

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Parasitologie

THEME

***Contribution à l'étude des Macroinvertébrés benthiques
dans la source d'eau de Milok : Région de Laghouat***

Présenté par :

Chouarani Hadjer

Belhouchat Nour El Houda

Devant le jury :

Président: Dr. Ghermaoui Mohammed

Rapporteur : Dr. Sellam Nassima

Examineur: Dr. Merabti Ibrahim

Soutenu publiquement le :05/06/2018

Table Des Matières

Dédicaces	
Remerciements	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	02

CHAPITRE I : Présentation des Macroinvertébrés

1.1 Généralités sur les Macroinvertébrés	05
1.2 Classification Systématique des Macroinvertébrés	05
1.3 Cycle biologique des Macroinvertébrés.....	06
1.4 Ecosystèmes aquatiques limniques.....	07
1.5 Classification générale des milieux aquatiques.....	08
1.5.1 Les eaux stagnantes	08
1.5.2 Les eaux courantes	08
1.6 Les différents types des sources d'eau.....	09
1.7 Pourquoi utiliser les Macroinvertébrés	09
1.8 Mesures biologiques de la qualité de l'eau	10
1.9 Effets de la pollution sur les macro-invertébrées benthiques	11

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

2.1 Présentation générale de la Wilaya de Laghouat.....	14
2.2 Le Cadre géomorphologique de la wilaya de Laghouat.....	14
2.2.1. Les reliefs.....	14
2.2.2. Les Djebels et montagnes.....	15
2.2.3. Le sol.....	15
2.2.4. Hydrologie.....	15
2.2.5. La faune.....	16
2.2.6. La flore.....	16
2.3 La géomorphologie	16
2.4 La Bioclimatologie.....	17
2.4.1. Définition.....	17

2.4.2. Présentation du climat de Laghouat.....	17
2.5 Caractérisation climatique.....	18
2.5.1. Température.....	18
2.5.2. Précipitation.....	19
2.6 La synthèse bioclimatique.....	19
2.6.1. Diagramme d'Ombrothérmique de GAUSSEN.....	19
2.6.2. Le climagramme d'Emberger.....	20
2.7 Présentation de la zone d'étude.....	22
2.8 Choix et description de la zone d'étude.....	23
2.9 La végétation de la zone d'étude.....	24
2.10 Méthode d'échantillonnage.....	25
2.11 Tri et détermination des organismes.....	26
2.12 Période d'échantillonnage	26
3.13 Méthodes d'analyse de la structure du peuplement.....	27
3.13.1 Les indices de diversité.....	27
3.13.1.1 L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	27
3.13.1.2 L'indice d'Equitabilité de Piélou.....	28
3.13.2 Les indices biologiques.....	28
3.13.2.1 L'Indice Biologique Global Normalisé «IBGN ».....	28
3.13.2.2. Biological Monitoring Working Party «IBMWP».....	29

CHAPITRE III : Résultats et discussions

3.1 Paramètres physico-chimiques.....	31
3.1.1. La température de l'eau.....	31
3.1.2. Le pH de l'eau.....	31
3.1.3. Ecoulement et vitesse du courant.....	32
3.2 L'analyse faunistique.....	32
3.2.1. Analyse globale de la structure des Macroinvertébrés.....	32
3.2.2. Abondance quantitative des groupes faunistiques.....	34

3.3 Analyse temporelle.....	35
3.4 Répartition géographique des Taxons.....	41
3.5 Application des indices de diversité des peuplements.....	49
3.6 Analyse de l'IBGN.....	50
3.7 Analyse de l'IBMWP.....	51
Conclusion.....	54
Références bibliographiques	57
Annexes	67

Résumé

Abstract

ملخص

DEDICACE

A ma Chère Mère Meriem

A mon Père Ahmed

*Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines
m'ont permis de vivre ce jour.*

A mon Frère et mes sœurs

Mohamed, Fatima, Sarah, Soundous

A toute ma famille, et mes amis,

A mon ami et mon binôme Hadjer

Et bien sûr a mon encadreuse Dr. Sellam Nassima.

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour
que ce projet soit possible,*

Je vous dis merci.

..Nour El Houda

DEDICACE

A mes chers parents que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

J'espère qu'un jour, je pourrais leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.

Que Allah leur prête bonheur et longue vie.

A ma chère sœur et son mari.

A mon cher frère : Mohammed.

A mes nièces Aïcha et Mouadh.

A mon encadreur Dr. Sellam Nassima.

A tous ceux que j'aime et j'estime.

Je dédie ce mémoire.

Hadjer ch, merci

Remerciement :

Tout d'abord, nous remercions « Allah » de nous donner la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

On adresse nos profonds remerciements à notre encadreur Dr.Sallam Nassima, qu'elle nous a fourni le sujet de ce mémoire et nous a guidés de ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'elle nous a témoignés tout au long de ce travail.

Qu'elle a partagé avec nous ses expériences et connaissances.

Son sérieux, sa compétence et son sens de devoir.

Nous tenons à gratifier aussi les membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail .

On adresse aussi nos remerciements à tous les enseignants de la filière de biologie.

Nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé :

Le présent travail consiste à une étude hydrobiologique sur les macroinvertébrés benthiques dans une source d'eau permanente « source de Milok » dans la région de Laghouat. Le but de cette étude porte sur une contribution de la biodiversité des macroinvertébrés dans cette source ainsi qu'une estimation de la qualité de l'eau par des méthodes biologiques. En effet, un échantillonnage a été appliqué mensuellement entre décembre 2017 à mai 2018 à l'aide d'un filet troubleau, nous a permis de recenser 5492 individus répartis en 8 taxons, dominés par les larves d'insectes en particulier les éphéméroptères et les crustacés avec respectivement 81.59% et 9.99%. L'analyse biologique par l'application de deux indices biologiques, l'indice biologique global normalisé (IBGN), et le Système de scores The Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP) nous a montré le niveau de l'altération de la qualité de l'eau de la source.

Mots clés : macroinvertébrés benthiques, Source Milok, méthodes biologiques, Laghouat.

Liste des Tableau	
Titres	Pages
Tableau 1 : Moyennes mensuelles des températures de la région de Laghouat (2008-2017)	16
Tableau 2 : Moyennes mensuelles des précipitations de la région de Laghouat (2008-2017).	17
Tableau 3 : Etage bioclimatique de la région d'étude.	18
Tableau 4 : Les différents critères du cours d'eau de Milok.	22
Tableau 5 : Principales types de végétaux de la zone d'étude de Milok.	23
Tableau 6 : Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN).	27
Tableau 7 : Qualité de l'eau en fonction de l'IBMWP.	28
Tableau 8 : Variation de la température de la source d'eau de Milok.	28
Tableau 09 : Les valeurs du pH durant la période d'échantillonnage.	29
Tableau 10 : Les valeurs de la vitesse du courant.	30
Tableau 11 : Abondances taxonomiques d'invertébrés benthiques de la source d'eau Milok.	32
Tableau 12 : Richesse taxonomique des macroinvertébrés benthique de la source d'eau Milok.	33
Tableau 13 : Calcule d'indice de diversité de Schannon-Weaver et l'Equitabilité de Piélou pour les mois d'échantillonnage.	49
Tableau 14 : Valeur de la qualité de l'eau de la source de Milok avec IBGN.	50
Tableau 15 : valeur de la qualité de d'eau de source de Milok avec IBMWP.	51

Liste des Figures	
Titres	Pages
Figure 1 : Cycle de vie d'un Trichoptère.	7
Figure 2 : Différents types d'écosystèmes aquatiques (Les Géologues, cycle de l'eau).	8
Figure 3 : Larve d'invertébré benthique (Perlidae) indicatrice d'un milieu en bon état écologique	11
Figure 4 : Les limites administratives de la wilaya de Laghouat	14
Figure 5 : Profils géologiques dans l'Atlas Saharien région de Laghouat.	17
Figure 6 : Carte climatique de la wilaya de Laghouat	18
Figure 7 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Laghouat (2008-2017).	20
Figure 8 : Emplacement de la région de Laghouat sur le Climagramme d'Emberger.	21
Figure 09 : Une image de la zone d'étude Milok	22
Figure 10 : Image satellitaire de la zone d'étude de Milok (Google Earth)	23
Figure 11 : Classes d'invertébrés benthiques dans la source d'eau de Milok (Laghouat).	33
Figure 12 : Abondance quantitative des groupes faunistiques de la source de Milok (Laghouat) durant la période d'échantillonnage.	35
Figure 13 : Répartition des familles recensées au cours du mois de Décembre.	36
Figure 14 : répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Janvier.	37
Figure 15 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Février.	38
Figure 16 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Mars.	39
Figure 17 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois d'Avril.	40
Figure 18 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Mai.	41
Figure 19 : Abondance des Ephéméroptères dans la source de Milok.	42
Figure 20 : Abondance des Diptères dans la source de Milok.	43

Figure 21 : Abondance des Coléoptères dans la source de Milok.	45
Figure 22 : Abondance des Trichoptères dans la source de Milok.	46
Figure 23 : Abondance des Crustacés dans la source de Milok.	47
Figure 24 : Abondance des Gastéropodes dans la source de Milok.	48
Figure 25 : Abondance des Hydracariens dans la source de Milok.	49
Figure 26 : Variation temporelle des indices Shannon-Weaver et Equitabilité de Piélou.	50

Introduction

Introduction

L'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, génèrent des polluants qui peuvent affecter la qualité physicochimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (**Mullis et al, 1997**).

La pollution de ce milieu risque de provoquer de grands dégâts écologiques (perturbation de cycles biogéochimiques, carence en eau, extinction de certaines espèces, etc.) (**Ramade ,2007**).

En Afrique du Nord les études hydro biologiques se sont multipliées, nous citons les travaux de **Pihan et Mohati (1984)**, **Yacoubi et Khebiza (1987)**, **Ajakane (1988)** et **Boulal (1988)** au **Maroc**.

Les travaux de **Lounaci et al (2000a)** sur la faune benthique du bassin de l'oued Sébaou ; **Lounaci et al (2000b)** sur l'abondance, la richesse spécifique et la structure des communautés de macroinvertébrés de l'oued Sébaou ; **Lounaci et Vinçon (2005)** sur les Plécoptères de Kabylie ; **Lounaci (2005)** sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura ; **Arab (2004)** sur la faune benthique des réseaux hydrographiques du Chellif et du Mazafran ; **Arab et al (2004)** sur la répartition spatiale et temporelle des invertébrés benthiques de l'oued Chelif ; **Zouakh (1995)** sur les macroinvertébrés de l'oued sébaou ; **Thomas et Gagneur (1994)** sur les Ephéméroptères d'Afrique du Nord ; **Moubayed et al (2007)** sur les Diptères Chironomides d'Algérie ; **Zerguine et al (2009)** sur les Diptères Chironomides du Nord Est d'Algérie ; **Yasri (2009)** sur l'hydrobiologie du réseau hydrographique du Mazafran ; **Hamzaoui (2009)** sur la macrofaune benthique de l'Oued Saoura (wilaya de Bechar) ; **Sekhi (2010)** sur les macroinvertébrés des cours d'eau Tiout ; **Mebarki (2001)** sur la faune benthique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie ; **Sellam(2017)** sur la structure du peuplement des macroinvertébrés benthiques dans différents étages bioclimatiques en Algérie.

L'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales en Algérie est basée surtout sur les mesures physico-chimiques et bactériologiques. L'utilisation des indices biologiques n'est pas encore généralisée (**Belguermi et al ,2014 ; Belhauari et al ,2014 ; Bengherbia et al ,2014**).

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité de l'eau à l'aide des bioindicateurs qui sont les macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau d'une région caractérisée par un étage bioclimatique aride, la wilaya de Laghouat plus particulièrement la source du Milok. Ainsi que de mieux connaître et approfondir la biodiversité des communautés des macroinvertébrés, en effet l'identification de ces indicateurs biologiques.

Ce travail, consiste en une estimation de la qualité de l'eau par l'utilisation de l'indice biologique «Iberian Biological Monitoring Working Party» IBMWP et l'Indice Biologique Global Normalisé IBGN, pour pouvoir utiliser conjointement les macroinvertébrés comme bioindicateurs de la qualité de l'eau.

Notre travail se présente en trois chapitres en plus de l'introduction et conclusion. Le premier chapitre contient une bibliographie sur les macroinvertébrés et les écosystèmes aquatiques. Le deuxième chapitre porte la présentation et la description de la zone d'étude ainsi que les techniques utilisées sur le terrain et au laboratoire pour l'exploitation des résultats par des indices biologiques et par des méthodes statistiques. Le troisième chapitre, les résultats obtenus et leur discussions.

Chapitre I :

Partie théorique

1. Partie théorique

1.1 Généralités sur les Macroinvertébrés :

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu (**Moisan, 2010**).

D'après la définition de **Cummins (1975)**, Les macroinvertébrés sont représentés par des organismes dont la taille (en fin de développement larvaire ou au stade imaginal) est souvent supérieure à un millimètre. La plupart des espèces ont un cycle de vie complexe d'environ un an, allant jusqu'à quelques années (**Barbour et al, 1999**).

Les macroinvertébrés épi-benthiques sont ceux qui vivent habituellement à la surface ou dans les premiers centimètres des sédiments et les organismes phréatiques (endo-benthique) qui vivent à plus ou moins grande profondeur à l'intérieur des sédiments (**Illies, 1978**).

Depuis le début des années 90, les macroinvertébrés sont couramment utilisés pour l'évaluation environnementale et la surveillance des rivières (**Metzeling et al, 2003**).

Les macroinvertébrés intègrent et répondent à un large groupe de perturbations aussi bien physiques que chimiques, chroniques ou accidentelles (**Hellawell, 1986 ; Abel, 1989**).

De plus, se situant à différents niveaux d'organisation du réseau trophique, depuis les consommateurs primaires jusqu'aux prédateurs, ils jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (**Covich et al, 1999**).

1.2 Classification Systématique des Macroinvertébrés :

Les macroinvertébrés comprennent des groupes tels que les insectes (éphémères, plécoptères, trichoptères, diptères, coléoptères, mégaloptères, et odonates), mollusques, crustacés, acanthoscelides et vers (**Tachet et al, 2000**).

Les différents groupes des macroinvertébrés seront présentés selon l'ordre du système de classification taxonomique qui les classifie selon des caractéristiques anatomiques.

Tableau 1 : Les principaux niveaux de classification.

Règne	Animal
Embranchement (phylum)	Arthropodes, Mollusques, Annélides
Classe	Insectes, Crustacés, Arachnides
Ordre	Éphéméroptères, Coléoptères, Trichoptères
Superfamille	Hydrophiloidea
Famille	Ephemerellidae, Elmidae, Goeridae
Genre	<i>Sialis</i>
Espèce	<i>Baetis pavidus</i> , <i>Gyrinus sp</i>

(D'après Smith, 2001 et Merritt et Cummins, 1996).

1.3 Cycle biologique des Macroinvertébrés :

Les macroinvertébrés aquatiques englobent des milliers d'espèces avec des stratégies de cycle de vie variées, mais la plupart comprennent trois stades morphologiques distincts: le stade larvaire, le stade nymphal et le stade adulte, Le moment, la durée et le développement de ces stades varient d'une espèce à l'autre (Tachet ,2000).

Dans de nombreux cas, le stade larvaire se rencontre exclusivement dans l'environnement aquatique et peut être assez long, pouvant durer jusqu'à cinq ans dans le cas de certains odonates (libellules et demoiselles) (Gwilliam, 2008). Au stade nymphal, les organismes subissent des changements morphologiques à mesure qu'ils développent les structures nécessaires à l'accouplement et à la reproduction à l'âge adulte (Voshell, 2002).

Les stades adultes sont généralement terrestres et relativement courts, ne durant généralement pas plus d'une ou deux semaines. Les coléoptères dont les membres vivent généralement dans l'environnement aquatique à la fois comme larves et adultes, font exception à cette tendance (Stumph et al, 2009).

Les stratégies biologiques des macroinvertébrés aquatiques (par exemple la durée et le nombre d'étapes du cycle de vie, le développement, l'émergence et la dispersion) ont évolué au fil du temps, influencées par les caractéristiques physiologiques des espèces et leur interaction avec leur environnement (Oertli et al, 2005).

Ces stratégies ont permis aux macroinvertébrés aquatiques de proliférer dans les écosystèmes lotiques en profitant des différences saisonnières de nourriture et en synchronisant les étapes du

cycle biologique (par exemple, retarder l'émergence à l'âge adulte pour éviter les conditions environnementales hostiles) (Giller et Malmqvist, 1998).

La température de l'eau semble être un facteur important pour déterminer comment les espèces spécifiques de macroinvertébrés aquatiques se développent, affectant la durée de l'incubation des œufs et des éclosions subséquentes chez les éphéméroptères (éphémères) et les plécoptères (mouches), ainsi que la croissance et la maturation des larves (Ward 1992).

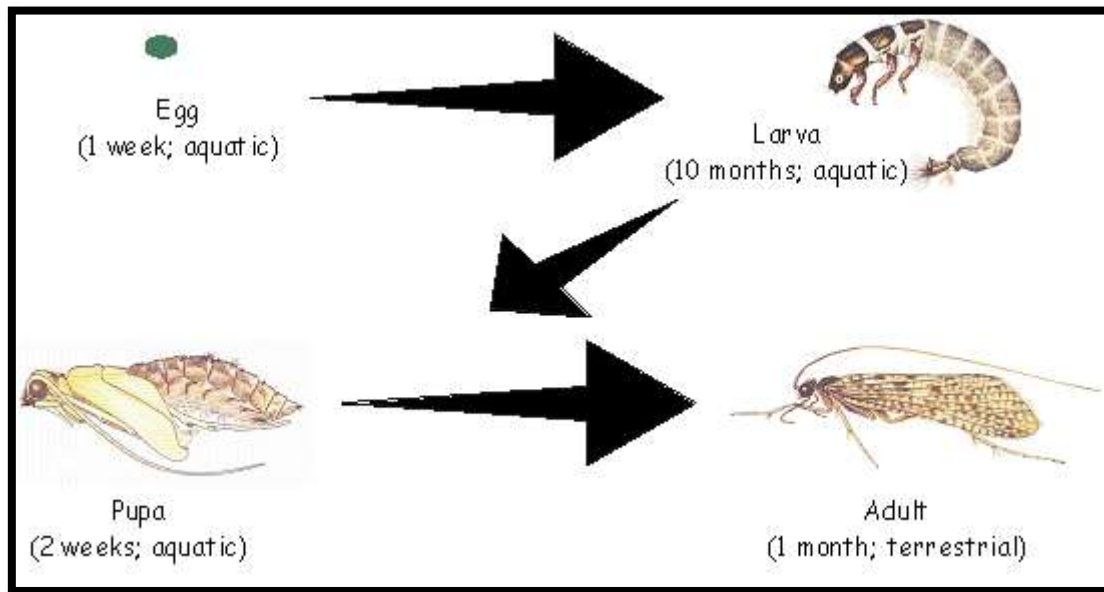


Figure 1 : Cycle de vie d'un Trichoptère.

1.4 Les Ecosystèmes aquatiques limniques :

Les écosystèmes limniques désignent l'ensemble des eaux courantes continentales, lacustres et stagnantes, cette terminologie est subdivisée en deux : les écosystèmes lenti-ques (lacs, étangs, marécages, gravières, etc.) et les écosystèmes lotiques (rivières, fleuves, torrents, etc.). (Ramade, 1994).

Les écosystèmes lenti-ques sont définis comme « des étendues d'eau libre stagnante comblant une dépression naturelle ou artificielle des continents, n'ayant pas de contact direct avec les océans » (Meybeck, 1995).

La taille de ces systèmes est fortement variable en termes de profondeur pouvant aller de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres, de superficie et de volume (Meybeck, 1995).

1.5 Classification générale des milieux aquatiques :

Selon **Horton (1945)** et **Illies (1950)**, les écosystèmes d'eau douce sont classés en se fondant sur la ramification des réseaux, les particularités zoocénétiques et physiographiques et la typologie de ces réseaux d'eaux.

1.5.1 Les eaux stagnantes : (renouvellement lent) sont des écosystèmes "fermés" (lacs, étangs, mares, marais, zones humides, tourbières).

- Les mares et étangs : ont deux régions, la zone pélagique et la zone benthique.
- Les lacs : ont une troisième zone, les profondeurs, non exposés à la lumière et plus froides.

Les trois zones ont des conditions abiotiques très différentes (lumière, température, sels minéraux, gaz dissous) et donc supportent des espèces différentes adaptées spécifiquement à ces zones.

1.5.2 Les eaux courantes : sont des écosystèmes "ouverts" (rivières, fleuves). L'intensité du mouvement d'eau joue un rôle dans la composition de la communauté qui peuple le cours d'eau. Par conséquent il y a quatre écosystèmes: torrent, rivière (de plaine), fleuve, estuaire. Différence en profondeur, température, filtration, oxydation, matières minérales, sédiments, pollution (**Allan, 1995**).

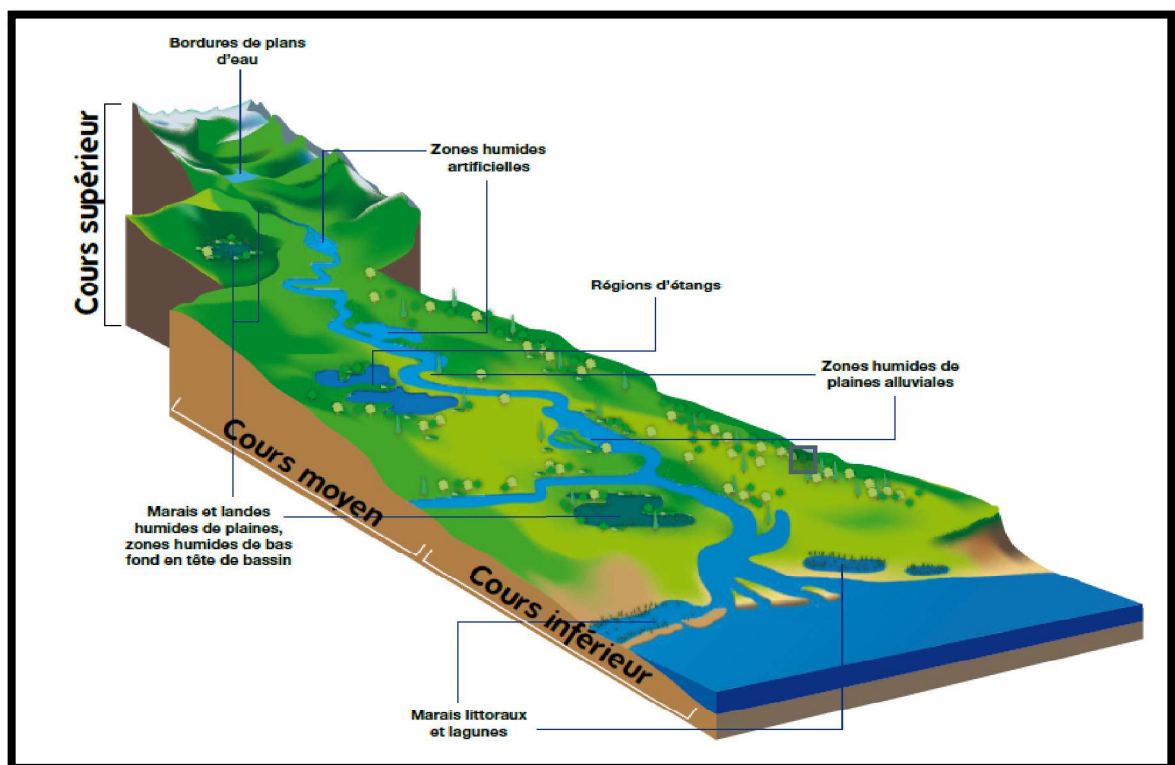


Figure 2 : Différents types d'écosystèmes aquatiques.

1.6 Les différents types des sources d'eau :

Les apports d'eau souterraine sont soit localisés (émergences, sources) et/ou diffus (échanges via la zone hyporhéique sur le fond et les rives du cours d'eau). Les différents types de source sont :

- **Hélocrène** : Désigne une source marécageuse dont l'eau suinte à travers une zone de sol et/ou roche perméable et forme une zone marécageuse relativement grande.
- **Rhéocrène** : Source qui littéralement coule directement hors du sol, l'eau étant souvent libérée sous pression; elle forme directement un ruisseau. La libération de cette eau sous pression peut notamment provenir d'un bassin artésien.
- **limnocrène** : Qualifie une source existant là où le niveau de la nappe phréatique est supérieur à celui du terrain; elle peut former d'abord un étang dans une dépression; le trop-plein de celui-ci forme ensuite un ruisseau (**Martin, 2013**).

1.7 Pourquoi utiliser les Macroinvertébrés ?

Les méthodes biologiques reposent sur l'utilisation de bio-indicateurs dans les milieux aquatiques (**Touzin, 2008**). Ces méthodes permettent d'évaluer la qualité des cours d'eau à l'aide des macroinvertébrés benthiques en considérant les changements physiologiques et morphologiques des individus à différentes mesures de structure des communautés (**Rosenberg & Resh, 1993**).

Leur choix est justifié par les avantages qu'ils ont :

a) Les macroinvertébrés benthiques sont présents et abondants dans tous les types de cours d'eau, petits ou grands (**Chessman, 1995 ; Camargo et al, 2004 ; Pelletier, 2007**).

b) Les macroinvertébrés sont relativement sédentaires, ce qui en fait des bons témoins des conditions locales. Ce sont des organismes vivants qui intègrent plusieurs composantes du milieu, comme l'habitat et les contaminants, puisqu'ils ont une durée de vie assez longue pouvant varier de quelques mois à deux ou trois ans (**Camargo et al, 2004 ; Pelletier, 2007**). Contrairement aux analyses chimiques, on peut détecter à l'aide des macroinvertébrés des perturbations qui ont eu lieu même si elles ne sont plus présentes au moment de l'échantillonnage (**Chessman, 1995**). Les macroinvertébrés reflètent de façon significative la dégradation des rivières, autant au niveau d'une pollution organique que chimique (**Pauw et Vanhooren, 1983**).

d) Ils jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire aquatique, puisqu'ils sont la source principale de nourriture pour plusieurs poissons, insectes et amphibiens. Ils doivent donc être présents en quantité suffisante et avec une diversité importante pour maintenir l'écosystème des rivières en équilibre, fonctionnel et en santé (**Chessman, 1995**).

e) Les macroinvertébrés comprennent un grand nombre de taxons dont plusieurs ont un degré de tolérance connu, ce qui facilite l'interprétation des données recueillies. De plus, le grand nombre de taxons existants leur permet de couvrir un large spectre de réponses. Différentes sources de pollution et de dégradation des cours d'eau peuvent donc être détectées grâce à eux (**Chessman, 1995 ; Camargo et al, 2004 ; Pelletier, 2007**).

f) Ils sont utilisés dans plusieurs pays depuis bon nombre d'années. Il existe donc plusieurs guides d'identification et leurs exigences écologiques sont assez bien connues (**Camargo et al, 2004 ; Pelletier, 2007**).

g) Leur taille est adéquate pour l'échantillonnage et l'identification. Ils sont pour la plupart assez gros pour être observés directement au site d'échantillonnage. Ils ne sont toutefois pas trop gros, ce qui permet de les cueillir, de les transporter et de les conserver en grande quantité avec un équipement simple et léger (**Chessman, 1995**).

1. 8 Mesures biologiques de la qualité de l'eau :

La bio-surveillance peut être définie comme « L'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement» (**Blandin, 1986 Garrec et Haluwyn, 2002**).

Les évaluations environnementales ne sont pas chose aisée, pour déterminer les effets du stress sur l'écosystème, les scientifiques ont besoin de relever des données ; il est cependant impossible d'évaluer toutes les espèces, d'où l'intérêt d'utiliser des bioindicateurs (**Markert et al, 2003 ; Burger, 2006b**). Ces derniers deviennent prépondérants dans les évaluations environnementales (**Burger, 2006a**).

La bio-indication au sens large se réfère à la capacité d'organismes ou d'un ensemble d'organismes à révéler par leur présence, leur absence ou leur comportement démographique les caractéristiques et l'évolution d'un milieu (**Blandin, 1986**). Ces êtres vivants sont alors qualifiés de bio-indicateurs. En comparaison avec les données chimiques, le contrôle biologique offre un moyen relativement abordable de mesure environnementale pour l'évaluation de la dégradation

des habitats aquatiques et de la perte de la diversité biologique induite par les perturbations anthropiques (Hynes, 1960 ; Hawkes, 1979, Karr, 1991).

Pour évaluer la qualité des cours d'eau à l'aide des macroinvertébrés benthiques on prend en considération les changements physiologiques et morphologiques des individus à différentes mesures de structure des communautés (Rosenberg & Resh, 1993).

La surveillance biologique des communautés benthiques est aujourd'hui l'outil le plus sensible pour détecter de façon rapide et précise les perturbations dans les biocénoses aquatiques (Cairns & Pratt, 1993a, Cummins, 1993). Cependant l'élaboration de méthodes de bio-évaluation de la qualité des eaux nécessite une bonne connaissance des invertébrés et de leur sensibilité par rapport à divers polluants (Norris & Georges, 1986).



Figure 3 : Larve d'invertébré benthique (Perlidae) indicatrice d'un milieu en bon état écologique.

1.9 Effets de la pollution sur les macro-invertébrés benthiques :

On peut utiliser les macro-invertébrés pour identifier plusieurs types de pollution, comme la pollution organique, métallique, de même que pour détecter une acidification du milieu. Par leur façon de se nourrir, de se reproduire et d'exploiter leur habitat (Camargo *et al*, 2004).

La constitution de référentiels de données importants et la mise au point d'un indice invertébrés désormais bien fixé (Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)) permettent de définir et d'évaluer ce bon état écologique et aussi par l'utilisation de l'indice biologique «Iberian Biological Monitoring Working Party» (IBMWP) (AFNOR, 2004).

Dans le cas des macroinvertébrés, il est préconisé en plus de prendre en compte des métriques ayant trait à l'abondance, la diversité ainsi que les ratios entre taxons sensibles et taxons tolérants dans les communautés (European Council, 2000).

Chapitre II :

Matériel et méthode

La majorité des taxons dominants et/ou polluosensibles dans les cours d'eau tempérés sont rares ou absents des cours d'eau dans les tropiques (**Boulton et al, 2008**). Exemple, les Plécoptères (taxons les plus polluosensibles en Europe continentale) sont naturellement absents ou rares en zone tropicale (**Dudgeon, 1999**).

Par exemple, si les bandes riveraines ont été détruites par l'activité humaine, la température du cours d'eau augmente, le niveau d'oxygène baisse et la quantité de débris végétaux diminue, ce qui a pour effet de favoriser les espèces tolérantes (**Pauw et Vanhooren, 1983 ; Camargo et al, 2004 ; Peterson, 2006**).

D'autres macroinvertébrés et selon leur régime trophique, consommer de façon importante des sédiments pollués ils seront ainsi exposés à une plus grande quantité de polluant que tout autre organisme se trouvant uniquement dans la colonne d'eau au-dessus d'eux (**Woodcock et Huryn, 2007**).

À l'opposé, les hémiptères aquatiques sont très résistants à la pollution organique, puisqu'ils respirent directement à la surface de l'eau à l'aide de tube respiratoire situé à l'extrémité de leur abdomen (**Borrer et White, 1999**). Les macro-invertébrées benthiques forment donc une partie importante des écosystèmes d'eau douce (**Moisan, 2010**).

d'une superficie de 1 900 000 ha dont une grande partie a été dégradée, sous l'effet de sécheresses prolongées (A.N.I.R.E.F, 2014).

2.2.2 Les Djebels et montagnes :

Constitués par les monts du Djebel Amour dont les altitudes varient entre 800 et 1720 m. Cette zone est formée d'une succession de montagnes qui occupent une bande de 150 km de large du Nord au Sud, et de 400 km du Sud Ouest au Nord Est, et paraissent dominer dans la plupart des chaînons (Ritter, 1902).

2.2.3 Le sol :

La région de Laghouat se distingue, principalement, par trois grands ensembles de sols. L'un se caractérise par les piémonts de l'Atlas saharien, le second par la plaine alluviale de l'Oued M'zi et l'autre par un plateau à surface plane, avec une charge caillouteuse en surface. Ces sols sont, généralement, peu profonds. La roche mère de ces sols est, le plus souvent, constituée par des formations marneuses et calcaires ; ce qui explique leur richesse en sels solubles et en calcaires (Khadraoui., 2004).

D'après Halitim (1998), les sols dans la zone aride d'Algérie sont généralement hydromorphe de minéraux brutes, ou halomorphes. Ces derniers sont classés en sols sans accumulation de sels, sols calcaires, sol gypseux, et sols salés.

Selon la texture, la région de Laghouat se caractérise par trois types de sols : sablonneux-argileux, limono-sableux et limono-argileux.

2.2.4 Hydrologie :

La région de Laghouat se caractérise par un faible potentiel en eau. On peut distinguer 03 systèmes aquifères, à savoir : la nappe phréatique du quaternaire, le complexe terminal et le continental intercalaire (Khadraoui, 2004).

Le réseau hydrologique est fortement influencé à la fois par les variations saisonnières et interannuelles de la pluviométrie et le relief formant un cloisonnement topographique (Halitim, 1998). Les ressources en eaux superficielles sont localisées dans l'Atlas Saharien, leur faible importance est liée à l'irrégularité du régime pluviométrique et à la forte évaporation. Les principaux Oued y sont : Oued M'zi, Touil et Oued Medsous (C.D.F, 2014).

Les deux zones de la wilaya de Laghouat (Nord-ouest, Sud-est) sont traversées par les trois oueds dont le plus important est Oued M'zi. Son cours va du Nord-ouest vers le Sud est. Il y a lieu d'ajouter l'existence de plusieurs sources qui constitueraient un apport considérable pour l'agriculture si toutefois leurs captages seraient réalisés (C.D.F, 2014).

2.2.5 La faune :

D'après **Ramad (2003)**, c'est un terme désignant l'ensemble des espèces animales constituent une zoocénose c'est-à-dire la totalité des unités systématiques présentes dans telle entité.

Dans la wilaya, on peut remarquer la dominance des ovins avec 87.87 % de l'effectif total, suivis par les caprins avec 10.50 % les bovins avec 1.29 %, alors que les chevaux 0.23 % du l'effectif animal (**D.S.A.U., 2009**).

2.2.6 La flore :

Dans la région de Laghouat, le Nord-Ouest est constitué de vieux massifs forestiers, d'une superficie de 68 430 ha, de nappe alfatière, couvrant une superficie de 315 125 ha, ainsi que des parcours, d'une superficie de 508 000 ha. La zone Sud-est est constituée de vastes étendues steppiques, dont une grande partie se trouve dans un état dégradé (sécheresse, labours illicites et surpâturage). Leur composition est étroitement liée aux facteurs écologiques du milieu (**C.D.F, 2014**). Les zones inférieures ou présahariennes se caractérisent par la présence et la dominance d'espèces steppiques strictes. La flore de la région de Laghouat présente un nombre d'espèce très importante.

2.3 La géomorphologie :

Parmi les reliefs présents dans la région de Laghouat présente trois ensembles distincts: (**Abed, 1982**).

a. Partie Nord: faisant partie de l'Atlas Saharien et constituée par les monts du Djebel Amour dont les altitudes varient entre 800 et 1720m. Cette zone est formée d'une succession de montagnes et de dépressions orientées généralement du Sud-ouest au Nord-Ouest.

b. Partie centre: allongée d'Ouest en Est, elle présente une largeur réduite et elle correspond aux piémonts bas de l'Atlas Saharien et à la vallée de l'oued Djedi oued Atar.

c. Partie Sud: appelée communément "Zone de Dayas" formée pratiquement d'un plateau plus ou ondulés.

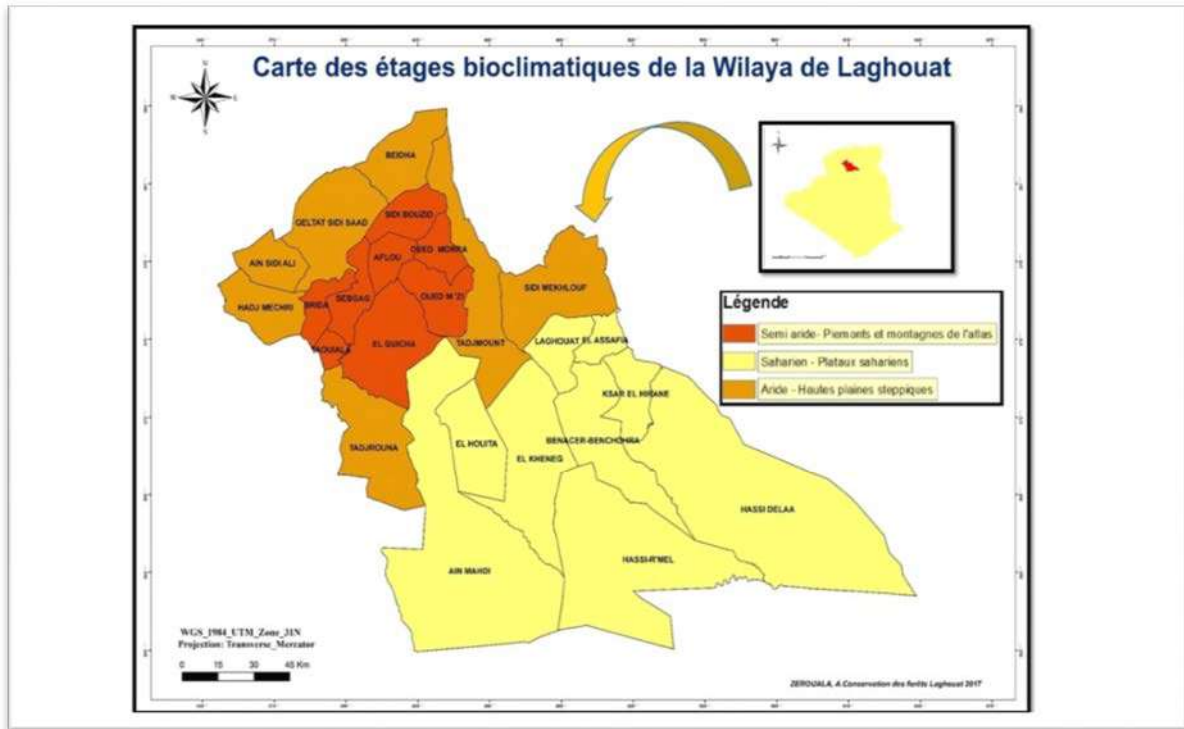


Figure 6 : Carte climatique de la wilaya de Laghouat.

2.5 Caractérisation climatique :

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants, il dépend de nombreux facteurs : température, précipitation, humidité, vent (Faurie et al, 2003).

2.5.1 Température :

La température est élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métabolique en dépendant (Dajoz, 2006). Les températures de la région d'étude collectées durant la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans le (Tab.2).

Tableau 2 : moyenne mensuelle et annuelle des températures de la région de Laghouat (2008-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Température C°	8.73	9.88	13.62	18.04	22.61	28.01	32.20	30.94	25.36	19.99	12.89	8.97	19.67

Source : ONM. Laghouat 2018.

D'après ces données, nous notons le mois le plus froid dans la région de Laghouat est le mois de Janvier avec une température minimale de 8,73 °C, tandis que le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une température maximale de 32,20 °C.

2.5.2 Précipitation :

D'après **Djebaili (1978)**, la précipitation c'est le facteur primordial qui permette de déterminer le type de climat, La pluviométrie annuelle varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal. Les précipitations moyennes mensuelles de la région d'étude collectées durant la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans le (Tab.3).

Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de la région de Laghouat (2008-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total P (mm)
Précipitations (mm)	9.77	8.58	10.56	18.72	9.93	7.45	7.96	10.85	27.53	23.31	12.45	19.3	155.27

Source : ONM. Laghouat 2018.

A partir des données enregistrées sur une période de 10 ans (2008-2017). La précipitation moyenne annuelle est d'environ 155,27 mm à la station de Laghouat. Le moins le plus pluvieuse est le mois de Septembre avec de moyenne de 27, 53 mm. Cependant, le mois le plus sèche est Juin avec de moyenne de 7 ,45mm.

2.6 La synthèse bioclimatique :

2.6.1 Diagramme d'Ombrothermique de GAUSSEN :

Le diagramme Ombrothermique permet de représenter les éléments du climat, d'une région, du point de vue précipitations et températures, pendant une période donnée. Il permet également de déterminer les périodes sèches et humides de l'année (**Dajoz, 1985**).

D'après **Dajoz (1985)**, Gaussen, considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P), exprimée en mm, est inférieure au double de la température moyenne, exprimée en degrés Celsius ($P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$). Pour localiser les périodes humides et sèches de la zone d'étude, nous avons tracé le diagramme Ombrothermique pour les périodes allant de 2008-2017 de la région de Laghouat (Fig.7), il fait apparaître une seule période sèche s'étalant sur les 12 mois de l'année.

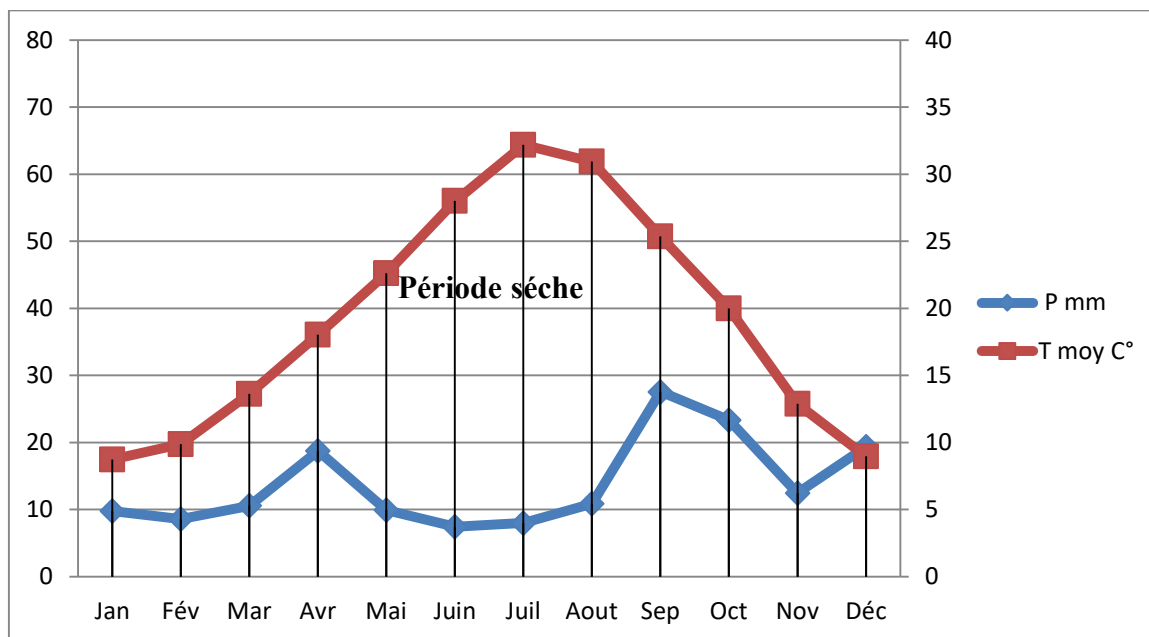


Figure 7 : Diagramme Ombrothermique de Gausson de la région de Laghouat 2008-2017.

2.6.2 Le climagramme d’Emberger :

Il permet de situer la région d’étude dans l’étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971). Le quotient pluviométrique d’Emberger est déterminé selon la formule suivante (Stewart, 1969) :

$$Q_2 = 3.43 \times P / (M - m)$$

Q_2 : Quotient pluviométrique d’Emberger ;

P : est la somme des précipitations annuelles exprimées en mm ;

M : est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud ;

m : est la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

D’après Kaabeche (1990) et Nadjraoui (2011), les limites des étages bioclimatiques sont souvent établies en fonction de la pluviosité moyenne annuelle (P mm). Quant aux valeurs de la température minimale (m°C), elles constituent des variantes thermiques. Le tableau 3 résume les résultats de ce quotient, obtenus dans la région d’étude (Laghouat).

Tableau 4 : Etage bioclimatique de la région d’étude.

Région	Cours d’eau	P (mm)	T Max (°C)	T Min (°C)	Quotient d’Emberger	Etage bioclimatique
Laghouat	Milok	151.21	36.08	1.96	15.20	Aride à hiver frais

Un étage bioclimatique Aride à hiver frais, représente la région de Laghouat. Cette dernière est caractérisée par des précipitations très faibles et une période sèche s'étalant, généralement, sur toute l'année (Fig.8).

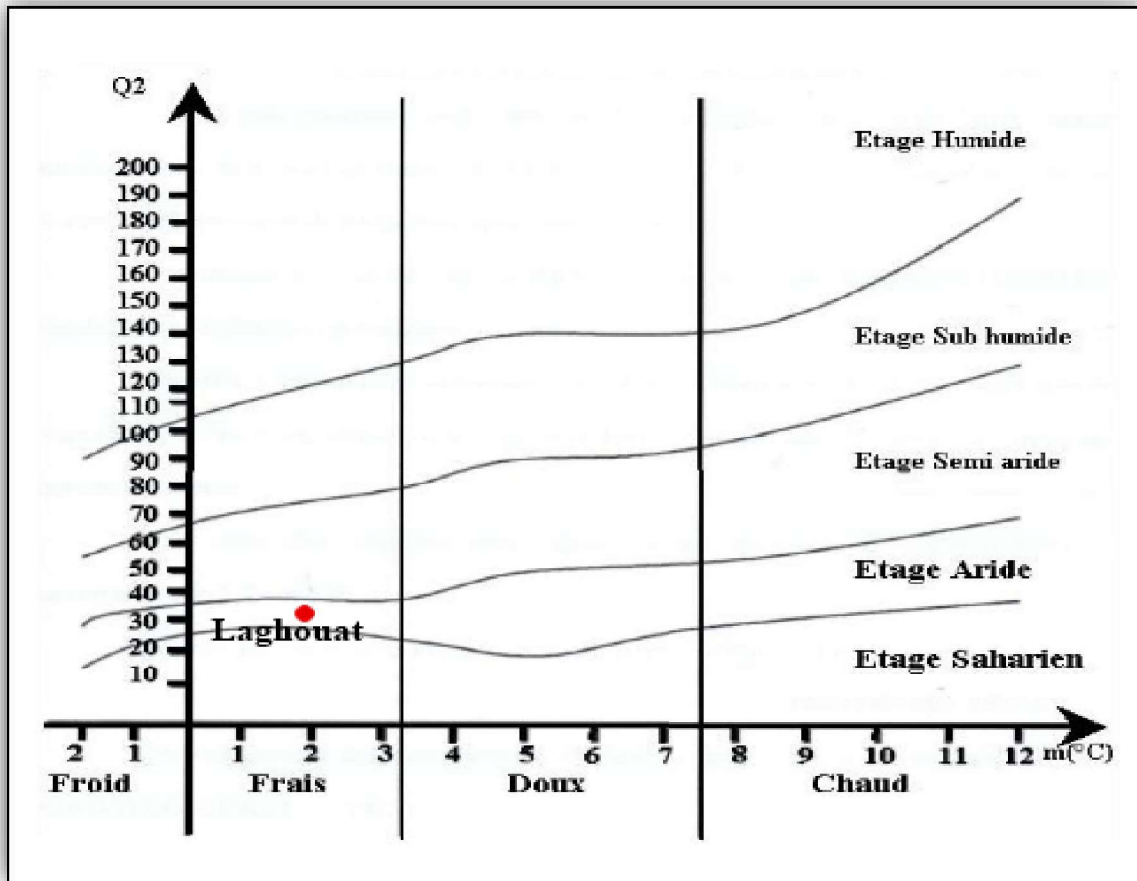


Figure 8: Emplacement de la région de Laghouat sur le climagramme d'Emberger.

2.7 Présentation de la zone d'étude :

➤ Localisation géographique :

La source de Milok est située dans la région nord-ouest de la wilaya de Laghouat, à environ 20km au nord de département de la wilaya, se trouve dans Djebel Milok qui est limité par la chaîne des monts de djebel amour au nord, c'est une source d'eau considérer comme un affluent très important pour les citoyens et les éleveurs locaux.



Figure 9 : Une image de la zone d'étude (Milok).

Les coordonnées géographiques de la source de Milok sont :

- Altitude : 848m ;
- Latitude : 33°51 '40" nord ;
- Longitude : 2°44'22" Est.

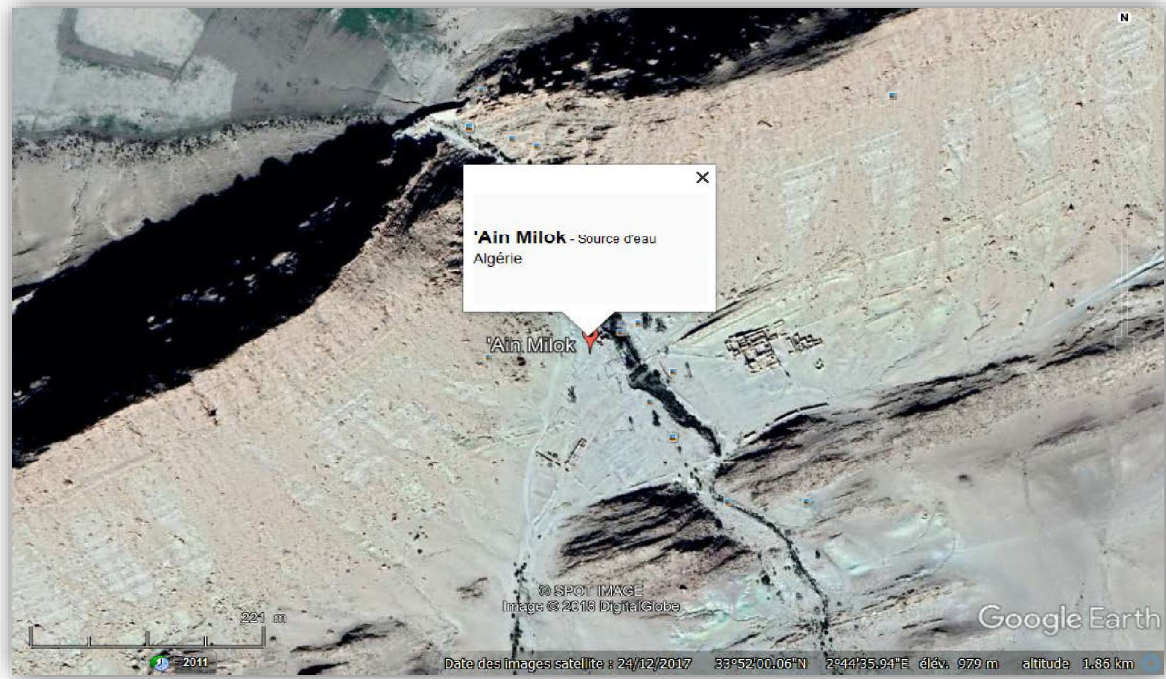


Figure 10 : Image satellitaire de la zone d'étude de Milok (Google Earth).

2.8 Choix et description de la zone d'étude :

Durant cette étude qui s'est intéressée à la région de Laghouat « source de Milok ».


La zone de Milok est connue sous le nom de Djnan El Marhouana, car elle est constituée d'une couverture végétale diversifiée.

Le choix de la station a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que :

- ✓ La diversité de l'habitat ;
- ✓ L'écoulement du cours d'eau permanent ;
- ✓ Une région accessible ;
- ✓ Située en amont de la ville de Laghouat ;
- ✓ Aussi la source de Milok est moins connue chez les auteurs et les chercheurs scientifiques.

Pour notre site d'étude, le tableau suivant permettra de vérifier les différents critères qui définissent la source d'eau de Milok.

Tableau 5 : Les différents critères de la source d'eau de Milok.

Caractéristiques	Illustrations
<ul style="list-style-type: none"> • Altitude: 848 m • Profondeur moyenne : 10 cm ; • Vitesse du courant : moyenne à rapide ; • Substrat: des pierres, gravier, cailloux ; • Végétation bordante: Herbacées ; • Végétation aquatique: Quelques algues ; • Largeur moyenne du lit : 1,5m ; • Lit : dur; • Tronçons végétaux avec accumulation fréquente de débris ligneux. 	

2.9 La végétation de la zone d'étude :

Les formations botaniques de la zone d'étude sont représentées par la couverture végétale de la région de Milok qui constitue une richesse floristique non négligeable, le milieu est typiquement steppique, il s'agit des espèces végétales qui se régénèrent naturellement comme la steppe alfa (*stipa tenacissima*) des herbes, arbustes, palmier dattier, ou elles sont cultivées comme les oliviers, et aussi quelques arbres comme les eucalyptus (Tidjani et al, 2010).

Les Principaux types de végétaux qui sont observée dans le site d'étude et au bord de cours d'eau de la source de Milok sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Principales types de végétaux de la zone d'étude de Milok.

No	Nom des végétaux	Nom commun	Famille
1	<i>Nerium oleander</i>	Laurier rose	Apocynacées
2	<i>Juniperus phoenicea</i>	Genévrier de Phénicie	Cupressacées
3	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Euphorbe crayon	Euphorbiacées
5	<i>Pistacia lentiscus</i>	Pistachier lentisque	Anacardiaceae
6	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romarin	Lamiacées
7	<i>Bryonia dioica</i>	Bryone dioïque	Cucurbitaceae
8	<i>Artemisia herba alba</i>	Armoise blanche	Astéracées
9	<i>Stipa tenacissima</i>	Alfa	Poaceae
10	<i>Haloxylon salicornicum</i>	Haloxylon/Hammad Elegans	Amaranthaceae
11	<i>Stipa parviflora desf</i>	Steppe à petites feuilles	Poaceae
12	<i>Artemisia campestris</i>	Armoise champêtre	Astéracées
13	<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambou commun	Poaceae
14	<i>Retama raetam</i>	Retama	Fabacées
15	<i>Phoenix dactylifera</i>	Palmier dattier	Palmaceae
16	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalyptus	Myrtaceae

2.10 Méthode d'échantillonnage :

Les protocoles de prélèvements des macroinvertébrés benthiques sont divers et différents, chaque stratégie différera selon les types des cours d'eau de substrats (grossier ou meuble) et l'écoulement des cours d'eau (lent ou rapide) (Stark et al, 2001). Ces types de cours d'eau sont également désignés respectivement en termes de cours d'eau à forte pente (high gradient stream) ou à faciès lotiques et cours d'eau à faible pente (low gradient stream) ou à faciès lenticques (Barbour et al, 1999 ; Stark et al, 2001).

Pour effectuer des prélèvements, on sélectionne en général un tronçon de cours d'eau dans la longueur est sensiblement égale à 50 m, ou bien qui représente approximativement dix fois la largeur du lit mouillé nommé la station qui est l'unité de base de l'échantillonnage (Haouchine, 2011).

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un filet troubleau, à ouverture circulaire d'une surface de 30cm à maille de 275 μm , le troubleau est conseillé dans les milieux lentiques. La procédure consiste à réaliser des va et vient au-dessus de la zone sélectionnée en frappant le substrat et en passant le filet au-dessus de la zone perturbée sur un mètre de distance, afin de capturer les invertébrés délogés ou tentant de fuir. Les pierres et les galets de la surface échantillonnée ont été retournés et nettoyés à l'ouverture du filet, pour arracher les espèces fixées. Une fois le prélèvement est effectué, on retire le troubleau de l'eau, et on vérifie finalement si le filet contient encore des invertébrés. Les échantillons récoltés sont mis dans des sachets en plastiques, après dans des bouteilles en plastiques, puis fixés par le formol à 10% sur place, tout en indiquant la date de prélèvement. Cette étape est réalisée à l'aide d'un matériel du terrain (Annexe I).

2.11 Tri et détermination des organismes :

Au laboratoire, les spécimens sont rincés sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (500, 275 and 75 μm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant, et les éléments grossiers (graviers, sable, plantes, feuilles...) puis conservés dans de l'alcool à 70%. En manipulant délicatement les organismes, à l'aide de pinces fines dans des boites de pétri, le tri et l'identification sont faits sous une loupe binoculaire (modèle Discovery V8, Zeiss).les matériels utilisés au laboratoire dans (Annexe I).

Dans notre cas, et dans le cadre de l'étude de la répartition des communautés d'invertébrés, au niveau de la source du Milok, il paraît suffisant de prendre la famille comme niveau homogène pour l'analyse de nos résultats. Car d'après **Ivol-Rigaut (1998)**, quel que soit le niveau taxonomique, la différenciation régionale se manifeste dès la famille avec l'expression d'un gradient faunistique. Cependant, selon certains auteurs (**Porst et Irvine 2009, Hewlett, 2000 ; Marshall et Steward, 2006**) une idée préliminaire de la biodiversité peut être faite à partir d'un niveau taxonomique supérieur.

Pour la détermination, l'ouvrage de base est le guide des invertébrés d'eau douce « systématique, biologie et écologie » de **Tachet et al (2003)**, Guide d'invertébrés d'eau douce (**Tachet et al, 2002**), Guides d'identification des principaux macroinvertébrés d'eau douces (**Moisan et Pelletier, 2008.2010.2011**) ; Guide d'identification des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie (**Mary, 2017**).

2.12 Période d'échantillonnage :

En raison du cycle de vie des organismes benthiques, la saison d'échantillonnage a une forte influence sur les résultats de richesse spécifique et d'abondance. Il est important de toujours effectuer les suivis à la même période (**Garcia et al, 2014**).

Pour notre site d'étude, la capture des macroinvertébrés s'est effectuée en deux périodes à savoir la période d'hiver, et la période de printemps au moment où les peuplements sont à l'état le plus stable, Les captures ont donc débuté en décembre et elles ont pris fin en mai avec de deux sorties par mois.

2.13 Méthodes d'analyse de la structure du peuplement :

2.13.1 Les indices de diversité :

Se sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux pour la structure du peuplement. La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'Équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (**Barbault, 1995**).

Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (**Dajoz, 1985**).

La première étape consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir des deux variables que sont la richesse spécifique et l'abondance (**Grall & Hill, 2003**). Ces paramètres permettent la description de la structure des peuplements.

Dans cette étude, la diversité taxonomique a été établie avec les indices écologiques suivants : l'indice de diversité de Shannon-Wiener, l'indice d'Équitabilité de Pielou.

2.13.1.1 L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') :

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (**Gray et al, 1992**). Selon **Magurran (1988)**, la valeur de cet indice varie généralement entre 1,5 et 3,5, il dépasse rarement 4,5. Il se calcule par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Où :

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$;

S = nombre total d'espèces;

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominances. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce

dominante très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance).

2.13.1.2 L'indice d'Equitabilité de Piélou :

L'indice d'Equitabilité ou d'Equirépartition (E) est le rapport entre la diversité calculée (H') et la diversité théorique maximale (H'_{\max}) qui est représentée par le \log_2 de la richesse totale (S) (Blondel, 1979).

$$J' = H'/H'_{\max}$$

$$H'_{\max} = \log S \text{ (S= nombre total d'espèces)}$$

Cet indice varie de 0 à 1. Lorsqu'il tend vers zéro ($E < 0,5$), cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il est égal à 1 lorsque Toutes les espèces ont la même abondance (Barbault, 1981).

2.13.2 Les indices biologiques :

Les méthodes biologiques tentent d'apprécier les effets de la pollution sur les organismes aquatiques plutôt que d'en déterminer les causes. Les peuplements aquatiques intégrant de façon permanent les conditions du milieu, donnent une image synthétique de la qualité générale du cours d'eau.

2.13.2.1 L'Indice Biologique Global Normalisé «IBGN » :

L'IBGN permet d'évaluer la qualité générale d'un cours d'eau au moyen d'une analyse des macroinvertébrés benthiques qui est considérée comme une expression synthétique de cette qualité générale. La méthode permet d'évaluer, dans les limites de sa sensibilité, l'effet d'une perturbation sur le milieu récepteur (AFNOR, 1992,2004).

Le principe d'IBGN est de prélever, déterminer et dénombrer les macroinvertébrés à l'échelle d'une station, afin de définir le groupe indicateur et le nombre de taxons (Bonnin et Colin, 2015).

L'IBGN repose sur l'utilisation d'une liste de 138 taxons de macroinvertébrés dont 38 indicateurs (Annexe III). Ces derniers sont classés en fonction de leur sensibilité croissante à la pollution (Annexe IV), une valeur fluctuante de zéro (0) (très mauvaise qualité) à vingt (20) (très bonne qualité) est attribuée en fonction de la présence d'un taxon indicateur en suffisamment grand nombre et du nombre de taxons appartenant à la liste des 138 taxons.

Tableau 7 : Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) selon Afnor, 1992.

IBGN	20-16	16-12	12-8	8-4	4-0
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité de l'eau	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

2.13.2.2L' indice Iberian Biological Monitoring Working Party «IBMWP »:

Iberian Biological Monitoring Working Party ou (IBMWP) utilisé essentiellement en Espagne, il s'agit d'une modification de l'indice BMWP (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988 ; Alba-Tercedor et al, 2002), adapté aux conditions de la péninsule ibérique. Notons que l'Espagne est la région la plus similaire de point de vue hydrologique de l'Algérie avec un certain nombre des espèces communes d'invertébrés. L'indice IBMWP implique la plupart des taxons des macroinvertébrés comme bio-indicateurs en limitant le niveau taxonomique jusqu'à la famille ; il tient également en compte la typologie des différents cours d'eau méditerranéens (permanent et temporaire) (Sellam, 2016). Cependant, nous avons utilisé les cours d'eau permanant de cet indice étant donné que la source étudiée est située principalement dans un étage bioclimatique aride. Le tableau 8 illustre les catégories de la qualité de l'eau en fonction de l'indice BMWP.

Tableau 8 : Qualité de l'eau en fonction de l'indice IBMWP.

Classe	Qualité de l'eau	Score	Signification	Couleur
I	Bonne	>150 101-120	Eau très propre (primitif) Système non pollué et ou pas raisonnablement altéré.	Bleu
II	Passable	61-100	Evidence des effets doux de pollution	Vert
III	Douteux	36-60	Eau polluée (système altéré)	Jaune
IV	Critique	16-35	Eau très polluée (système très altéré)	Orange
V	Très critique	<15	Eau fortement polluée (système fortement altéré)	Rouge

Chapitre III :

Résultat et

discussions

3. Résultats et discussions

3.1 Paramètres physico-chimiques :

3.1.1. La température de l'eau :

Selon **Angelier (2000)**, la température de l'eau est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des êtres vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau.

La température mesurée dans les échantillons d'eau de la source de Milok varie d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre (Tableau 9).

Tableau 9 : variation de la température de la source d'eau de Milok.

	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne
Température de l'eau en C°	18	16	18	18.05	18	22.8	18.47

3.1.2. Le pH de l'eau :

Le pH des milieux aquatiques est en fonction de la composition chimique de la solution aqueuse, qu'est déterminée par la nature des structures géologiques traversées et de l'activité des organismes.

L'activité photosynthétique provoque dans les milieux aquatiques d'importantes variations diurnes de pH. Pendant la journée, l'absorption intense de gaz carbonique entraîne une élévation de pH et une précipitation des carbonates, ainsi le mécanisme inverse intervient pendant la nuit. Le bicarbonate de calcium donne aux eaux naturelles, un pouvoir tampon permettant le rétablissement des conditions initiales en cas de pollution par des déversements acides (**Pesson, 1980**).

Le pH des eaux continentales, très variable, est étagé dans les cas extrêmes depuis trois pour les fleuves situés ou traversant des substrats rocheux très acides, jusqu'au dix pour certaines eaux très dures que l'on rencontre dans les milieux karstiques. Dans le cas général, le pH des cours d'eau est compris entre 6,5 et 8,5 (**Ramade, 2009**).

Dans cette étude, le pH de l'eau est mesuré à l'aide d'un pH-mètre du terrain (Tab.10).

Tableau 10 : les valeurs du pH durant la période d'échantillonnage.

	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
pH	8	8.2	7.6	7.4	6,91	6.6

La source de Milok est caractérisée par des valeurs moyennes de pH. Il est de faible alcalinité selon la classification de (**Nisbet & Verneaux, 1970**), (Annexe II). Ceci peut être justifié par sa nature géologique, qui est constitué de roches et calcaire.

3.1.3. Écoulement et vitesse du courant :

Les écoulements de surface représentent un facteur écologique essentiel qui agit sur la composition, la structure des biocénoses aquatiques et il exerce une influence sur le comportement, la distribution et le métabolisme des communautés. L'écoulement est caractérisé par un profil de vitesse qui dépend du débit, des précipitations, de la pente, de la largeur du lit, des apports des affluents ainsi que la taille des substrats et de la profondeur de la lame d'eau (**Haouchine, 2011**).

Dans ce travail la vitesse du cours d'eau est effectuée à l'aide d'un flotteur lâché, en dérive sur une distance connue (1m), le temps mis par le flotteur à parcourir cette distance permet de calculer la vitesse.

Les relevés de la vitesse de l'eau qui ne présentent que des valeurs indicatrices, sont portés sur le tableau 11. Elles sont classées selon l'échelle de BERG :

- Vitesse très lente : inférieur à 0,1 m/s ;
- Vitesse lente : 0,1 à 0,25 m/s ;
- Vitesse moyenne : 0,25 à 0,50 m/s ;
- Vitesse rapide : 0,50 à 1 m/s ;
- Vitesse très rapide : supérieur à 1 m/s.

La vitesse du cours d'eau de la source de Milok est moyenne à rapide.

Tableau 11 : les valeurs de la vitesse du courant.

	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Vitesse (m/s)	0.42	0.45	0.48	0.28	0.24	0.40

3.2 L'analyse faunistique :

Les résultats des abondances de chaque taxon de la région d'étude sont présentés dans le tableau 12, et les résultats de la richesse faunistique de la source étudié durant le mois de Décembre à Mai 2018 sont présentés dans le tableau 13.

3.2.1. Analyse globale de la structure des Macroinvertébrés :

La structure des communautés est caractérisée par la distribution de la richesse et de la diversité taxonomique dans la zone d'étude. La présente étude faunistique a permis de recenser 4 classes d'invertébrés benthiques dans la source de Milok. L'analyse de l'ensemble du peuplement récolté, montre que les insectes sont numériquement les plus recensés et représentent le pourcentage le plus élevé avec 86%. La classe des crustacés prend la deuxième position après les insectes avec un taux de 10% suivi par les gastéropodes avec 4% et les arachnides avec un taux très faible (Fig.11).

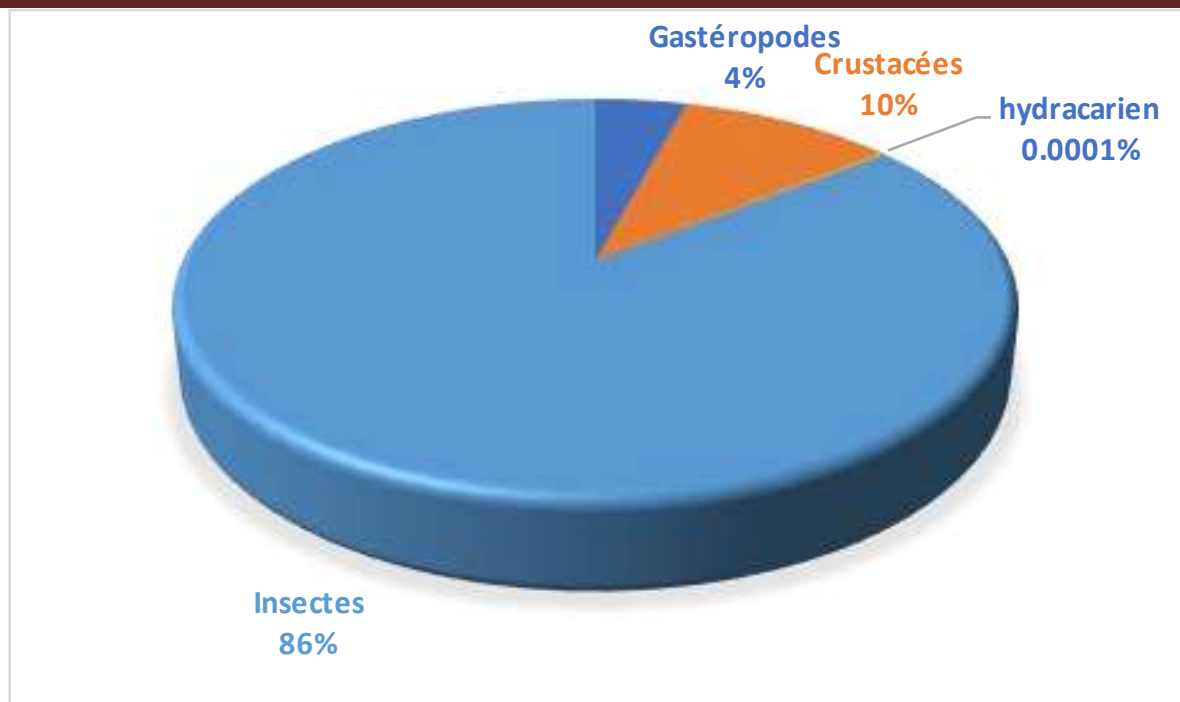


Figure 11 : Classes d'invertébrés benthiques dans la source d'eau de Milok (Laghouat).

Les quatre classes de macroinvertébrés benthiques recensées sont représentées par 7 ordres et 14 familles (Tab. 12).

Tableau 12 : Abondances taxonomiques d'invertébrés benthiques de la source d'eau Milok.

Groupes	Familles	Nombre d'individus
Coleoptera	Hydraenidae	12
	Hydrophilidae	07
	Elmidae	18
Copipoda	Cyclopidae	45
Ostracoda	Ostracode	504
Ephemeroptera	Baetidae	4433
	Caenidae	48
Trichoptera	Hydropsychidae	141
	Polycentropodidae	07
Diptera	Chironomidae	31
	Ceratopogonidae	04
Basomatophora	Limnaeidae	78
	Hydrobiidae	155
Hydracarien	Hydracarina	09
8	14	5492

Tableau 13 : Richesse taxonomique des macroinvertébrés benthique de la source d'eau Milok.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Milok	
Mollusques	Gasteropoda	Basomatophora	Hydrobidae	*	
			Limnaeidae	*	
Arthropodes	Crustacea	Copipoda	Cyclopidae	*	
		Ostracoda	Ostracoda	*	
	Arachnida	Hydracarien	<i>Hydracarina</i>	*	
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*	
			Caenidae	*	
		Coleoptera	Hydrophilidae	*	
			Hydraenidae	*	
			Elmidae	*	
		Diptera	Chironomidae	*	
			Cératopogonidae	*	
		Trichoptera	Hydropsychidae	*	
			Polycentropodidae	*	
		2	4	8	14

3.2.2. Abondance quantitative des groupes faunistiques :

Huit ordres d'invertébrés benthiques ont été signalés dans la source de Milok, dont celui des Ephéméroptères est le mieux représenté avec 81% (4481 individus) suivi par les Crustacés 10% (549 individus).

Les Gastéropodes, les Trichoptères, les Coléoptères, les Diptères sont faiblement représentés. Ils constituent respectivement 4% (233 individus) ,3% (148 individus) ,1%(37individus) ,1%(35individus). Et les Hydracariens sont très faible avec 09individus.

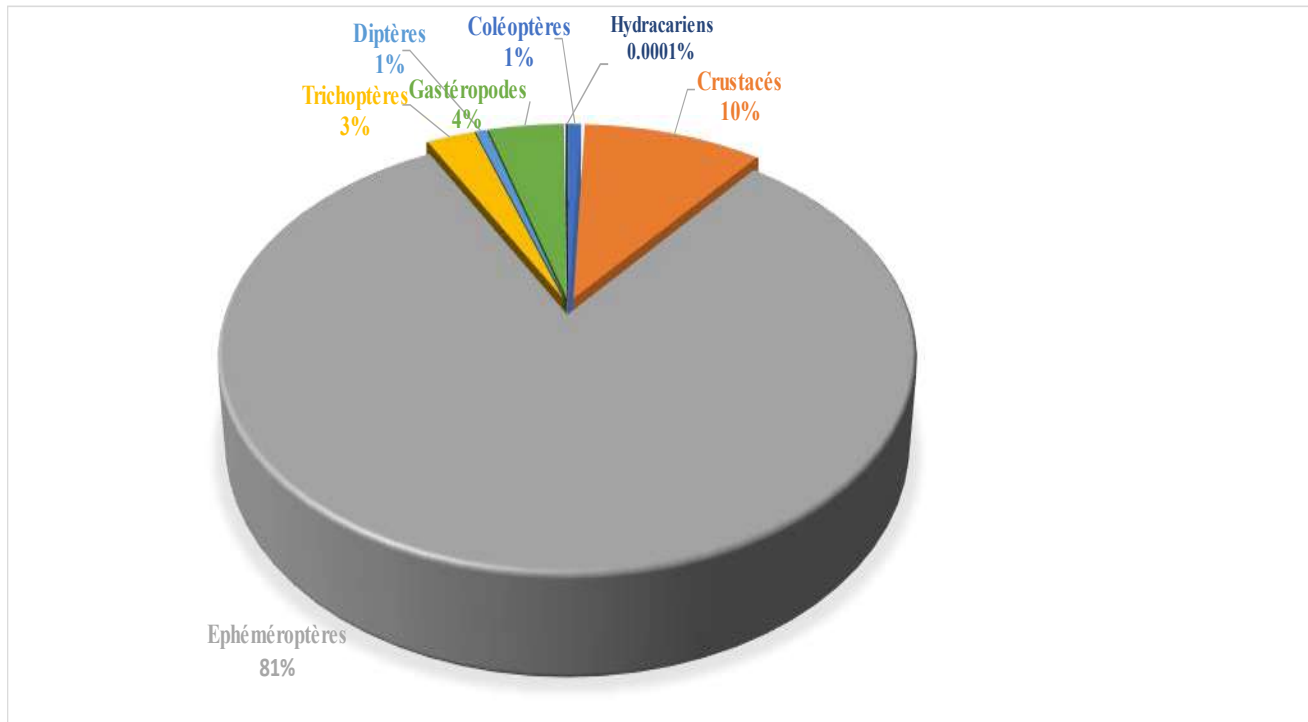


Figure 12 : Abondance quantitative des groupes faunistiques de la source de Milok (Laghout) durant la période d'échantillonnage.

3.3 Analyse temporelle :

3.3.1. Mois de Décembre :

Selon la Figure13, on peut dire que l'ordre des Ephéméroptères est le plus dominant, il est représenté par deux familles qui sont les Baetidae avec 158 individus, soit 62% et les Caenidae avec 04 individus, soit 02%.

Ensuite, les Crustacés prennent la deuxième position. Ils sont représentés par deux familles : les Cyclopidae et les Ostracodes dont les effectifs sont respectivement 28 individus, soit 11 %, 27 individus, soit 11 %.

La troisième position pour les Coléoptères qui sont représentés par trois familles : les Hydraenidae 03 individus soit 01% ; les Hydrophilidae (01 individus) ; les Elmidae avec 11 individus soit 4%.

Les autres ordres (les Trichoptères, les Diptères, les Gastéropodes) sont faiblement représentés.

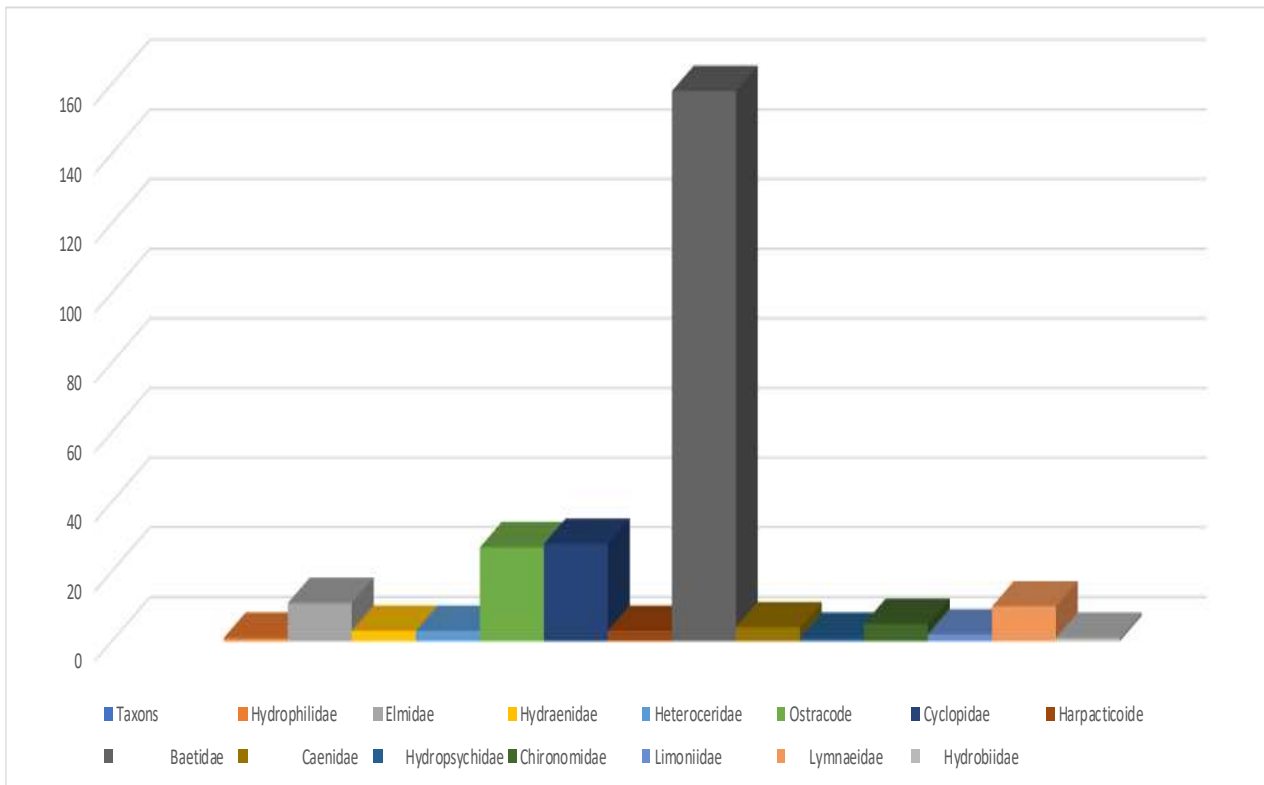


Figure 13 : Répartition des familles recensées au cours du mois de Décembre.

3.3.2. Mois de Janvier :

Dans ce mois, l'ordre des Ephemeropteres est toujours le plus dominant et il est represente par deux familles les Baetidae avec 109 individus soit 57% ; et les Caenidae avec 01 individus.

Les Gastéropodes en deuxième place avec deux familles : les Hydrobiidae 26 individus, soit 14% ; et les Limnaeidae 20 individus, soit 10%.

L'ordre des Crustacés qui prennent la troisième position, est représentée par deux familles, la famille des Ostracodes avec 20 individus, soit 10%, et la famille des Cyclopidae avec 02 individus qui a diminué par rapport au mois de Décembre.

Les autres ordres (les Coléoptères, les Trichoptères, les Diptères) sont faiblement représentés.

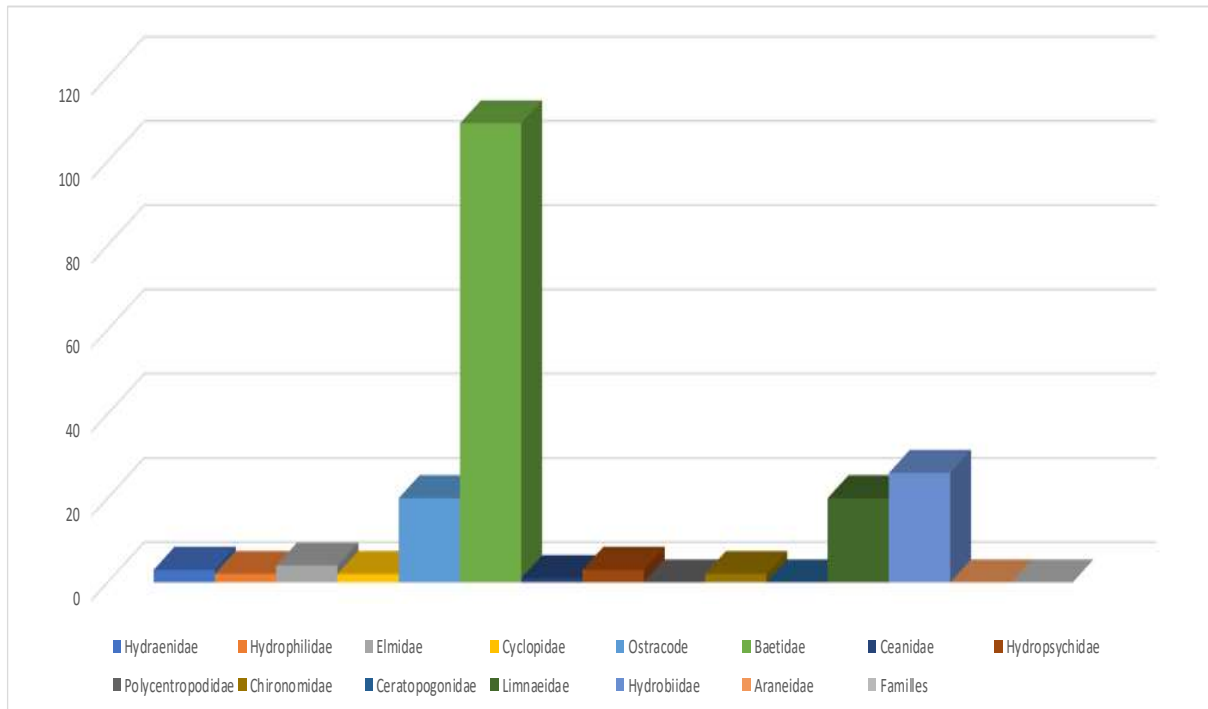


Figure 14 : répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Janvier.

3.3.3. Mois de Février :

Au cours de ce mois l'ordre des Ephemeropteres est le souverain. Deux familles representent cet ordre, les Baetidae sont toujours les plus dominant avec 339 individus soit 79%, les Caenidae avec 02 individus, soit 01%.

En suite l'ordre des Gastropodes. Cet ordre est egalement represente par deux familles, les Hydrobiidae avec 32 individus soit 07% et les Limnaeidae avec 03 individus soit 01%.

En troisieme position le nombre des Trichopteres est considerablement augmente au cours de ce mois, il est represente par deux familles : les Hydropsychidae par 23 individus soit 05%, et les Polycentropodidae avec 03 individus soit 01%. Cette derniere, est une nouvelle famille qui a apparu durant ce mois.

Aussi au cours de ce mois une apparition de deux ordres qui est les Hydracariens, represente par une seule famille, Hydracarina avec 02 individus.

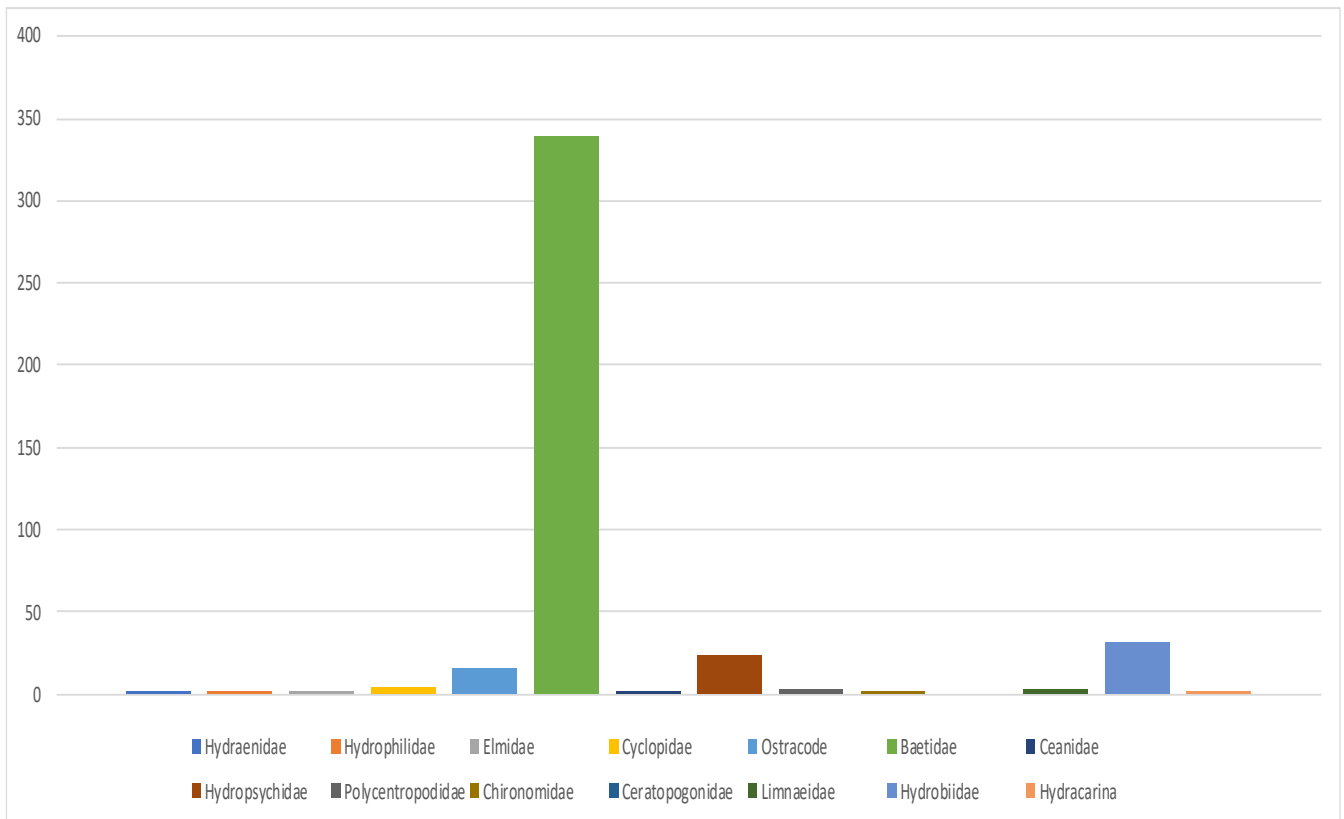


Figure 15 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Février.

3.3.4. Mois de Mars :

Comme tous les mois précédents l'ordre des Ephéméroptères est le plus dominant avec deux familles : les Baetidae 456 individus, soit 87% ; les Caenidae 03 individus, soit 01%.

Ensuit les Gastéropodes prennent la deuxième place avec 28 individus, ils sont représentés par deux familles : les Hydrobiidae avec 25 individus soit 04% et les Limnaeidae avec 05 individus soit 01 %.

Par contre, on remarque une diminution de la famille des Ostracode avec 04 individus soit 01%, par rapport les mois précédentes.

Les autres ordres (les Coléoptères, les Crustacés, les Trichoptères, les Diptères et les Hydracariens) sont faiblement représentés.

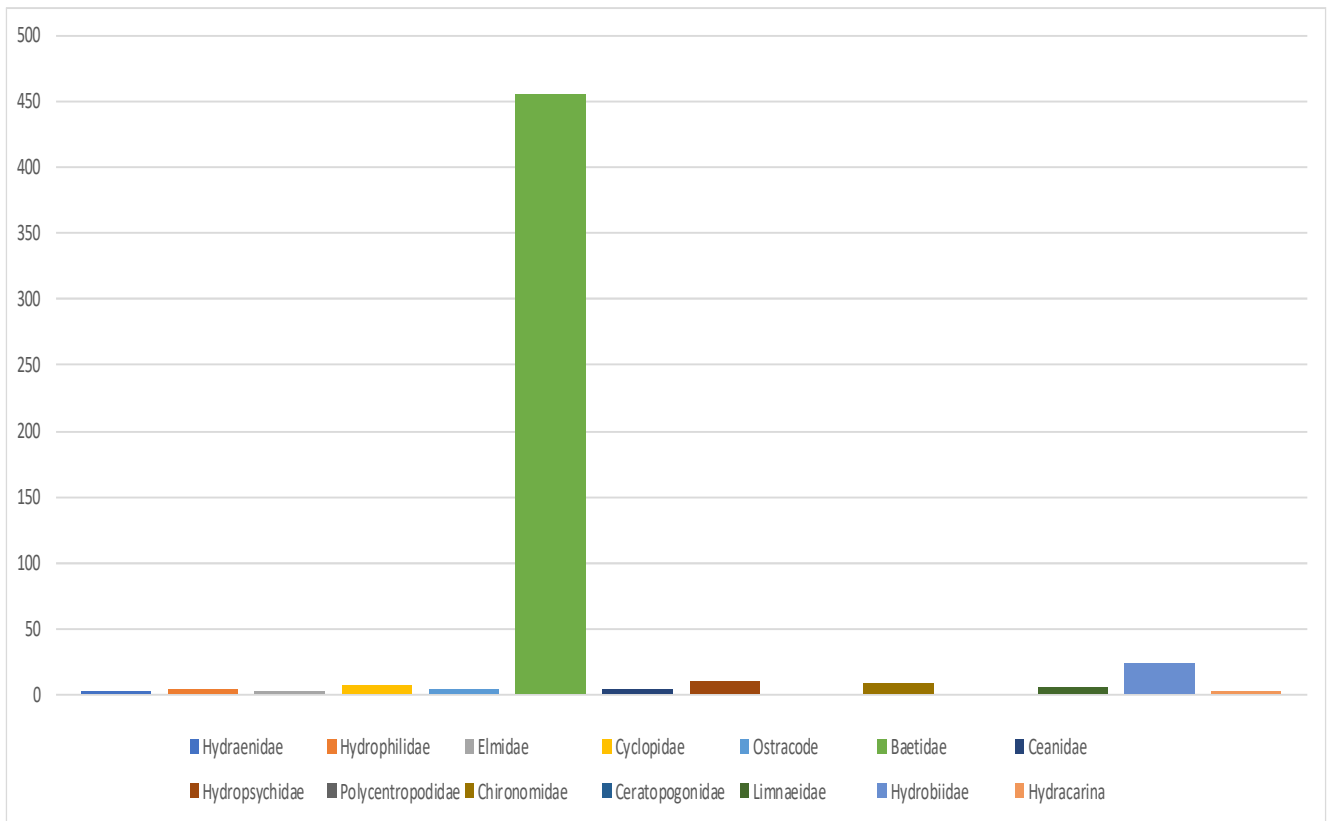


Figure 16 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Mars.

3.3.5. Mois d'Avril :

Dans ce mois, il y a une augmentation du nombre d'individus des familles recensées. Toujours en trouve en première position, les Ephemeroptères, représentés par deux familles qui sont les Baetidae avec 2416 individus soit 94%, et les Caenidae 32 individus soit 01%.

Les Trichoptères prennent la deuxième place avec deux familles : les Hydropsychidae 55 individus soit 02% et les Polycentropodidae par 02 individus.

En troisième place, les Gastéropodes représentés par deux familles : les Limnaeidae avec 07 individus et les Hydrobiidae avec 46 individus soit 02%.

Ceratopogonidae, une nouvelle famille qui apparus dans ce mois, et qui appartiennent à l'ordre des Diptères. Elle est représentée par 01 individus.

Par contre, on note la disparition de la famille des Hydrophilidae qui appartiennent à l'ordre des Coléoptères.

Les ordres des Coléoptères, les Crustacés, les Diptères et les Hydracariens sont faiblement représentés.

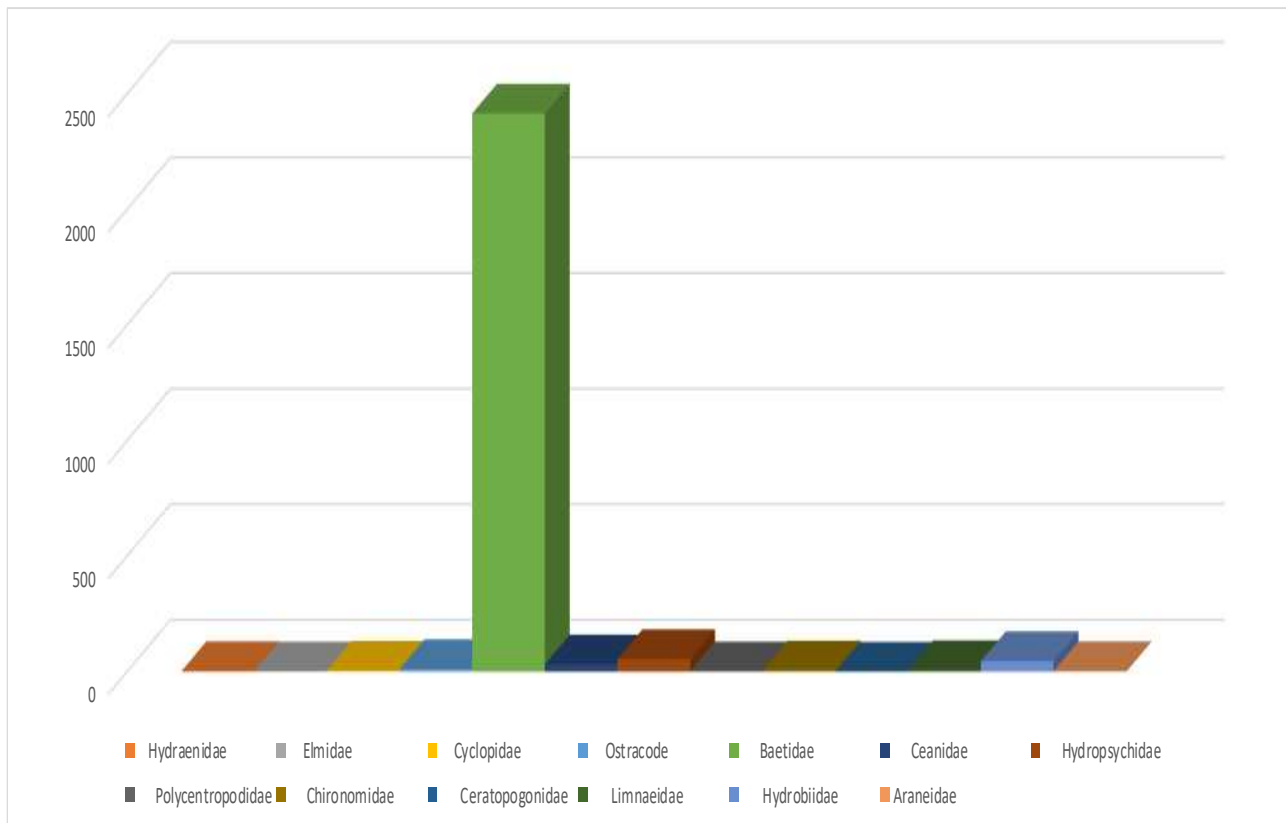


Figure 17 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois d'Avril.

3.3.6. Mois de Mai :

Dans ce dernier mois de la période d'échantillonnage, l'ordre d'Ephéméroptères est le souverain malgré la diminution du nombre d'individus. Ils sont représentés par deux familles qui sont les Baetidae avec 955 individus soit 86% et les Caenidae avec 06 individus soit 01 %.

En deuxième place en a les Gastéropodes représentés par deux familles, les Limnaeidae 33 individus soit 03% et les Hydrobiidae avec 27 individus soit 02 %.

En suit la troisième place c'est pour les Trichoptères qui sont représentés par deux familles : les Hydropsychidae avec 50 individus soit 04 % et les Polycentropodidae 03 individus.

On remarque la disparition de 04 familles, 03familles de l'ordre des Coléoptères qui sont : les Hydraenidae, les Hydrophilidae et les Elmidae, et la famille des Cyclopidae de l'ordre des Crustacés. Les ordres des Diptères et les Hydracariens sont faiblement représentés.

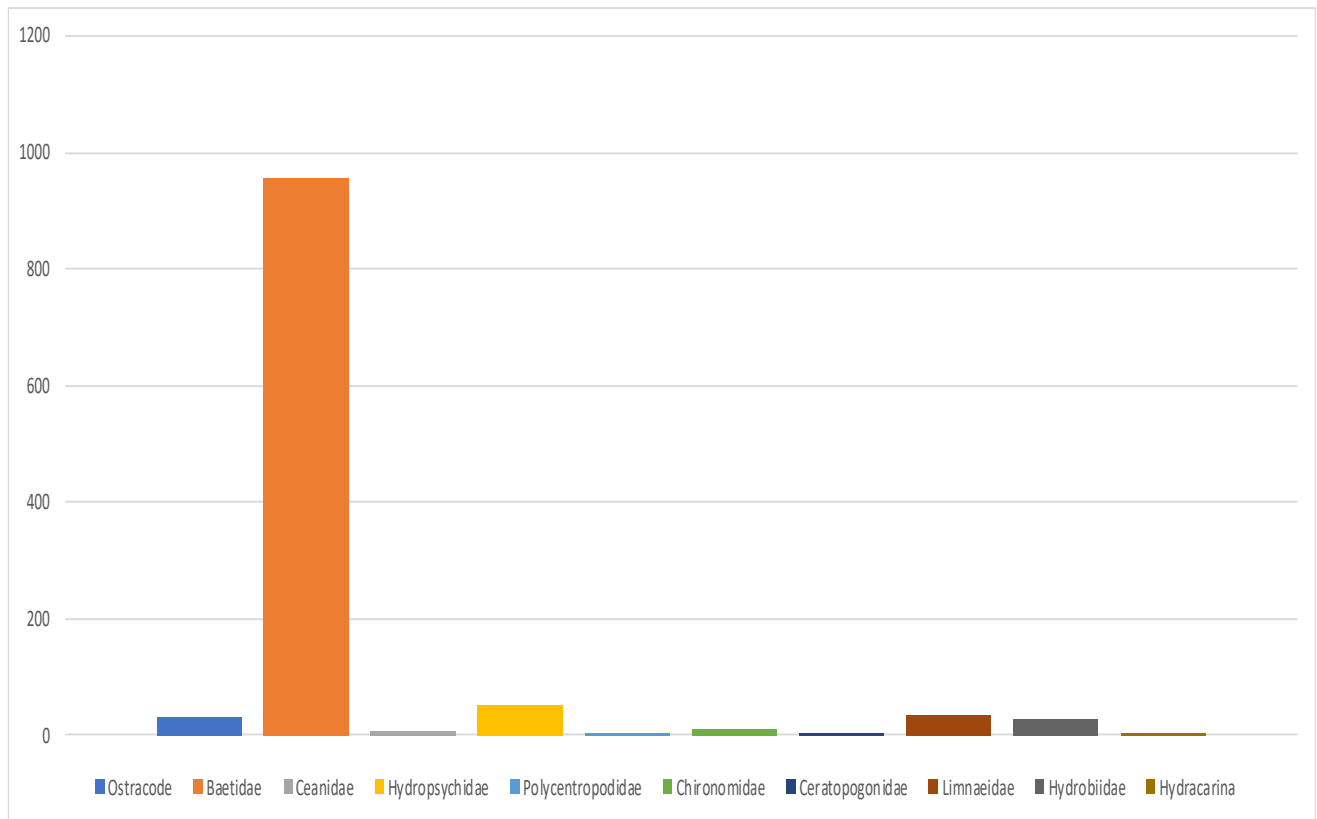


Figure 18 : Répartition des familles recensées dans la source de Milok durant le mois de Mai.

3.4 Répartition géographique des Taxons :

3.4.1. Les Ephéméroptères :

Les Ephéméroptères sont des insectes hémimétaboles qui présentent un stade ailé unique dans la classe des insectes qui précède le stade imaginal (Weber et Weidner, 1974).

Leur développement larvaire complet dure en moyenne dix à vingt jours en fonction de la température de l'eau (Elliot & Humpesch, 1983). Il comprend en général de 15 à 25 mues (Fink, 1980).

Les larves d'Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux courantes. Elles occupent souvent les principaux biotopes des torrents, ruisseaux et rivières et elles constituent le premier rang des insectes aquatiques (Thomas, 1981).

Les Ephéméroptères constituent le groupe le mieux représenté parmi la faune benthique récoltée. 4481 individus appartenant à 02 familles (Baetidae, Caenidae) ont été récoltés dans la station étudié.

La famille la plus abondante est celle des Baetidae, elle compte 99 % du total des captures (4433 individus). Les Caenidae occupent la seconde place des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique avec 48 individus soit 01 %.

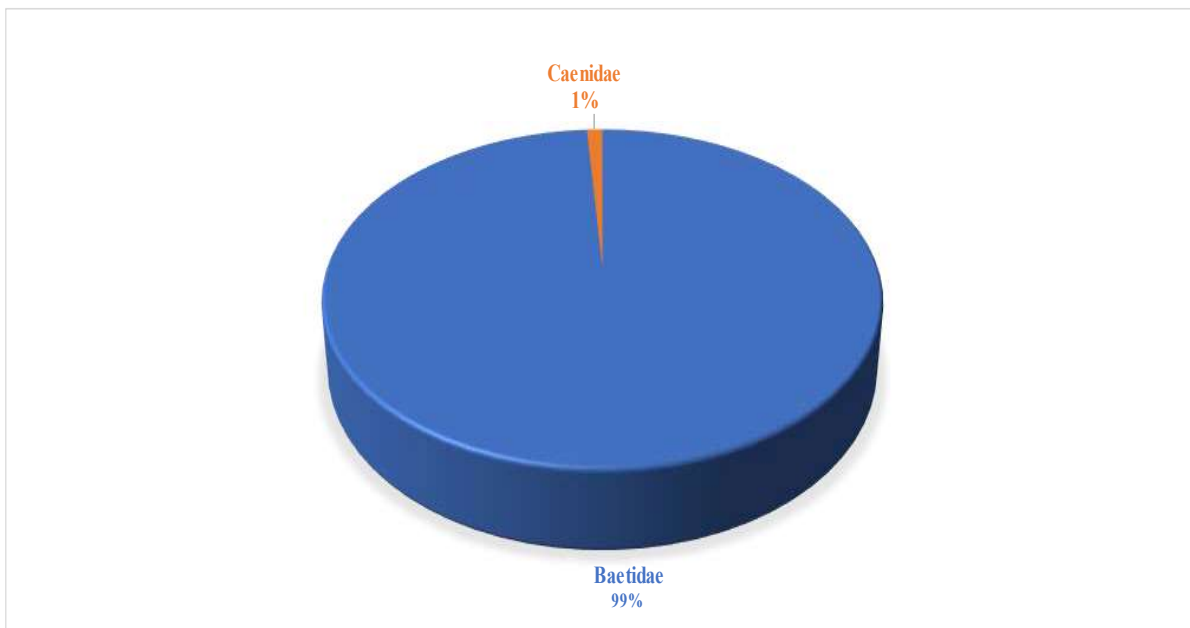


Figure 19 : Abondance des Ephéméroptères dans la source de Milok.

La famille des Baetidae a été récoltée en forte fréquence dans notre site d'étude et pendant toute la période d'échantillonnage. C'est la famille la plus abondante et la plus fréquente dans plusieurs cours d'eau d'Algérie. Elle a été signalée dans les cours d'eau du bassin versant de l'Aurès, **Bebba (2015)** confirme sa présence dans l'Oued Abdi qui est caractérisé par un climat plus ou moins aride. Nous pouvons donc remarquer que les Baetidae notamment les *Baetis sp* sont euryèces (ayant une grande valence écologique). En effet, des différentes études montrent qu'ils se répartissent aussi bien dans le Nord, dans le Sud, dans l'Ouest, et dans l'Est où les conditions climatiques sont carrément différentes.

D'après les travaux de **Sellam (2017)**, La répartition des Baetidae dans les différents étages bioclimatiques d'Algérie (oued Sahel (Bouira), oued Djedir (Djelfa) et l'oued M'zi (Laghouat), met en évidence leur importance dans les zones de piémont et de basse altitude (l'Oued Sahel) qui constituent les zones les plus hétérogènes. En effet, ce secteur de cours d'eau dont le substrat est hétérogène est riche en matière organique légères offrant des conditions favorables pour le développement des Baetidae. Elles sont bien représentées dans les cours d'eau rapide que dans les faibles courants.

La famille des Caenidae est représentée par un seul genre *Caenis*, ce dernier a été échantillonné avec une faible abondance (48 individus) au niveau de notre site d'étude. Ces organismes sont de forme rampante, cherchant les eaux à granulométrie fines des eaux calmes. Ce genre pullule dans les réseaux Marocains (**Bouzidi et Giudicelli, 1994**), et Algériens (**Bebba 2015, Lounaci, 2000, Arab, 2004**).

Les *Caenis* montrent une préférence pour les stations des hauts plateaux sahariens (1120 m), qui sont caractérisées par un courant moyen à lent, des eaux tempérées qui coulent sur un fond de blocs et limoneux (Sellam, 2017).

Pour notre site d'étude, la granulométrie de l'eau de Milok est grossière, car la source est située dans un secteur géomorphologique formée d'une succession de montagnes du Djebels Amour. Aussi la vitesse de l'écoulement est moyenne à rapide. Ce qui montre que les *Caenis* n'ont pas une grande préférence pour notre source d'eau, qui est caractérisée par un courant moyen à rapide et une altitude considérée plus au moins élevé.

3.4.2. Les Diptères :

Les Diptères se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique. Ils sont répartis de l'équateur aux régions polaires et bénéficient d'une grande capacité de coloniser les biotopes les plus variés : sources, rivières, lacs, marais, littoral marin, etc. Ils sont parmi les invertébrés aquatiques les mieux représentés aussi bien en nombre d'espèces que d'individus.

Les larves de cet ordre d'insectes se distinguent aisément des larves d'insectes holométaboles aquatiques par l'absence de pattes thoraciques. Il peut y avoir des pseudopodes mais ceux-ci ne sont jamais articulés (Tachet et al, 1980).

35 individus recensés dans ce groupe, représenté par deux familles, les Chironomidae avec 31 individus, soit 89 % des Diptères. Et la famille des Ceratopogonidae avec 04 individus, soit 11% des Diptères.

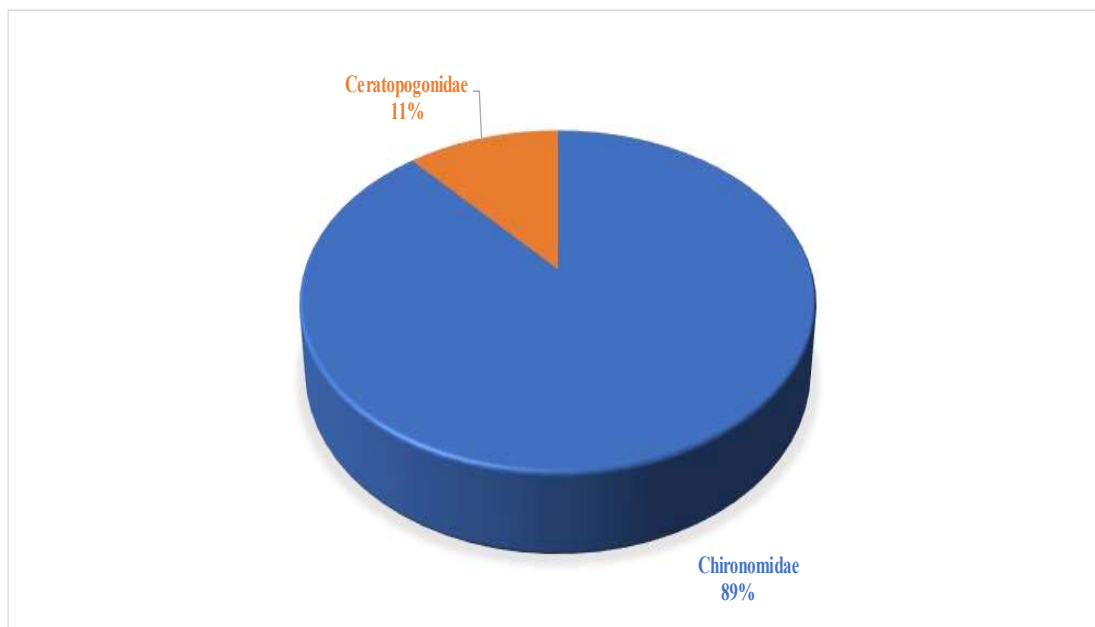


Figure 20 : Abondance des Diptères dans la source de Milok.

D'après **Thomas (1981)**, les larves des diptères sont très abondantes dans les eaux courantes. Elles occupent souvent la deuxième place après les éphéméroptères dans tous les milieux aquatiques de hautes altitudes que dans les milieux de basses altitudes. Alors que la faible abondance des diptères dans le site étudié, pourrait être expliquée que le milieu d'étude est situé dans une faible altitude.

Selon **Boumezzoug (1984)**, les larves des diptères sont très nombreuses dans les sédiments humides (environ 5-15cm). Ils sont liés à la présence des matières organiques et à la porosité du sol. Ce second facteur est sans doute le facteur principal qui permet la pénétration des individus dans le sol et favorise les migrations journalières et saisonnières des animaux fouisseurs, qui peuvent s'adapter bien aux conditions extrêmes, en cas de fortes perturbations liées à certains facteurs abiotiques (comme l'assèchement). Donc le milieu composé de sable nu se montre favorable et propice pour les larves des diptères (**Sellam, 2017**). Par contre, le lit de la source de Milok est dur avec une granulométrie d'une taille différente. Ce qui peut être expliqué la raréfaction de cet ordre dans notre échantillonnage.

3.4.3. Les Coléoptères :

Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginale et sous la forme larvaire dans les milieux aquatiques. Ils colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation (**Tachet et al, 1980**).

Les Coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotopes. Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres. Certaines familles possèdent quelques représentants dont seule la phase larvaire est aquatique (*Helodidae*, *Sphaeridiidae*) ou seule la phase adulte est aquatique (*Hydraenidae*) alors que d'autres sont strictement aquatiques (*Dryopidae*, *Elmidae*, *Hydrochidae*) (**Bertrand, 1972 ; Berthelzmy, 1978**).

Dans notre étude, l'ordre des Coléoptères est représenté par 37 individus répartis en trois familles ; les *Hydraenidae* avec 12 individus soit 32%, les *Hydrophilidae* avec 07 individus soit 19% et les *Elmidae* avec 18 individus soit 49%.

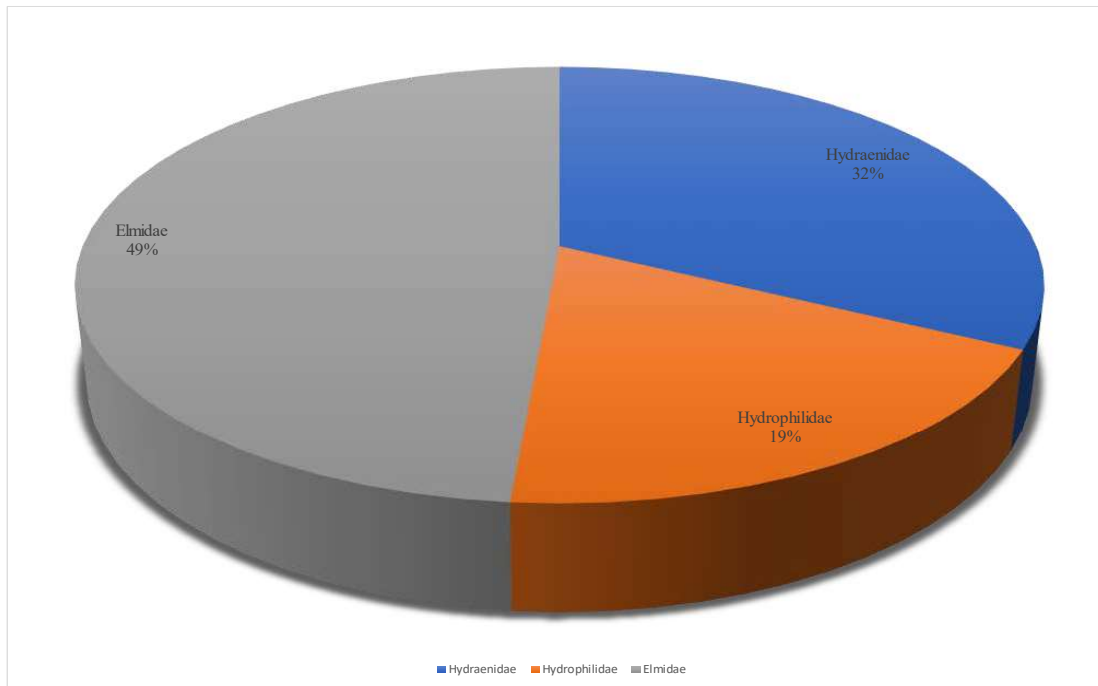


Figure 21 : Abondance des Coléoptères dans la source de Milok.

Cependant, la présence de trois familles des coléoptères, leur abondance est relativement faible comparé aux crustacés et aux Epheméroptères. Ils affectionnent principalement les milieux à eau peu courante coulant sur des fonds meubles (limon, sable, matière organique) et riches en végétation aquatique (macrophytes, algues) (Haouchine, 2011).

Les familles des Hydraenidae et Elmidae sont relativement à faible abondance dans la source étudiée, ainsi que la famille des Hydrophilidae qui sont souvent abondants dans les eaux lentes ou stagnantes ; ils colonisent aussi les ruisseaux et les rivières (Fikacek et al, 2010). Dans notre cas, la vitesse de l'eau est moyenne à rapide. Ceci peut s'expliquer par le fait que le biotope de cette source offre une faible variété de niches écologiques à ces coléoptères, de plus l'hétérogénéité du substrat et la végétation aquatique assez faible.

3.4.4. Les Trichoptères :

Les Trichoptères sont des Insectes Holométaboles à larves et nymphes aquatiques et adultes aériens. Ces derniers ressemblent à de petits papillons de nuit, dont les ailes, repliées en toit au repos, sont couvertes de poils.

Les Trichoptères récoltés sont représentés par 148 individus répartis en deux familles : les Hydropsychidae avec 141 individus soit 95% et les Polycentropodidae avec 07 individus soit 5%.

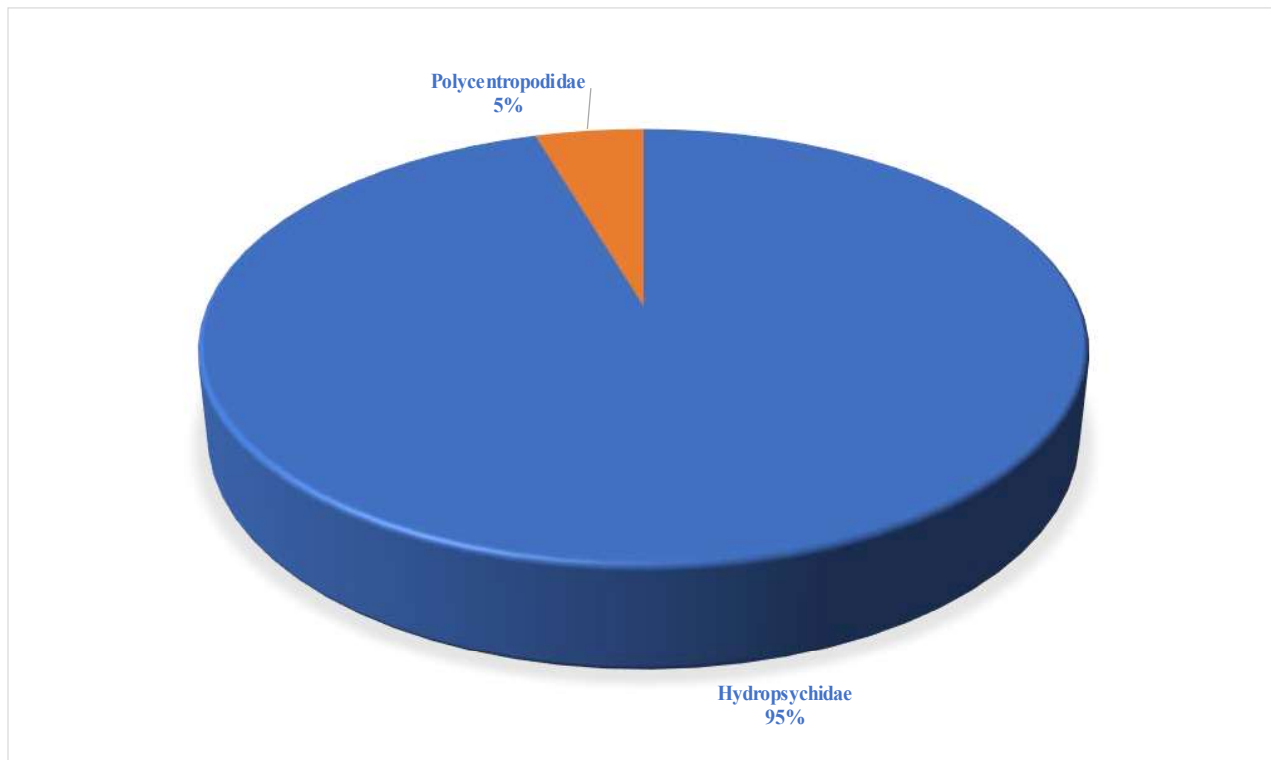


Figure 22 : Abondance des Trichoptères dans la source de Milok.

La distribution des Trichoptères est bien liée avec la qualité des ripisylves, selon les travaux de **Wiggins et Mackay (1978)** qui mettent en évidence que la distribution biogéographique des Trichoptères est plus fréquente dans les forêts de conifères et les forêts de feuillus, dont la plupart des Trichoptères sont confinés aux habitats feuillus. Par conséquent, notre milieu d'étude a une végétation bordante variée présentée par des herbacées avec accumulation fréquente de débris ligneux. Les espèces de trichoptères ont des sensibilités différentes à la pollution suivant qu'elles possèdent des fourreaux ou non. Les espèces possédant des fourreaux sont plus sensibles comme les polycentropodidae. Selon les travaux de **Sellam (2017)**, le Trichoptère le plus fréquent et le plus abondants dans l'Oued Sahel (Bouira), par contre il semble être absent à Oued Djedir (Djelfa) et Oued M'zi (Laghouat).

3.4.5. Les Crustacés :

Les Crustacés sont représentés par 549 individus répartis en deux familles qui sont les Cyclopidae avec 45 individus soit 08% et les Ostracode avec 504 individus soit 92%.

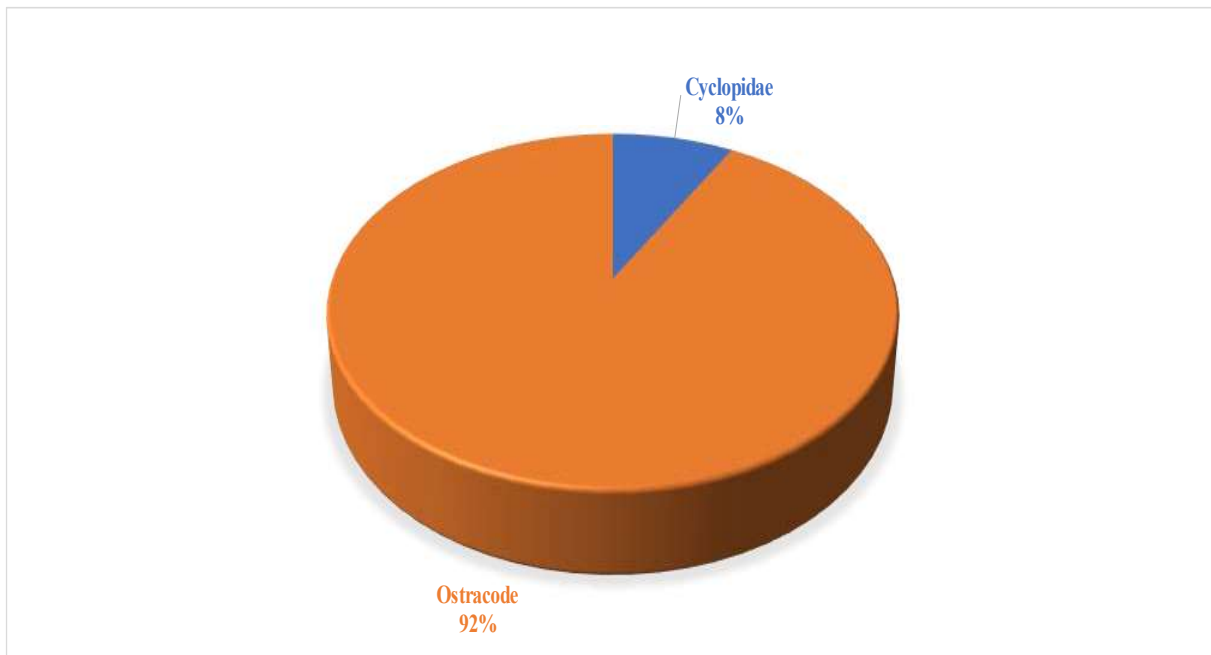


Figure 23 : Abondance des Crustacés dans la source de Milok.

Les crustacées ont été récolté pendant toute la période d'échantillonnage avec une abondance varié d'un mois à l'autre, mais on remarque que leurs abondance a été augmenté en période de la haute température, ce s'exprime que les crustacés ont une résistance contre la pollution thermique de l'eau et de l'air, autrement dit, les variations de température influencent sur leurs développement de vie.

3.4.6. Les Gastéropodes :

Les mollusques aquatiques occupent des milieux très variés et sont généralement de bons indicateurs de l'évolution des milieux. Ils occupent par ailleurs une place de grande importance au sein des écosystèmes aquatiques, notamment lacustres et potamiques (**Doucet, 2009**).

Dans notre étude, l'abondance des mollusques est de 233 individus représentés par deux familles : les Limnaeidae avec 78 individus soit 33%, et la famille des Hydrobiidae 155 individus soit 67%.

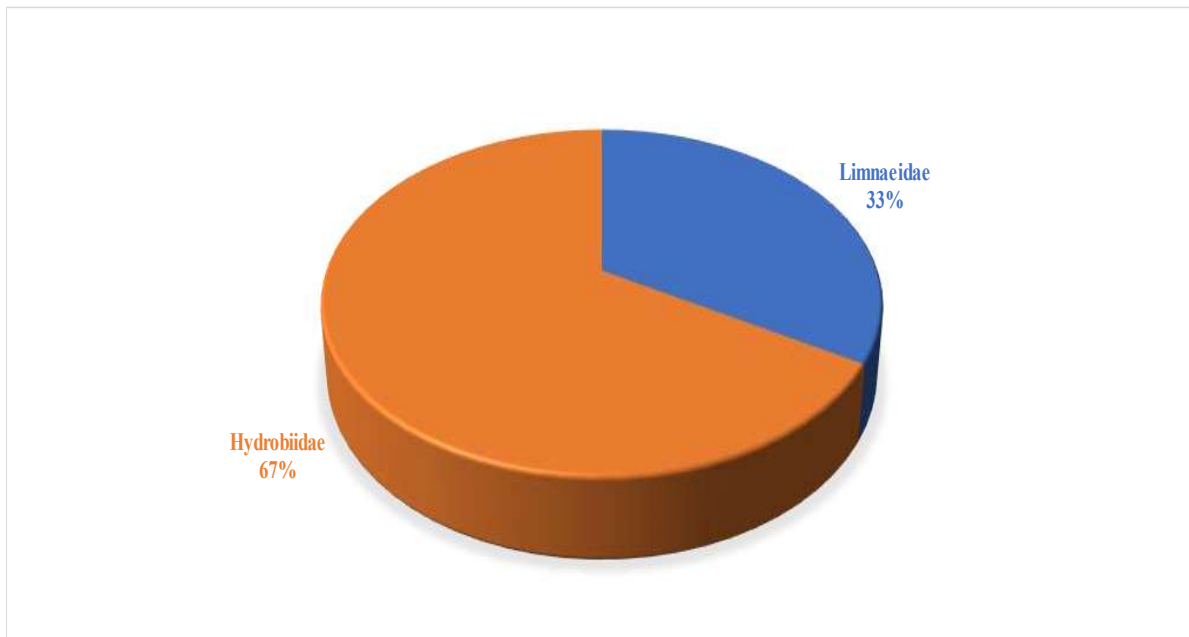


Figure 24 : Abondance des Gastéropodes dans la source de Milok.

Selon **Sarr et al (2011)** le développement des macrophytes aquatiques à une influence prépondérante sur l'abondance et la présence des mollusques. A cet effet, plusieurs études ont montré une relation directe entre la prolifération des macrophytes aquatiques et l'abondance des mollusques pulmonés en Afrique (**Leveque 1975, Madsen et al, 1988**).

D'après **Marazanof (1964, 1966,1970)**, le cycle biologique des mollusques est intimement lié aux variations importantes des niveaux d'eau (selon les précipitations), de salinités et de la teneur en calcium dans les biotopes. Leur abondance dans notre site d'étude, peut être expliquée par la nature du substrat et plus ou moins l'abondance de la végétation aquatique dans la source de Milok.

3.4.7. Les Hydracariens :

Les Hydracariens sont parmi les arthropodes les plus abondants et diversifiés dans de nombreux habitats benthiques. Selon **Angelier et al (1985)**

Parmi les facteurs écologiques qui interviennent dans la distribution des Hydracariens figure d'abord le régime des eaux (régime pluvial) et la nature du substrat.

L'abondance des Hydracariens est très faible dans la source de Milok, ils sont représentés par une seule famille, Hydracarina avec 09 individus soit 100%.

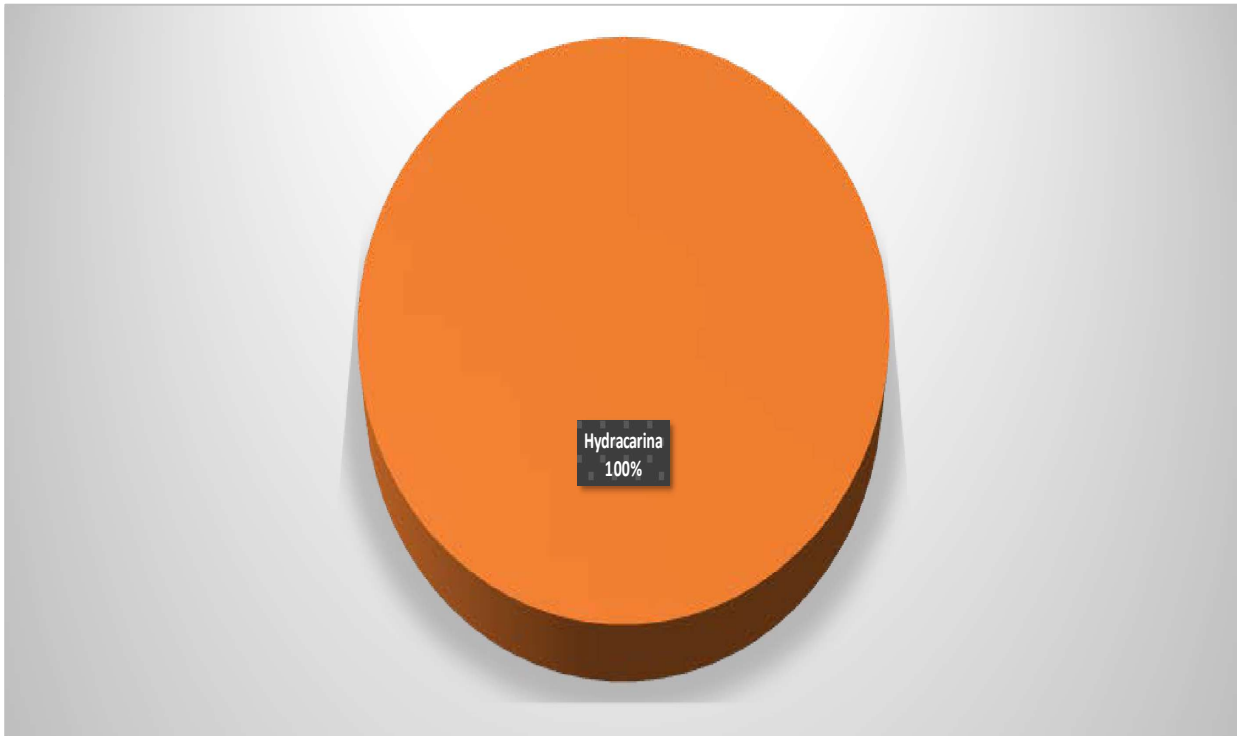


Figure 25 : Abondance des Hydracariens dans la source de Milok.

Les Hydracariens présentent une particularité essentielle, ils sont associés à un hôte invertébré, avec des exigences plus ou moins strictes. Les relations acarien-hôte sont variées : l'hôte peut être parasité, proie ou simple moyen de transport. Les proies préférentielles sont constituées le plus souvent par des larves de crustacés et d'insectes aquatiques. Certains de ces acariens sont des auxiliaires de lutte biologique potentiels pour combattre des Diptères nuisibles (Chironomidés, Cératopogonidés, Simuliidés, Culicidés...) (Peyrusse et Bertrand, 2001).

Dans notre site d'étude, les Hydracariens sont apparus dans le mois de Février jusqu'au le dernier mois d'échantillonnage (Mai), avec d'une capture de deux individus par mois, cette raréfaction peut s'expliquer que la source de Milok est un milieu qui ne contient pas trop de diptères ce qui réduit les chances de prédation et de parasitisme pour les hydracariens. Donc on peut conclure que cette source ne présente pas un habitat préférentiel pour ces derniers.

3.5 Application des indices de diversité des peuplements :

➤ Indice de Shannon-Weaver et l'Equitabilité de Piélou :

D'après Bournaud et Keck (1980), l'indice de Schannon et Weaver (1963) présente l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative des différents taxons. Nous avons calculé pour chaque mois l'indice de diversité H' qui intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons (Annexe III).

Nous avons calculé pour chaque mois l'indice de diversité H' qui intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons. (Tab.13).

L'indice d'équitabilité de Piélou, est définie par le rapport entre la diversité (H') et la diversité maximale (H'_{max}).

Tableau 14 : calcul de l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'Equitabilité de Piélou pour les mois d'échantillonnage.

	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Total
H'	1,306	1,443	0,900	0,636	0,367	0,670	5,322
E	0,377	0,417	0,243	0,256	0,099	0,201	1,593

Sur l'ensemble des mois étudiés, l'indice de diversité de Shannon-Weaver enregistre des valeurs comprises entre 1,443 et 0,367 bits, traduisant une diversité moyenne des peuplements avec cependant une bonne représentativité de quelques taxons.

Tandis que l'Equitabilité est varié entre 0,099 et 0,417 donc elle est proche de 0, ce qu'indique qu'il y a une faible richesse taxonomique et une dominance d'un ordre « Ephemeroptères ».

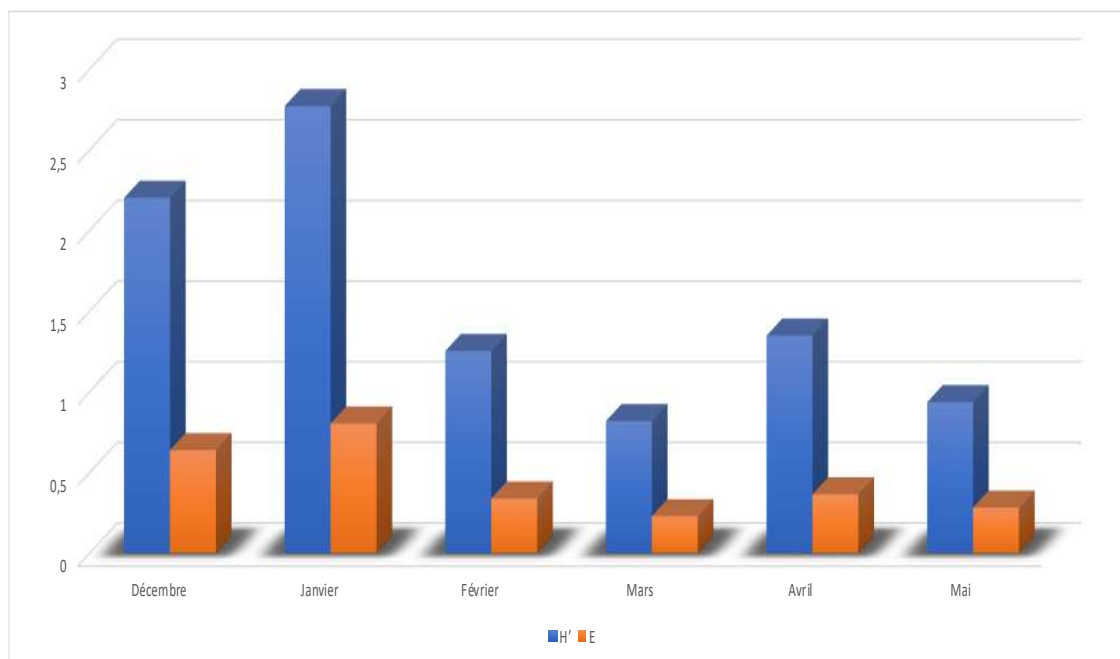


Figure 26 : Variation temporelle des indices Shannon-Weaver et Equitabilité de Piélou.

3.6 Analyse de l'IBGN :

L'IBGN est établi à partir de l'Annexe IV « Valeurs IBGN » (extrait de la norme AFNOR T90-350-déc.1992 C AFNOR). Comprenant en lignes 09 groupes faunistiques indicateurs et en colonne 14 classes de variétés taxonomiques. Avec 138 taxons, 38 taxons sont des indicateurs de pollution (Annexe V).

Alors on peut détermine successivement :

- La variété taxonomique de l'échantillon (Σt) qui est égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par 1 seul individu. Elle donne essentiellement des renseignements sur la variété des habitats présents dans les cours d'eau étudiés.

- Le groupe faunistique indicateur (GI) en ne prenant n'en compte que les taxons indicateurs représentés dans l'échantillon par 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

La détermination du GI s'effectue en prospectant les colonnes du tableau de haut en bas et en sélectionnant le taxon qui représente le degré de polluo-sensibilité le plus élevé de l'échantillon intégral de la station étudiée.

L'indice (valeur de l'IBGN) peut alors être lu dans l'annexe IV par le croisement de la colonne de variétés taxonomique et de la ligne du groupe faunistique indicateur.

Les résultats de notre source d'étude, Milok selon l'IBGN est de qualité Médiocre (IBGN=8).

Tableau 15 : valeur de la qualité de l'eau de la source de Milok avec IBGN.

IBGN	Source Milok
Diversité	15
Groupe indicateur	4
Valeur IBGN	8
Classe de qualité	3
Qualité hydrobiologique	Médiocre

3.7 Analyse de l'IBMWP :

C'est un indice d'évaluation de la qualité du milieu basé sur la sensibilité des taxons à la contamination (organique, chimique...). L'IBMWP Score (original) repose sur la polluo-sensibilité d'une sélection de 80 taxons. Chacun de ces taxons est crédité d'un indice de 1 à 10, pour aller du plus résistant au plus sensible (Annexe VI). Le Score correspond à la somme de tous les indices des taxons recensés. Donc la valeur de l'IBMWP est la somme des scores de sensibilité attribués à toutes les familles présentes dans la liste faunistique (Armitage et al, 1983).

L'étude de la qualité hydro-biologique de notre site d'étude par l'approche biologique (IBMWP) en utilisant les macroinvertébrés comme bio-indicateurs, montre une moyenne qualité de l'eau de la source de Milok. Les résultats obtenus sont dans tableau16.

Tableau 16 : valeur de la qualité de d'eau de source de Milok avec IBMWP.

Famille	Score
Polycentropidae	7
Elmidae	5
Hydraenidae	5
Hydropshidae	5
Baetidae	4
Caenidae	4
Ceratopogonidae	4
Hidracarien	4
Hydrophilidae	3
Lymnaeidae	3
Physidae	3
Hydrobidae	3
Ostracode	3
Chironomidae	2
Valeur indice IBMWP	55
Catégorie	III
Grade	Moyenne

Les résultats que nous avons trouvé selon les deux indices biologiques utilisé sont convergente, mais l'indice IBMWP est le plus proche de la réalité de notre site d'étude par rapport l'indice IBGN, parce que la source de Milok est une source naturelle, propre et loin de tous les contaminants.

Malgré sa situation, loin de toute source de pollution, la source de Milok est affectée par un déséquilibre vu les activités pastorales (surtout les ovins) dont elle est considérée comme un point important de passage des troupeaux.

Les résultats des analyses biologiques qui ont été effectuées durant toute la période d'étude montrent que la pollution dans le milieu étudié est considérablement attendu, ce qui indique une qualité d'eau n'est pas stable (Médiocre pour IBGN et Moyen pour IBMWP).

Conclusion

Conclusion

L'étude que nous avons réalisée sur la source de Milok qui fait partie des cours d'eau d'une région aride (Laghouat), nous a permis à dresser un inventaire de sa faune benthique.

Les échantillons ont été prélevés pendant six mois, trois mois en hiver (Décembre, Janvier, Février), et trois mois en printemps (Mars, Avril, Mai).

Cette étude a montré que la distribution temporelle des macroinvertébrés au niveau du milieu d'étude est variée. L'analyse des résultats qualitatifs obtenus dans cette région d'étude relève l'existence d'une richesse de peuplement de macroinvertébrés benthiques assez faible (8 taxons).

Les groupes les mieux représentés sont les Ephéméroptères et les Crustacés. Ils comptent chacun 02 familles. Baetidae et Caenidae, Copipoda et Ostracoda, ils constituent respectivement 91% (4481 individus), 10% (549 individus), Viennent ensuite les Gastéropodes, les Trichoptères, les Coléoptères et les Diptères qui sont faiblement représentés avec une fréquence de 9 % de la faune totale des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau.

Les différents indicateurs utilisés, à savoir la richesse taxonomique (spécifique), les indices de diversité, l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'indice de l'Equitabilité de Piélou ont permis une étude descriptive de la structure du peuplement. Cependant $H' = 5,322$ et $E = 1,593$, ce qui indique une moyenne diversité des peuplements, une faible richesse taxonomique avec une dominance des Ephéméroptères.

La structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques et leur abondance dans l'habitat est régie par un complexe de facteurs environnementaux qui varient d'une région à une autre, certains d'entre eux comme la nature de substrat, la vitesse du courant, la hauteur de la lame d'eau sont habituellement considérés comme des facteurs écologiques susceptibles d'influencer directement à la richesse de la faune benthique. Les activités anthropiques peuvent être aussi un problème quant à la colonisation et la reproduction des macroinvertébrés benthiques.

D'une manière générale, toutes les conditions climatiques et géomorphologiques ont une forte influence sur l'abondance et la richesse des macroinvertébrés dans les cours d'eau.

L'étude de la qualité hydro biologique de notre site d'étude « source de Milok », appréciée par l'analyse des deux méthodes biologiques, méthode de l'IBGN et la méthode de l'IBMWP. L'analyse biologique de ces deux indices a montré une hétérogénéité de la qualité de l'eau. Ces résultats montrent un taux de pollution modéré durant la période d'étude, ce qui indique une qualité d'eau n'est pas stable (Médiocre pour l'IBGN et Moyenne pour l'IBMWP). Donc on conclue que l'application de ces indices dans notre site d'étude n'est pas nécessairement convenable pour les cours d'eaux des régions arides. Mais on peut dire que l'indice espagnol IBMWP semble bien adapté aux cours d'eau de nos régions arides qui n'abritent pas les taxons

les plus polluosensibles comme les Plécoptères, donc il donne un aperçue plus au moins réelle de la qualité de l'eau de notre source de « Milok ».

Les activités agricoles surtout pastorales dans la région et la consommation humaine permettrait de réduire la quantité de l'eau de la source, ce qui pourrait constituer une menace potentielle pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

En perspectives, il serait intéressant à l'avenir de prospecter d'une façon approfondie ce réseau hydrographique et engager des suivis annuels, afin d'établir l'influence des facteurs du milieu sur la distribution et l'abondance de la faune benthique. De plus, il serait très important de réaliser des indices biologiques propres aux conditions des cours d'eau d'Algérie, afin de fournir une estimation précise de la qualité d'eau.

Finalement, il faut mettre l'accent sur l'éducation et la sensibilisation pour informer la population par des différents moyens d'information afin qu'elle puisse prendre conscience de l'importance de l'eau et de sa qualité ainsi que sa préservation.

Référence

Bibliographique

Référence bibliographique

A

- ABED S. 1982.** Lithostratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour. (Atlas Saharien central). Thèse 3^e cycle. Univ. Pau , 242 p.
- ABEL P.D. 1989.** Water Pollution Biology. Ellis horwood, Chichester, England. In: ROSENBERG R.D.M. & RESH V.H. (eds.) 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates C. hapmana nd Hall, New York. pp: 1-9.
- AFNOR, 1992 .** « Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) », Essai des eaux, NF T90-350, déc, 1992.
- AFNOR, 2004.** « Association Française de Normalisation ». ISO 834-1, Essai de résistance au feu — Éléments de construction — Partie 1 : Exigences générales.15p, Octobre 2004.
- AJAKANE A., 1988.** Etude hydro biologique du bassin versant de l'oued fis 5haut Atlas Marocain). Biotypologie, dynamique saisonnière, Impact de l'assèchement sur les communautés benthique .Thèse 3eme cycle. Univ. Marrakech (Maroc) : 192p.
- Aidoud-Lounis, F. 1997.** Le complexe alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille, 263 p.
- ALBA-TERCEDOR, J. & A. SÁNCHEZ-ORTEGA. 1988.** Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- ALBA-TERCEDOR, J., P. JÁIMEZ-CUÉLLAR, M. ÁLVAREZ, J. AVILÉS, N. BONADA, J. CASAS, A. MELLADO, M. ORTEGA, I. PARDO, N. PRAT, M. RIERADEVALL, S. ROBLES, C. SÁINZ-CANTERO, A. SÁNCHEZ-ORTEGA, M. L. SUÁREZ, M. TORO, M. R. VIDAL-ABARCA, S. VIVAS & C. ZAMORA-MUÑOZ. 2002.** Caracterización de cuencas mediterráneas españolas en base al índice español SBMWP como paso Índice IBMWP y estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos 183 previo al establecimiento del estado ecológico de sus cursos de agua. Libro de Resúmenes del XI Congreso de la Asoc. Esp. Limnología. Madrid, España
- ALLAN J. D, 1995.** Functional organization of strem fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology*. 76(2) 606-627.
- ANGELIER ,E., ANGELIER, M.L. & LAUGA, J. 1985.-** Recherches sur l'écologie des Hydracariens (Hydrachnellae, Acari) dans les eaux courantes. *Annales Limnologie*. – International . Journal of Limnology., 21, 25-64.

- ANGELIER, E., 2000.** - *Ecologie des eaux courantes*. Ed. Tec et Doc, Paris, 199p.
- 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.
- A.N.I.R.E.H, 2014-** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière. Rubrique monographie wilaya : Wilaya de Laghouat.6 p.
- ARAB A., 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse Magister, U.S.T.H.B. 145p.
- ARAB A., 2004.** Recherches faunistiques et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran. Thèse Doctorat, U.S.T.H.B. 145p.
- ARAB A., LEK S., LOUNACI A. et PARK Y.S., 2004.** Spatial and Temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Ann. Limnol. – Int. J. Limn.*, 40 (4): 317-327.
- ARCHAIMBAULT, V., USSEGLIO-POLATERA, P., GARRIC J., WASSON, J.G. & M.BABUT. 2010.-** Assessing *in situ* toxic sediment pollution in streams with benthic macroinvertebrate bio-ecological traits. *Freshwater Biology.*, 55, 1430-1446.
- ARMITAGE P. D., MOSS D., WRIGHT J. F. et FURSE M. T., 1983** - The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Wat. Res.* 17 (3).
- B**
- BAGNOULS, F., et GAUSSEN, H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique, *Bull. soc. Hist. Nat.*, Toulouse, : 193-239.
- BARBAULT, R. 1981.** - *Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits.* Masson, Paris, 200 p.
- BARBAULT R., 1995.** *Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité.* 2ème édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19.
- 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*, 2e édition, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes.
- BEBBA, N. 2015-**Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algérie)- *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) (2015) 1164-1177.

BELGUERMI, A., BELHAOUARI, B., ACHOUR, T., BEBARKI, D., BRANINE, A. 2014. Caractérisation physico-chimique des zones humides de Dhayat Morsli, Dhayat Sidi Echahmi et du lac Télamine (Algérie)- Master 2 en Sciences de la Mer et du Littoral. Université d'Oran. p. 113-119.

BENGHERBIA, A., HAAIDI, F., ZAHRAOUI, R., HAMAIDI, S., MEGTELI, S. Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'oued Beni Aza (Blida, Algérie).

BENABADJI N., 1991. Etude phyto-écologique de la steppe à *Artemisia herba –alba* au Sud de Sebdou (Oranie - Algérie). Thèse Doct. Es. Sci. Univ. Aix Marseille III. St Jérôme. 119 p+ annexes

BENABADJI N., 1995. Etude phytoécologique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. Et à *Salsola vermiculata* L. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse. Doct. Es-Sc. Univ. Tlemcen. 153 p., 150 p annexes.

BERTRAND H., 1972. Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F.

BERTHÉLEMY C & OLMI M., 1978. Psephenidae, Dryopidae et Elmidae in "Limnofaune Europea ". J. Illies (Ed.), G. Fischer, Stuttgart: 315-318.

BINDRA, Garry Walter, Topham, TUNZA. 2013. Royaume-Uni ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS). (2003). L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie, Paris, Unesco-Wwap.

BLANDIN, P., 1986. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bull. Ecol., 17 (4) : 215-307. Ministère de l'Environnement, contrat n°82160 : « Synthèse et évaluation des recherches sur la mise au point d'indicateurs biologiques permettant de caractériser l'état et la transformation des écosystèmes ».

BLONDEL, J. 1979. Biogéographie et écologie-Collection d'écologie. Ed, Masson, Paris 173p.

BONNIN, J & COLIN, M. 2015. Les indicateurs biologiques des milieux aquatiques, *les cahiers de l'eau*. n°12, de Laronde et petit, 2010, Bilan national des efforts de surveillance de la qualité des cours d'eau, rapport final_ ONEMA_ p.330.

BORROR, D. J. et WHITE, R. E. 1999. Le guide des insectes du Québec et de l'Amérique du Nord, Les guides Peterson, Québec, Canada.

BOUAZZA M., 1991. Etude phyto-écologie de la steppe à *Stipa tenacissima* L. AU Sud de Sebdo (Oranie, Algérie). Th Doct. Univ. Aix Marseille. 119 p+ annexes.

BOUAZZA M., 1995. Etude phyto-écologique des steppes à *Stipa tenacissima* L et *Lygeum spartum* L au Sud de Sebdo (Oranie - Algérie). Thèse Doct. Univ. Tlemcen. 153 p+ annexes.

BOUMEZZOUG, A.-1984. Les communautés animales ripicoles du bassin versant de la rivière Aille (Var-France) III: Composition biotique du peuplement endogé. *Ecologia Mediterranea* Tome X 3-4: 9-28.

BOURNAUD M. & KECK G., 1980. Diversité spécifique et structure des peuplements macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le Furans (Ain). *Acta Oecologica, Oeocol. Gener*, vol. 1, n°2, 131-150.

BOULAL M., 1988. Recherche écologique sur la faune aquatique des puits de la région de Tizit (Anti Atlas occidental Maroc). Thèse 3eme cycle ecol. Gén. Sec. Marrakech : 228p.

BOULTON A.J., FINDLAY S., MARMONIER P., STANLEY E.H. & VALETT H.M., 2008. The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (1998), 29, 59- 81.

BOUZIDI A., & GUIDICELLI J., 1994. Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas Marocain. *Rev. Fac. Sci. Mar.*, 8 : 23 – 43.

BURGER, J. 2006a. Bioindicators: a review of their use in the environmental literature 1970- 2005. *Environmental Bioindicators* 1, 136-144.

BURGER, J. 2006b. Bioindicators: types, development and use in ecological assessment and research. *Environmental Bioindicators* 1, 22-39.

C

CAMARGO, J. A., ALONSO, A. et DE LA PUENTE, M. 2004. Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Publishers*, 96 :233-249.

CAIRNS JR., J. & PRATT, J.R. 1993. A History of Biological Monitoring Using Benthic Macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. and Resh, V.H., Eds., *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, Chapman/Hall, New York, 10-27.

C.D.F, 2010. - Bilan des rapports d'aménagements des statistiques des coûts du bois dans la forêt Séalba. Conservation des Forêts de Djelfa. Période (1995-2009).6p.

C.D.F, 2014. Présentation du sous-secteur des forêts. Conservation des Forêts de Laghouat. Wilaya de Laghouat. 33p.

CHESSMAN, B. C. 1995. Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates : A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and biotic index. Australian journal of ecology. 20 :122-129.

CUMMINIS, W.K 1993. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. The American Midland Naturalist, 67 (2) : 477-504.

CUMMINS, K. W., 1975. Macroinvertebrates, dans Witthon, B.A. (eds), River Ecology, Studies in Ecology volume 2, Berkeley (Californie), University of California Press, p. 170-198.

COVICH.A., PALMER. M and CROWL.T., 1999. The Role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ecosystem. BioScience, Volume 49, Issue 2, 1 February 1999, Pages 119–127

D

DAUER, D. M. ; 1993. Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure. Marine Pollution Bulletin, 26(5), 249-257.

DAJOZ R., 1971. Précis d'écologie. Ed. Bordas. Paris, 434p.

DAJOZ R., 1985. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5ème édition. Gauthier Villard. Paris : 505p.

DAJOZ R., 2006. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 631p.

DOUCET ,G. 2009. -Gastropodes aquatiques et bivalves –Invertébrés continentaux du pays de la loire –*Gretia*378 p.

DJEBAILI S., 1978. Recherches phyto-écologiques sur la végétation des hauts plaines steppiques de l'Atlas Saharien Algérien. Thèse Doct. Sc et Tech du Languedoc. Montpellier. 299 p + annexes.

DPAT, 2004. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire de la Wilaya de Laghouat, « Monographie de la wilaya de Laghouat ».

D.S.A.U., 2009. « Direction des services agricoles de Laghouat », rapport d'activité 2009. pp 2-14.

DUBIEF J., 1953. Essai Sur L'hydrologie Superficielle Au Saharien, direction du service de la colonisation et de l'hydraulique service des études scientifiques.

DUDGEON, D. 1999. Tropical Asian Streams: Zoobenthos, Ecology and Conservation. Hong Kong University Press, Hong Kong.

E

- ELLIOTT, J.M. & HUMPESCH, U.H. 1983.** A Key to the Adults of the British Ephemeroptera with Notes on their Ecology. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 47. Freshwater Biological Association, Ambleside. 101 pp.
- EMBERGER L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Lab. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. Pp : 3-43.
- EMBERGER, J., 1960.** Esquisse géologique de la partie orientale des monts d'OuledNails. Publication du service de la carte géologique de l'Algérie. Bulletin 27.Nouvelle série.399p.
- EMBERGER L., 1971.** Travaux de botanique et d'écologie. Ed Masson. Paris. 520P.
- EUROPEAN COUNCIL, 2000.** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy, 1–72.

F

- 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.
- FINK, 1980.** Crisis management. Planning for the Inevitable, Amacom, American Management Association.
- FIKÁČEK, M., GENTILI, E. & ANDREW E. Z. -2010-** Order Coleoptera, family Hydrophilidae- Arthropod fauna of the UAE, 3: 135–165.
- FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., HEMPTINNE J. L, 2003.** Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, 407 p.

H

- HAOUCHINE, S. 2011.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie- Thèse de Magistère .Université mouloud Mammeri de Tiziouzou. p117.
- HALITIM, A. 1998.** -Les sols des régions arides d'Algérie. Office Pub Univ-Algérie. 384 p.
- HAMZAOUI D., 2009-** Impact des changements climatiques sur la répartition de la faune Benthique de l'oued Saoura (wilaya de Bechar). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B., 80p.
- HANNACHI, A., 1981.** Relation entre aquifères superficiels et profonds : Hydrogéologie de la vallée d'oued M'zi à l'Est de Laghouat. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 121p.

HAWKINS, 1997. Identification of Growing Bacteria During Litter Decomposition in Freshwater Through H₂¹⁸O Quantitative Stable Isotope Probing. *Environ Microbiol Rep* 8: 975- 982.

HELLAWELL J.M. 1986. Biological indicators of freshwater Pollution and Environnemental Management. Elsevier, London. In: ROSENBERG R.D.M. and RESH V.H. (eds.) '1993' Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. pp: 10-27.

HEWLETT, R. 2000 -Implications of taxonomic resolution and sample habitat for stream classification at a broad geographic scale. *Journal of the North American Benthological Society* 19(2): 352-361.

HORTON, R. E., 1945. “Erosional development of streams and their drainage basins – Hydrophysical approach to quantitative morphology”, *Bulletin of the Geological Society of America*, vol. 56, p. 275-370.

HYNES, H.B.N 1960. The biology of polluted waters. 202pp. Liverpool.

I

I.A.P., 1972. Notice explicative de la carte géologique à 1/200.000 de Laghouat. Institut du pétrole Algérien. Rapport collectif dirigé par le professeur J.Guillemot. 110 p.

ILLIES J. 1950. The freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera*. Institute of freshwater Research. Drottningholm Report, 4. 46 : 424-6.

ILLIES J. 1978. Limnofauna Europaea. A checklist of the animals inhabiting European inland waters, with accounts of their distribution and ecology. Gustav Fischer verlag, Stuttgart.

IVOL-RIGAUT, J.M., 1998.- Hydro-écorégions et variabilité des communautés du macrobenthos sur le bassin de la Loire. Essai de typologie régionale et référentiel faunistique. Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard Lyon1. CEMAGREF Lyon1. Division BEA. 271p.

G

GAGNEUR J., GIANI N., & MARTINEZ-ANSEMIL E., 1986. Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 122 : 119-124.

GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B., 1988. Contribution à la connaissance des Epheméroptères d'Algérie. I.- Répartition et écologie (1ère partie) (*Insecta, Ephemeroptera*). *Bull.Soc. Hist.nat. Toulouse*, 124 : 275-284.

GAGNEUR J & ALIANE N., 1991. Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In:Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Grainesville FL, USA.

GARCÍA-JARAMILLO M, COX L, CORNEJO J AND HERMOSÍN MC. 2014. Effect of soil organic amendments on the behavior of bentazone and tricyclazole. *Sci Total Environ* 466-467: 906-913.

GAUSSEN, H. (1954). Theorie et classification des climats et microclimats. *Actes VII Cone Int. Bot. Paris* 125-130.

GAUSSEN, H., 1957. Les climats biologiques et leur classification, In: *Annales de Géographie*.1957, t. 66, n°355. pp. 193-220.

GARREC J.P., Van HALUWYN C. 2002. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air, Tec & Doc, Paris.

GILLER P., MALMQVIST B. 1998. *The Biology of Streams and Rivers*. 304 pages.

GOAZIOU, Y. 2004. Méthodes d'évaluation de l'intégrité biotique du milieu aquatique basée sur les macroinvertébrés benthiques : rapport de stages. Direction du suivie de l'état de l'environnement, Environnement Québec.37p.

GRALL J. & HILY C., 2003 .Traitement de données stationnelles (Faune). *Robert. FT(10).Doc.1.*

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.

GRAY R.H. K.J.BEBBINGTON, D. WALTERS ., 1992. "Accounting and environmentalism: an exploration of the challenge of gently accounting for accountability, transparency and sustainability" *Accounting Organisations and Society* 17(5) July (pp399-426).

GWILLIAM A. 2008. **Life History of Aquatic Macroinvertebrates:** Collecting macroinvertebrate sample with a kick net at Gila Cliff Dwellings National Monument. National Park service.

K

KAABECHE M., 1990. Les groupements végétaux de la Région de Bou-Saada. Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de Doct. es Sce. Univ. ParisSud. Fac. Sces, Orsay.

KARR, J. R. 1991. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6:21-27.

KHADRAOUI, A. 2004.-Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes. Edition : Houma, Ouargla.324 p.

KOPPEN, W. und R. Geiger, 1951. Klima der Erde (Climate of the earth). Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha.

L

LEVEQUE,C. 1975 –Mollusques des herbiers à Ceratophyllumdu Lac Tchad :Biomasse et variations saisonnières.-ORSTOM. Série d’hydrobiologie 9,1 :25-31.

LOUNACI A., 1987. Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d’invertébrés benthiques du bassin de l’Oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse Magister, U.S.T.H.B., 133p

LOUNACI A., B. BROSSE S. THOMAS A. & LEK S., 2000(a). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algerian stream: the Sebaou wadi. *AnnlsLimnol.*, **36 (2)**:123-133.

LOUNACI, A. 2005.- Recherche sur la faunistique, l’écologie et la biogéographie des macroinvertebrés des cours d’eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d’état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (Algérie), 208 p.

LOUNACI A., BROSSE S., AIT-MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D. & VINÇON G., 2005. Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d’Afrique du Nord (Plecoptera), *Ephemera*, **6(2)** : 109-124.

M

MADSON, H., DAFFALA, A., KAROUM,K.O.& FRANDBSEN,F. 1988-Distribution of frechwater snails in irrigation schemes in the Sudan-*Journal of applied Ecology*.25:853-866.

MAGURRAN, A.E.1988. - Ecological diversity and its measurement. Cambridge University Press, Chapman. London. 179p.

MALICHY H. & LOUNACI A., 1987. Beitragzurtaxonomie und faunistik der cherfliegen von Tunisien, Algerien und Moroko (Trichoptera). *Opusc. Zool. Flumin*, 14 :1-20.

MARAZANOF, 1964, 1966,1970. Station Biologique De La Tour Du Valat : Onzième, Douzième et Treizième Comptes Rendus d’activité et Recueil Des Travaux - 1964, 1965 et 1966.

MARKET, B., Breure, A., Zechmeister, H., 2003. Bioindicators and Biomonitors. Principles, Concepts and Applications. Elsevier, Amsterdam.

- MARSHALL, J. C. & STEWARD, L. 2006-**. Taxonomic resolution and quantification of freshwater macroinvertebrate samples from an Australian dryland river: the benefits and costs of using species abundance data. *Hydrobiologia* 572(1): 171-194.
- MARY N., 2017.** Les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie. Guide d'identification. Version révisée 2017. DAVAR Nouvelle-Calédonie, OEIL, CNRT. 182 p.
- MARTIN M, 2013.** Projet de restauration de la source du Pla d'Avall. IntÈrít patrimonial de cette source. NohÈdes: RÈserve naturelle de NohÈdes, Mairie de NohÈdes.
- MC KINNEY M.L. 2002.** Urbanisation, biodiversity and conservation. *Biosci.*, 52, 883-890.
- MEBARKI M. 2000b.** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream : a species check-list of the Sebaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 136.
- MEBARKI M., 2001.** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister.
- MERRITT, R. W. et K. W. CUMMINS, 1996.** *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, 3rd Edition, Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Publishing Company, 862 p.
- METZELING, L., CHESSMAN, B., HARDWICK, R. et WONG, V. 2003.** Rapid assessment of river using macroinvertebrates : the role of experience, and comparisons with quantitative methods. *Hydrobiologia*, 510 :39-52.
- MEYBECK M, 1995.** *The Silicon Cycle: Human Perturbations and Impacts on Aquatic Systems*.
- MOISAN, J. & PELLETIER, L. 2008.-** Guide de surveillance biologique basé sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrats grossiers. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 86 p.
- MOISON J., 2010.** 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, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p.
- MOISAN ,J. & PELLETIER, L. 2011.-** Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrats meubles. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 39 p.

MOONEY H.A., PARSONS D.G. et KUMMEROW J., 1973. Plant development in Mediterranean climates. In: technical report 73-6. Origin and structure of ecosystems. San Diego. State University. Calif. 14 p.

MOUBAYED J., LOUNACI A. & LOUNACI-DAOUDI D., 2007. Non-biting midges from Algeria, North Africa (Diptera, Chironomidae). *Ephemera*, **8 (2)**:93-99. Occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapires atlasiques. Thèse Magister. U.S.T.H.B / IST.

MULLISS R.M, REVITT D.M., SHUTES R.B.E. 1997. The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse, *Water Sci. Technol.*, 36, 195-199. Paris, 698p.

N

NEDJRAOUI D., 2011. Vulnérabilité des écosystèmes steppiques en Algérie. « L'effet du Changement Climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb ». Université KASDI MERBAH - Ouargla- Algérie, du 21 au 24 Novembre 2011. 41-53p.p.

NISBET, M. & VERNEAUX J., 1970 - Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annls. Limnol.*, 6 (2): 161-190.

NORRIS R. H. & GEORGES A., 1986. Design and analysis for assessment of water quality. In : De Deckker P. & Williams W. D. (eds) *Limnology in Australia*. 555-572.

O

OERTLI, B., J. BIGGS, R. CEREGHINO, P. GRILLAS, P. JOLY & J. B.

LACHAVANNE, 2005. Conservation and monitoring of pond biodiversity: introduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 15: 535-540.

O.N.M., 2018. Bulletin d'information climatique et agronomique. Ed. Office. nati. météo., cent. clim. nati., Laghouat 2018.

P

PAUW, N. & G. VANHOOREN. 1983. Method for biological quality assessment of water courses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100: 153-168.

PELLETIER, L., 2007. 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 no ENV/2002/0291, rapport no EA/2002-02, 85 p. et 4 ann.

PERON, A., 1883. Description géologique de l'Algérie. Paris, G. Masson, Éditeur, 204 P.

PESSON, P. 1980. - La pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatiques. 2ème Ed, Gauthier Villars. Paris, 345p.

PETERSON, M. 2006. Course materials : Biology 326, ecology lab. Western Washington University, Department of biology, Bellingham, Washington.

PEYRUSSE V., BERTRAND M., 2001. Les acariens aquatiques de France. Insectes, 123: 3-6..

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.

PORST, G. & IRVINE. K. 2009. - Distinctiveness of macroinvertebrate communities in turloughs (temporary ponds), and their response to environmental variables. Aquatic.Conservation. Marine. Freshwater. Ecosystem., 19, 456-465.

R

RAMADE, F. 1994. Eléments d'écologie – écologie fondamentale. Ed. Ediscience, 579 p.

RAMADE, F. 2003. -Eléments d'écologie fondamentale. Ed. Dunod. Paris, 690 pages.

RAMADE, F. 2007. Introduction a l'écotoxicologie : fondements et applications. Ed Lavoisier.

RAMADE, F. 2009. -Elément d'écologie : écologie fondamentale .4 ème Edition. Dunod,

RGPH 2008. « Recensement Général de la Population et de l'Habitation ».E CENSEMENT», Ministre de L'Intérieur et du Développement communal.

RITTER E., 1902. Le djebel Amour et les Monts des OuledNails. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie. N°3 2ème série .100 p.

RITTER, 1902.,Bulletin du service de la Carte géologique de l'Algérie, 2me série. n° 3. «Etudes géologiques dans l'Atlas saharien du Sud algérien. Le Djebel-Amour et les monts des Oulad-Nayl» 1902 ., pp. 148-149.

Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. 1993. Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. and Resh, V.H., Eds., Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates, Chapman/Hall, New York, 1-9.

S

- SARR, A., KINZELBACH, R. & DIOUF, M. 2011.** Diversité spécifique et écologie des mollusques continentaux de la basse vallée de Ferlo (Sénégal)- *Malaco7* :383-390.
- SEKHI S., 2010.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés ces cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB, 117p.
- SELLAM., 2017.** Etude de la structure du peuplement des Macroinvertébrés benthiques dans différents étages bioclimatiques en Algérie, Mémoire de doctorat, Université A.MIRA-BEJAIA, 122p.
- SELLAM, N, VIN OLASA, A., ZOUGGAGHE, F& MOULAI, R., 2016. 2016 -** L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualité des eaux de quelques Oueds en Algérie - *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 80: 47-56.
- SHANNON C. E. & WEAVER W., 1963.** The mathematical theory of communication. Urbane: University of Illinois Press: 117 p.
- SOLTNER, D. 1992.** Les bases de la production végétale-Tome 2 edSci et Tech .Agr 49310 .Sainte gén .Loire. France.
- SOLEILHAVOUP, F., 2011.** Microformes d'accumulation et d'ablation sur les surfaces désertiques du Sahara. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 2, p. 173-186.
- SMITH, D. G., 2001.** Pennak's Freshwater Invertebrates of the United States: Porifera to Crustacean, 4th Edition, New York, John Wiley & Sons, Inc., 648 p.
- SMITS, M.J.A., VAN DUINEN, G.A., BOSMAN, J.G., BROCK, A.M.T., JAVOIS, J., KUPER, J.T., PEETERS, T.M.J., PETERS, M.A.J. & ESSELINK, H. 2002.** Species richness in a species poor system: Aquatic macroinvertebrates of Nigularaba, an intact raised bog system in Estonia. *Proc. Int. Peat Symp.*, Pärnu: 283-291.
- Stark, J. D., I. K. G. Boothroyd, J. S. Harding, J. R. Maxted et M. R. Scarsbrook, 2001.** Protocols for Sampling Macroinvertabrates in Wadeable Streams, New Zealand macroinvertabrate working group, report no. 1, rédigé pour le Ministry for the Environment, Sustainable management fund project no. 5103, 57 p.
- STEWART P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.* T. 59, 24 – 25.
- STUMPF S, PATTY V and GWILLIAM E, 2009.** Aquatic Macroinvertebrates - Habitat and Life History NPS Inventory and Monitoring Program. Arizona University.

T

TACHET H. BOURNAUD M. & RICHOUX PH., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Association française de limnologie : 150p.

TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. & USSEGLIO-POLATER, PH.2000. Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie. Ed CNRS- Paris. 588p.

TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNARD, M.& USSEGLIO-POLATERA, PH. 2003.- Invertébrés des eaux douces; systématique, biologie, écologie. CNRS Éditions, Lyon, 585p.

TIDJANI A.D., BIELDERS C.L. et AMBOUTA K., 2010. Dynamique saisonnière des paramètres déterminant l'érosion éolienne sur les pâturages dunaires du Niger. *Géo-Eco-Trop*, vol. 33, n° 1-2, p. 39-56.

THOMAS A.G.B., 1981. Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 330p.

THOMAS, A., GAGNEUR, J., 1994. Compléments et corrections à la faune des Ephéméroptères d'Afrique du Nord. 6. *Alainitiessadanin.sp. d'Algérie(Ephemeroptera, Baetidae)* Bull. Soc. Hist.nat. Toulouse, **130**: 43-45.

TOUZIN D, 2008. Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec, Mémoire inédit. Université de Québec, Canada.

TURRIL W.B., 1929 - Plant life of the Balkan Peninsula; a phytogeographical study. Clarendon press. Oxford.

V

VOSHELL , R.J. 2002. A Guide to Common Freshwater Invertebrates of North America. The McDonald & Woodward Publishing Company, Blacksburg, Virginia. 456 pp.

W

WALTER H. et LIETH H., 1960. Klimadiagram weltathas. Jerrafishar Iena. Ecologia Medit. Tome XVIII 1992. Univ. de Droit, d'Economie et des Sciences d'Asie – Marseille III.

WARD, J.V. 1998. Riverine Landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation*, 83: 269-278.

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.

Weber, H. and Weidner, H. 1974. *Grundniss der Insectenkunde*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

WIGGINS, G.B. & MACKAY, R.J., 1978. - Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera. *Ecology*, 59 (6): 1211-1220.

WOODCOCK, T. S. et HURYN, A. D. 2007. The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. *Freshwater biology*, 52 :177-196.

Y

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.

YASRIN., 2009. Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. *Mémoire de Magister, USTHB*, 96p.

Z

ZERGUINE. K., SAMRAOUI. B.& ROSSAROB., 2009. A survey of chironomids from seasonal ponds of Numidie, Northeastern Algeria. *bioll. Zool. Agr. Bachic. Ser. II*, 41 (3): 167 – 174.

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 sciences et de technologie. Houari Boumediene* 65P.

Annexe

Annexe I : Liste des Matériels.

Au Terrain	Au Laboratoire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Filet troubleau de 30cm (275 microns) ; ■ Seau ; ■ Bouteilles en plastique pour les échantillons (1,5 litre) ; ■ Boîte de transport pour les échantillons ; ■ Agent de conservation (Formol à 10 %) ; ■ Étiquettes en papier imperméable ; ■ Règle graduée ; ■ Flacons laveurs ; ■ Cartes topographiques ; ■ GPS ; ■ Sacs à dos ; ■ Appareil photo ; ■ Chronomètre ; ■ Crayon feutre indélébile ; ■ Multi paramètres. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Loupe binoculaire (stéréoscope modèle Discovery V8, Zeiss) ; ■ Boîtes de pétrie ; ■ Pissette pasteur ; ■ Appareil photo numérique ; ■ Boîtes en verre ; ■ Trousse à dissection ; ■ Pinces fines.

Annexe II : Classes proposées pour le pH (Nisbet & Verneaux, 1970).

Composant	Classe	Situation
pH < 5	1	Acidité forte
5 < pH < 6	2	Acidité moyenne
6 < pH < 7	3	Acidité faible
7 < pH < 7.5	4	Neutralité approchée, majorité des eaux piscicoles régions calcaires.
7.5 < pH < 8	5	Faible alcalinité
8 < pH < 9	6	Alcalinité moyenne, eau closes
pH > 9	7	Alcalinité forte, eaux peu piscicoles ou valeurs passagères.

**Annexe IV : Valeurs de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique du macrofaune
(Extrait de la norme AFNOR T 90 – 350 – déc. 1992, AFNOR).**

Classe de Variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	St Gi	> 50	49 45	44 41	40 37	36 33	32 29	28 25	24 21	20 17	16 13	12 10	9 7	6 4	3 1
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Branchycenridae Odontocéridae Philopotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossomatidae Beraenidae Goeridae Leptoplébiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydropilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae (1) Ephemerllidae (1) Hydropsychidae Aphelocheriridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae (1) Caenidae (1) Elmidae (1) Gammaridae (1) Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae (1) Asellidae (1) Achètes Oligochètes (1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Annexe III : Liste des 138 taxons (les 38 taxons indicateurs sont en caractères gras)
Extrait de la norme AFNOR T 90-350, 1992).

INSECTES	HETEROPTERES	<i>Stratiomyidae</i>	<i>Physidae</i>
PLECOPTERES	Aphelocheiridae	<i>Syrphidae</i>	<i>Planorbidae</i>
Capniidae (8)	(3)	<i>Tabanidae</i>	<i>Valvatidae</i>
Chloroperlidae (9)	Corixidae	<i>Thaumaleidae</i>	<i>Viviparidae</i>
Leuctridae (7)	Gerridae	<i>Tipulidae</i>	
Nemouridae (6)	Hebridae	ODONATES	ACHETES (1)
Perlidae (9)	Hydrometridae	<i>Aeschnidae</i>	<i>Erbobdellidae</i>
Perlodidae (9)	Naucoridae	<i>Calopterygidae</i>	<i>Glossiphonidae</i>
Taeniopterygidae (9)	Nepidae	<i>Coenagrionidae</i>	<i>Hirudinae</i>
	Notonectidae	<i>Cordulegasteridae</i>	<i>Piscicolidae</i>
	Mesoveliidae	<i>Corduliidae</i>	
TRICHOPTERES	Pleidae	<i>Gomphidae</i>	TRICLADES
Beraeidae (7)	Veliidae	<i>Lestidae</i>	<i>Dendrecealidae</i>
Brachycentridae (8)	COLEOPTERES	<i>Libellulidae</i>	<i>Dugesidae</i>
<i>Ecnomidae</i>	Curculionidae	<i>Platycnemididae</i>	<i>Planariidae</i>
Glossosomatidae (7)	Donaciidae		
Goeridae (7)	Dytiscidae	MEGALOPTERES	<u>OLIGOCHETES (1)</u>
Helicopsychidae	Eubridae	<i>Sialidae</i>	<u>NEMATHELMINTHES</u>
Hydropsychidae (3)	Elmidae (2)	PLANIPENNES	<u>HYDRACARIENS</u>
Hydroptilidae (5)	<i>Gyrinidae</i>	<i>Osmylidae</i>	<u>HYDROZOAIRE</u>
Lepidostomatidae (6)	<i>Haliplidae</i>	<i>Sysyridae</i>	<u>SPONGIAIRES</u>
Leptoceridae (4)	<i>Helodidae</i>	HYMENOPTERES	<u>BRYOZOAIRE</u>
Limnephilidae (3)	<i>Helophoridae</i>	LEPIDOPTERES	<u>NEMERIENS</u>
Molannidae	<i>Hydraenidae</i>	<i>Pyrallidae</i>	
Odontoceridae (8)	<i>Hydrochidae</i>	CRUSTACES	
Philopotamidae (8)	<i>Hydrophilidae</i>	BRANCHIOPODES	
Phryganeidae	<i>Hydroscaphidae</i>	AMPHIPODES	
Polycentropodidae (4)	<i>Hygrobiiidae</i>	Gammaridae (2)	
Psychomyidae (4)	<i>Limnebiidae</i>	ISOPODES	
Rhyacophilidae (4)	<i>Spercheidae</i>	Asellidae (1)	
Sericostomatidae (6)		DECAPODES	
<i>Thremmatidae</i>	DIPTERES	Astacidae	
	Anthomyidae	Atyidae	
	Athericidae	Grapsidae	
	Blephariceridae	Cambaridae	
EPHEMEROPTERES	Ceratopogonidae	MOLLUSQUES	
Baetidae (2)	Chaoboridae	(2)	
Caenidae (2)	Chironomidae (1)	BIVALVES	
Ephemerllidae (4)	<i>Culicidae</i>	<i>Curbiculidae</i>	
Ephemeridae (6)	<i>Dixidae</i>	<i>Dreissenidae</i>	
Heptageniidae (5)	<i>Dolichopodidae</i>	<i>Sphaeriidae</i>	
Leptophlebiidae (7)	<i>Empididae</i>	<i>Unionidae</i>	
Oligoneuriidae	<i>Ephydriidae</i>	GASTEROPODES	
Polymitarciidae (5)	<i>Limoniidae</i>	<i>Ancylidae</i>	
Potamanthidae (5)	<i>Psychodidae</i>	<i>Bithynidae</i>	
<i>Prosopistomatidae</i>	<i>Plychopteridae</i>	<i>Bythinellidae</i>	
<i>Siphonuridae</i>	<i>Ragionidae</i>	<i>Hydrobiidae</i>	
	<i>Scatophagidae</i>	<i>Lymnaeidae</i>	
	<i>Sciomyzidae</i>	<i>Neritidae</i>	
	<i>Simuliidae</i>		

Annexe V : Valeurs d'IBMWP selon la nature et la variété taxonomique du macrofaune.

Familles	Points
<i>Siphonuridae Heptageniidae Leptophlebiidae Potamanthidae Ephemeridae Taenioptérygidae Leuctridae Capniidae Perlodidae Perlidae Chloroperlidae Aphelocheiridae Phryganeidae Molannidae Beaeidae Odontoceridae Leptoceridae Goeridae Lepidostomatidae Brachycentridae Sericostomatidae Athericidae Blepharicidae</i>	10
<i>Astacidae Lestidae Calopterygidae Gomphidae Cordulegasteridae Aeshnidae Corduliidae Libellulidae Psychomyidae Philopotamidae Glossossomatidae</i>	8
<i>Ephemerellidae Prosopistomatidae Nemouridae Rhyacophilidae Polycentridae Limnephilidae Ecnomidae</i>	7
<i>Nertidae Viviparidae Ancylidae Thiaridae Hydroptilidae Unionidae Corophiidae Gammaridae Antyidae Platycnemiidae Coenogrionidae</i>	6
<i>Oligoneuriidae Polymitarcidae Dryopidae Elmidae Helophoridae Hydrochidae Hydraenidae Clambidae Hydropsychidae Tipulidae Simuliidae Planariidae Dendrocoelidae Dugesiidae</i>	5
<i>Baetidae Caenidae Haliplidae Curculionidae Chrysomelidae Tabanidae Stratiomyidae Empididae Dolichopteridae Dixidae Ceratopogonidae Anthomyidae Limoniidae Psychodidae Sciomyzidae Rhagionidae Sialidae Piscicolidae Hidracarina</i>	4
<i>Veliidae Hydrometridae Gerridae Nepidae Naucoridae Pleidae Veliidae Notonectidae Corixidae Helodidae Hydrophilidae Hygrobiidae Dytiscidae Gyrinidae Valvatidae Hydrobiidae Lymneidae Physidae Planorbidae Bithyniidae Bythinellidae Sphaeridae Glossiphoniidae Hirudidae Arpobdellidae Asellidae Ostracoda</i>	3
<i>Chironomidae Culicidae Ephyridae Thaumaleidae</i>	2
<i>Oligochaeta Syrphidae</i>	1

Annexe VI : Photos original des Macroinvertébrés de la source Milok (2018).



Ephéméroptère:
(Caenis sn)



Ephéméroptère: (*Baetis*
sp)



Trichoptère :
Hydropsychidae



Diptères :
Chironomidae



**Diptère (Larve) :
Ceratomyzidae**



**Gastéropode :
Limnaeidae**



**Gastéropode :
Hydrobiidae**



Coléoptère



Hydracarien

Résumé :

Le présent travail consiste à une étude hydrobiologique sur les macroinvertébrés benthiques dans une source d'eau permanente « source de Milok » dans la région de Laghouat. Le but de cette étude porte sur une contribution de la biodiversité des macroinvertébrés dans cette source ainsi qu'une estimation de la qualité de l'eau par des méthodes biologiques. En effet, un échantillonnage a été appliqué mensuellement entre Décembre 2017 à Mai 2018 à l'aide d'un filet troubleau, nous a permis de recenser 5492 individus répartis en 8 taxons, dominés par les larves d'insectes en particulier les Ephéméroptères et les Crustacés avec respectivement 81.59% et 9.99%. L'analyse biologique par l'application de deux indices biologiques, l'indice biologique global normalisé (IBGN), et le Système de scores The Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP) nous a montré le niveau de l'altération de la qualité de l'eau de la source.

Mots clés : macroinvertébrés benthiques, Source Milok, méthodes biologiques, Laghouat.

Abstract:

The present work consists a hydrobiological study on benthic macroinvertebrates in a permanent water source «source of Milok" in the Laghouat region. The aim of this study concerns a contribution of the biodiversity of macroinvertebrates in this source as well as an estimation of water quality by biological methods. Indeed, a sampling was applied monthly between December 2017 to May 2018 using a net troubleau, allowed us to count 5492 individuals divided into 8 taxa, dominated by the larvae of insects in particular the Ephéméroptères and Shellfish with respectively 81.59% and 9.99%.

The biological analysis by the application of two biological indices, the standardized total biological index (IBGN), and the System of scores The Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP) showed us the level of the deterioration of the water quality of the source.

Key words: benthic macroinvertebrates, Source Milok, biological methods, Laghouat.

ملخص:

يتألف العمل الحالي من دراسة هيدرولوجية على اللافقاريات المائية القاعية في منبع عذام للمياه في منطقة الأغواط. الهدف من هذه الدراسة هو مساهمة التنوع البيولوجي في اللافقاريات في هذا المصدر بالإضافة إلى تقدير جودة المياه بالطرق البيولوجية في الواقع، تمت تطبيق أخذ العينات شهرياً بين ديسمبر 2017 إلى مايو 2018 بواسطة شبكة جمع (troubleau). سمحت لنا بتحديد 5492 فرد مقسماً إلى 8 أصناف، تهيمن عليها يرقات الحشرات، خاصةً Ephemeropteres والقشريات بنسبة 81.59% و 9.99% على التوالي.

أظهر التحليل البيولوجي ومن خلال تطبيق مؤشر ينبيولوجيين، المؤشر البيولوجي العالمي الموحد (IBGN)، ونظام درجات فريقي عمل لصد البيولوجي (IBMWP) مستوى تغير نوعية مياه المنبع.

الكلمات المفتاحية: اللافقاريات الكبيرة القاعية، منبع ميلق، الطرق البيولوجية، الأغواط.