocorixa* (93 individus).

La répartition des Hétéroptères dans l'oued khoumane (figure 10(A\*)) révèle l'existence de ces invertébrés dans toutes les stations avec des proportions variables. En effet, le nombre des individus récoltés dans les trois dernières stations est plus important que celui dans les stations en amont. De la même façon, le nombre des genres inventoriés est compris entre 2 (en S3) et 5 (en S5 et S7).

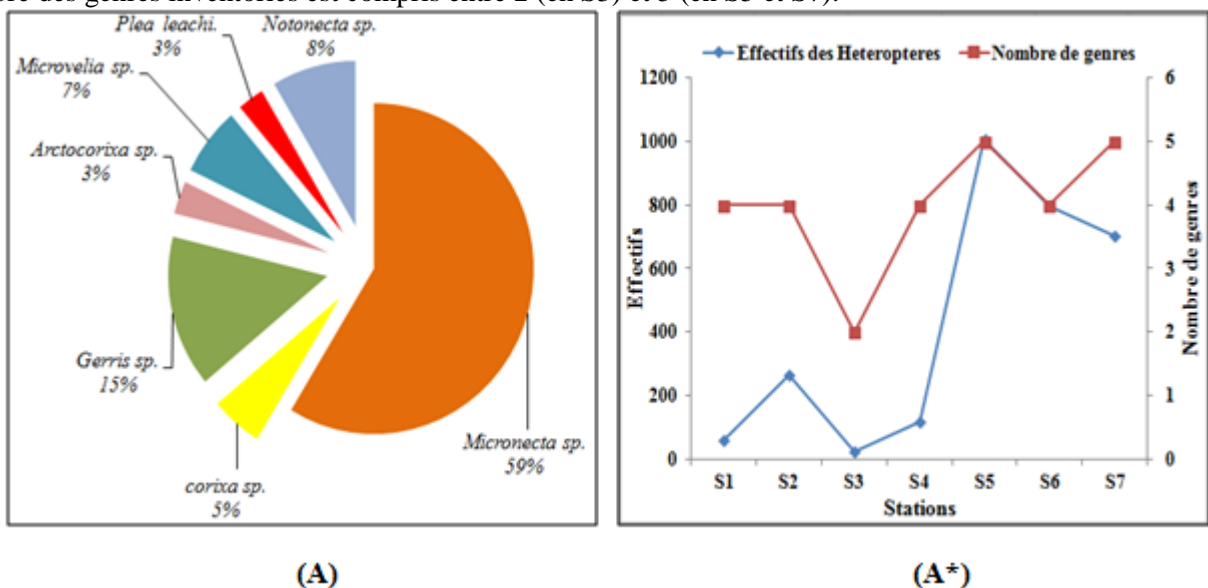


Figure 10: Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Hétéroptères dans l'oued khoumane.

• **TRICHOPTÈRES**

Les Trichoptères récoltés sont généralement représenté par la seule famille d'Hydropsychidae et par le genre *Hydropsyche* : 2657 individus d'Hydropsyche ont été inventoriés, soit 15,52% du peuplement total. La distribution longitudinale le long de l'oued khoumane (figure 11) se traduit par une abondance importante de ce genre, principalement, à la station S6 et aux stations S5 et S7. Cela vraisemblablement est lié à la résistance relative de ces invertébrés à la pollution et au fait que les larves du genre *Hydropsyche* constituent un élément fréquent, souvent abondant du benthos des eaux courantes [33].

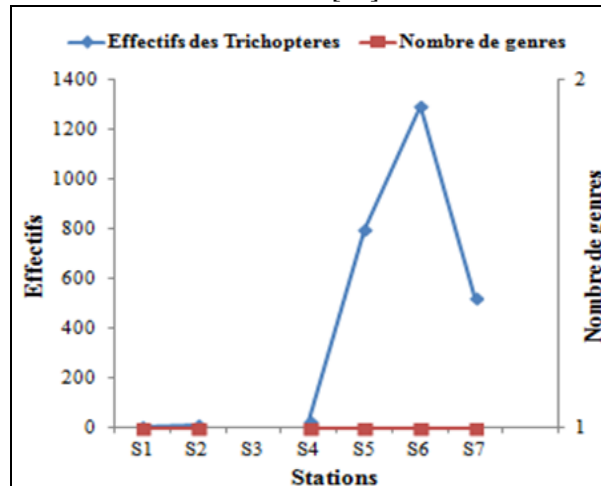


Figure 18: Distribution des Trichoptères dans les stations étudiées

• **ODONATES**

Dans l'oued khoumane, l'abondance des Odonates est assez diversifiée : 119 individus seulement (soit 0,7% de la faune totale) ont été inventoriés. Sept familles ont été récoltées : Libellulidae (57 individus), Gomphidae (20 individus), Cordulegasteridae (16 individus), Lestidae (11 individus), Coenagrionidae (8 individus), Platycnemididae (4 individus) et Corduliidae (3 individus). Les individus récoltés se répartissent en huit genres : *Libellula*, *Oxygastra*, *Cordulegaster*, *Orthetrum*, *Platycnemis*, *Sympetma*, *Gomphus* et *Ischnura* (figure 12(A)).

La distribution longitudinale le long de l'oued khoumane est particulière. Les odonates ont été révélés seulement dans trois stations S2, S3 et S4, avec une abondance maximale dans la station S3 (aval immédiat de la zone de confluence avec les eaux thermales de la source Ain Hamma Moulay Idriss) (figure 12(A\*)). Ce dernier résultat, se traduit par la vitesse du courant lente, par les températures assez élevées des eaux et par une végétation assez développée (surtout en été et en automne) dans ce tronçon de l'oued.

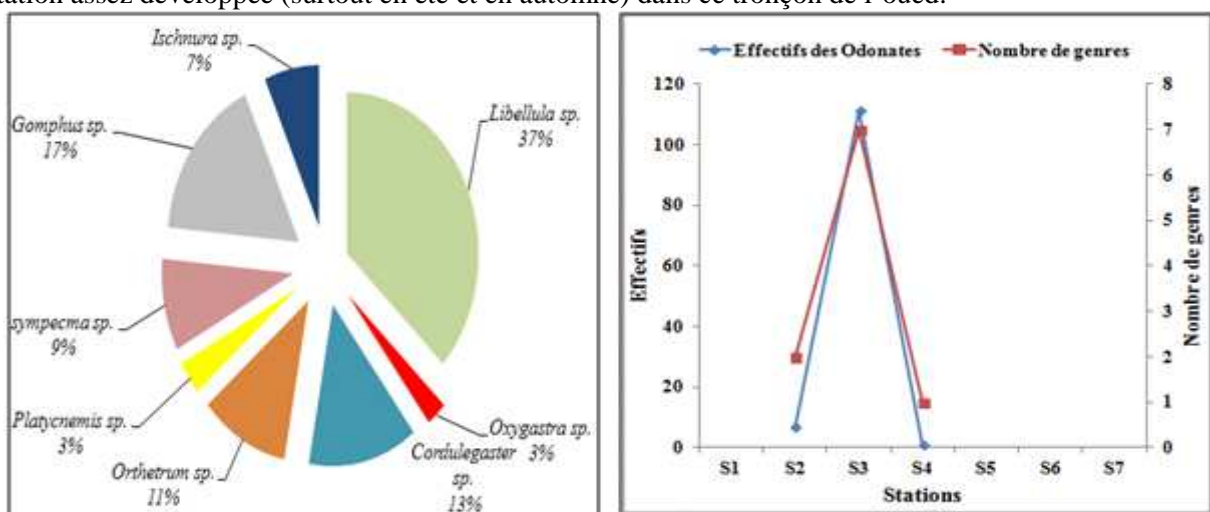


Figure 12: Abondance (A) et répartition longitudinale (A\*) des Odonates dans l'oued khoumane.



### 3.2 Analyses de la structure du peuplement par calcul de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)

Afin de déterminer la qualité biologique d'un écosystème aquatique il existe différentes approches notamment celui utilisant des indices biotiques. Parmi ces derniers, l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN); qui est une méthode standardisée utilisée en écologie appliquée pour déterminer la qualité biologique d'un cours d'eau.

La présente méthode est basée sur la présence ou l'absence de certains taxons Bioindicateurs [34]. Notons que les macroinvertébrés présentent l'avantage d'être le plus souvent tributaire d'un milieu, de répondre rapidement aux stress et de constituer un des premiers maillons de la chaîne alimentaire des cours d'eau [35].

L'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) fournit une estimation qualitative du milieu dans son ensemble, l'information fournie est synthétique : elle intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. Cette méthode s'applique à des sites d'eau courante de petite ou moyenne dimension (dont la profondeur n'excède pas 1,5 mètre sur la majorité des stations d'étude) comme, c'est le cas pour notre cours d'eau.

Pour l'oued Khoumane (tableau 1), la qualité des eaux subit des variations très importantes. Nous enregistrons que les valeurs IBGN au niveau des deux stations amont sont respectivement 16 et 12; alors qu'on note des chutes brutales de ces valeurs au niveau des stations S3, S4, S5, S6 et S7. Ceci pourrait dû à l'effet des impacts anthropogéniques (pollution organiques) et naturelles (rejet des eaux thermales) exercée au niveau de ces dernières stations. Les valeurs de l'IBGN permettent de classer l'eau des stations S1 dans la catégorie des eaux de qualité bonne, la stations S2 dans la catégorie des eaux de qualité moyenne et les stations S3, S4, S5, S6 et S7 sont classées parmi les points d'eau de qualité médiocre.

Ces valeurs faibles de l'IBGN sont en concordance avec les résultats physico-chimiques obtenus dans les stations, principalement minéralisation des eaux, chutes d'oxygène dissous et richesse en matière organiques [17, 36].

Tableau 1: Valeurs moyennes de l'indice biologique global normalisé au niveau des stations de l'oued.

Indices	Stations						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
VT	31	28	20	21	22	17	21
CV	9	8	6	7	7	6	7
GI	8	5	2	2	2	2	2
IBGN	16	12	7	8	8	7	8
Qualité eau	Bonne	Moyenne	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre
couleur	Vert	Jaune	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Pollution	Faible	Moderée	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte

### Conclusion

L'oued khoumane est un régime caractérisé par l'irrégularité des écoulements et par des manifestations hydrologiques brutales. Le régime annuel est marqué par un écoulement faible en été et en automne et par un écoulement important en hiver et au printemps.

L'inventaire faunistique réalisé dans la présente étude constitue une première base de données importante. La faune étudiée est caractérisée par une diversité taxonomique variable selon le degré de pollution des eaux.

La faune recensée dans ce travail se compose 17124 individus correspondant à 40 Familles et à 60 taxons appartenant à 3 groupes faunistiques (Annélides, Mollusques, arthropodes). L'effectif du peuplement benthique a montré que les Oligochètes, les Diptères, les Hétéroptères et les Trichoptères sont dominants. Les Crustacés, les Coléoptères et les Odonates ne constituent qu'une faible fraction de la faune récoltée. Les taxons *Tubifex tubifex* (3060 individus), *Hydropsyche* (2657 individus), *Physa acuta* (2138 individus), *Chironomus sp* (1832 individus), *Micronecta* (1688 individus) sont les plus numériquement inventoriés.

Les indices biologiques (IBGN, Shannon et Equitabilité) utilisées pour la caractérisation des eaux de l'oued khoumane, discriminent mieux les stations d'étude selon leur niveau de pollution. Les résultats obtenus concordent bien avec les résultats obtenus à travers l'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques [17, 36].

La richesse spécifique de l'oued dépend des conditions écologiques au niveau de chaque station; elle est d'autant plus élevées que le biotope est hétérogène et moins influencée par les activités anthropogéniques. L'oued

khoumane est cours d'eau que nous pouvons considérer pauvre en faune (quant à la présence /absence des taxons et leurs abondance); comparé à la faune inventoriée par Chahlaoui en 1996 [3] et karrouch en 2010 [5] dans l'oued Boufekrane (l'oued le plus étudié dans la région de Meknès).

## Références

1. Thomas, J.D., *Journal of Natural History*, 27 (1993): 795-806.
2. Bouzidi A. (1989). Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse d'état, Fac.Sc. Tech. St. Jerome, Université d'Aix- Marseille III: 190pp.
3. Chahlaoui, A., Etude Hydrobiologique de l'Oued Boufekrane - Impact sur l'environnement et la santé, Thèse d'état en Biologie. Univ. Moulay Ismail Fac. Sci. Meknès. (1996) 256pp.
4. Maqboul A., Aoujdad R., Fekhaoui M., Fadli A. et Touhami A. (2001). *Riv. Idrobiol.*, 40,2-3:129-152.
5. Karrouch, L., Bio-évaluation de la qualité des eaux courantes de la région Meknès (Centre- Sud, Maroc) – Impact sur l'environnement et la sante. Thèse doctorat es sciences en biologie. Faculté des sciences. Meknès, (2010) 216pp.
6. Haouchine, S., Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de Magister, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou, Algérie. (2011) 157 pp.
7. Genin, B., Chauvin, C., Menard, F., Cours d'eau et indices biologiques: pollution et méthodes IBGN, Dijon, ENESA-CNERTA., (1997) 202pp.
8. Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., Usseglio-Polatera P., Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie. CNRS 2<sup>ème</sup> Editions, Paris (2006) 588pp.
9. Barbour, M. T., Gerritsen, J., *Journal of the North American Benthological Society*, 3 (1996), 386.
10. Dakki M. (1979). Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen- Atlas (Maroc). Thèse de 3eme cycle, Aix- Marseille III. 126pp.
11. El Agbani M (1984). Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Regreg (plateau central marocain). Essai de biotypologie. Thèse Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université Claude Bernard LyonA 147 pp.
12. Bouzidi, A., Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse d'etat, Fac.Sc. Tech. St. Jerome, Université d'Aix- Marseille III: (1989) 190pp.
13. Fekhaoui M. (1990). Recherches hydrobiologiques sur le Moyen Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès: suivi d'une macro-pollution et évaluation de ses incidences sur les composantes de l'écosystème. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Rabat. 173 pp.
14. Dakki M., (1992). Etude National sur la biodiversité Faune aquatique continentale (Invertébrés et Poissons). Projet PNUE/ GEF/6105-92. 121pp.
15. Moisan, J., Pelletier, L., Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, (2008) 86 p.
16. Aboulkacem, A., Étude hydrobiologique comparative des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès. Impact sur la Sante et l'Environnement. Thèse d'Etat, Fac. Sciences. Université Moulay Ismail, Meknès (Maroc), (2007) 159pp.
17. Ben moussa, A., Chahlaoui, A , Rour, E., *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (2012) 70-96.
18. Foto Menbohan, S., Zebaze Togouet, S. H., Nyamsi Tchatcho, N.L., Njiné T. *Eur. J. Sci. Res.* 43 (2010) 96.
19. Oualad Mansour, N., Kamal, T., Stitou, J., Évaluation de la qualité des eaux dans les systèmes fluviaux du Rif (cas de la rivière Martil) et étude de la biodiversité des communautés de macroinvertébrés. Segundo congreso internacional sobre geologia y mineria en la ordenación del territorio y en el desarrollo. Utrillas (2009) 95-114.
20. Poisson, R., Hétéroptères aquatiques. Faune de la France, 61(1957), 261 p.
21. Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, PH., Introduction a l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). Association française de limnologie : (1980) 150p.
22. Amors, C., *Bull.Mens.Soc. Lin. Lyon*, (1984) 53.
23. Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, Ph., Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique), 3ème édition, (1987) 151 pp.

24. Clergue – Gazeau, M., *Annlis Limnol.* 27 (3) (1991) 2 6 7.
25. Dommagnet, 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) 80p.
26. Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., Usseglio-Polatera, P., Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, Ecologie. CNRS Editions, Paris, (2000) pp. 588.
27. Diomande, D., Gourene, G., San Kare, Y., Zabi, S. G., *Archivessc Ntifiques* 27 (2000) 1.
28. Belqat, B., Dakki, M., *baetica*, ISSN: 1130-4251, 15(2004) 77.
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) 82 p.
30. Martin, M., Ait Boughrous, A., Guide taxonomique des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb. Volume 12 (2012), 186p.
31. Fekhaoui M., Dakki M., El agbani M., *Bull. Inst. Sci., Rabat*, N° 17 (1993) 21-38.
32. EL Agbani M. A. (1984). Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Boureg reg (Plateau central Marocain), Essai de biotypologie. Thèse de 3eme cycle. Écologie des eaux continentales. Uni. Claude Bernard. Lyon I. 146 pp.
33. Verneaux, J., Faessel, B., *Annlis Limnol.* 12 (1976) 7.
34. Hilsenhoff, W. L., *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7 (1988) 65.
35. Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J. B., Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2e éd., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., EPA 841-B-99-0 (1999).
36. Ben moussa A., Chahlaoui A., Rour E., Chahboune M. Aboukacem A. Qualité bactériologique de l'oued khoumane, Moulay Idriss Zerhoun – Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 7 N°1 (2013) 30-48.

(2014) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>