

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

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



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité/Option : Biodiversité et Environnement

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème

**Contribution à l'étude des peuplements lotiques de la région du
Nord-Est Algérien : Emphase sur l'implication des insectes
vectoriels à intérêt médical et vétérinaire**

Présenté par :

SACKO Hamidou

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme S. Sansri	M.C.A	Université 8 Mai 1945 Guelma
Examinatrice : Mme A. Boumaza	M.C.A	Université 8 Mai 1945 Guelma
Encadrante : Mme M. Cherairia	M.C.A	Université 8 Mai 1945 Guelma

Juin 2025

Remerciements

Je remercie tout d'abord Allah, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, de m'avoir accordé la santé, la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrante, Dr. M. Cherairia, pour son accompagnement attentif malgré ses nombreuses obligations. Je lui souhaite un prompt rétablissement et lui témoigne toute ma reconnaissance pour son soutien constant et ses précieux conseils qui m'ont permis d'aboutir à ce travail.

Je remercie sincèrement Dr. S. Sansri et Dr. A. Boumaza, membres du jury, pour l'intérêt qu'elles ont porté à ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques pertinentes et enrichissantes.

Je remercie tous les professeurs qui m'ont enseigné et qui ont accepté de partager avec moi leur expérience tout au long de mes années d'études universitaires.

Je tiens à remercier chaleureusement les membres de ma promotion, et adresse une pensée particulière à chacun d'entre eux pour les moments de collaboration, d'entraide et de partage vécus tout au long de notre parcours commun.

Enfin, j'adresse toute ma gratitude à ma famille, à mes proches et à mes amis pour leur présence, leurs encouragements et leurs bénédictions tout au long de la réalisation de ce mémoire.



Dédicace

A mon Père, Abraham en vous, je vois un père dévoué à sa famille. Ta présence en toute circonstance m'a maintes fois rappelé le sens de la responsabilité.

A ma Mère, Fatoumata en vous, je vois la maman parfaite, toujours prête à se sacrifier pour le bonheur de ses enfants. Merci pour tout.

A mes grand-mères, Aïssata Sacko et ma regrettée Fanta Dramé, pour l'amour, la sagesse et la tendresse dont vous m'avez entouré. Votre présence, visible ou invisible, continue de me porter.

A mon grand-père Mohamed Sacko

A mes sœurs, frères, cousins et cousines Qui je le sais ma réussite est très importante pour vous.

A Youssouf Traoré

A Kalou et Mariam Sacko

A tous mes oncles et Tantes, à tous mes ami(e)s.

A mon encadrante,

A la promotion 2020 de la faculté de Biologie de Guelma

Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à ma chère famille, avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions

Que Dieu vous paye Pour tous vos bienfaits.

Je vous aime tous

Hamidou.S

RESUME

Ce travail vise à contribuer à l'analyse de la composition faunistique des macroinvertébrés benthiques au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel, situé dans le nord-est de l'Algérie. L'objectif est de dresser un inventaire des taxons présents et d'évaluer certaines caractéristiques écologiques des stations échantillonnées.

Les campagnes de prélèvement se sont déroulées sur une période de quatre mois, entre décembre 2016 et juin 2017, couvrant 22 stations lotiques (sources et oueds). Un total de 5930 individus a été identifié, répartis en 12 groupes zoologiques, 54 familles, 74 genres et 17 espèces. Les groupes les plus abondants sont les Coléoptères, les Diptères, les Hémiptères et les Odonates. Certaines familles comme les Culicidae, Simuliidae et Chironomidae présentent un intérêt médico-vétérinaire.

Les résultats révèlent une richesse faunistique notable, variable selon les stations, et offrent des données utiles à la conservation et à la gestion durable des cours d'eau du bassin versant du Kebir-Rhumel.

Mots-clés : Macro-invertébrés, biodiversité, insecte-vecteur, vecteur médico-vétérinaire, écologie, station lotiques, cours d'eau, réseau hydrographique, Kebir-Rhumel, bassin versant.

ABSTRACT

This study aims to contribute to the faunistic analysis of benthic macroinvertebrates within the Kebir-Rhumel hydrographic network, located in northeastern Algeria. The main objective is to inventory the recorded taxa and assess the ecological characteristics of the sampled stations.

Sampling campaigns were carried out over four months, from December 2016 to June 2017, covering 22 lotic stations (streams and springs). A total of 5930 individuals were identified, belonging to 12 zoological groups, 54 families, 74 genera, and 17 species. The most abundant groups were Coleoptera, Diptera, Hemiptera, and Odonata. Some families, such as Culicidae, Simuliidae, and Chironomidae, have medical and veterinary relevance.

The results reveal high faunal richness, varying between stations, and provide useful data for the conservation and sustainable management of aquatic environments in the Kebir-Rhumel watershed.

Keywords: Macroinvertebrates, biodiversity, vector-insect, medical-veterinary vector, ecology, lotic station, freshwater stream, hydrographic network, Kebir-Rhumel, watershed.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى المساهمة في تحليل التركيبة الحيوانية لللافقاريات القاعية في شبكة وديان الكبير-روميل، الواقعة في شمال شرق الجزائر. ويتمثل الهدف الأساسي في جرد الأنواع المسجلة وتقييم الخصائص البيئية للمحطات المأخوذة عيناتها. تمت حملات الجمع خلال فترة أربعة أشهر، بين ديسمبر 2016 ويونيو 2017، وشملت 22 محطة مائية جارية (عيون وأودية). تم تحديد 5930 فردًا، موزعين على 12 مجموعة حيوانية، و54 عائلة، و74 جنسًا، و17 نوعًا. وكانت المجموعات الأكثر وفرة هي الخنافس، والذبابيات، ونصفيات الأجنحة، واليعسوبيات. لها أهمية طبية وبيطرية Chironomidae وSimuliidae وCulicidae بعض العائلات مثل كشفت النتائج عن ثراء حيواني عالٍ يختلف بين المحطات، مما يوفر بيانات مفيدة للحفاظ على الموارد المائية وإدارتها بشكل مستدام في حوض الكبير-روميل.

الكلمات المفتاحية:

اللافقاريات القاعية، التنوع البيولوجي، الحشرات الناقلة، ناقل طبي وبيطري، البيئة، محطة مائية جارية، مجرى مائي، شبكة مائية، الكبير-روميل، حوض مائي.

Sommaire

REMERCIEMENTS

RESUME

ABSTRACT

ملخص

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTES DES ABREVIATIONS

I. INTRODUCTION	1
A. PROBLEMATIQUE.....	1
B. CONTEXTE ET INTERET DE L'ETUDE.....	1
C. INTERET DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES	2
D. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	2

PARTIE I

II. BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES MACRO-INVERTEBRES AQUATIQUES	4
A. DEFINITION DES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES.....	4
B. INTERET DE L'ETUDE DES MACROS INVERTEBRES BENTHIQUES	4
C. PRESENTATION DE QUELQUES GROUPES SELECTIONNES	4
1. Insectes	4
a) Coléoptères	4
(1) Morphologie	5
(a) Larves	5
(b) Nymphe	5
(c) Adultes.....	5
(2) Biologie et écologie.....	6
b) Diptères	7
(1) Morphologie	7
(a) Larves	7
(b) Nymphe	7
(c) Adultes.....	8
(2) Biologie et écologie.....	8
c) Hémiptère.....	9
(1) Morphologie	9
(a) Larves	9
(2) Biologie et écologie.....	10
d) Éphéméroptères.....	10

(1) Morphologie	11
(a) Les larves	11
(2) Biologie et écologie.....	11
e) Trichoptères	12
(1) Morphologie	13
(a) Larves	13
(b) Nymphe	13
(2) Biologie et écologie.....	14
f) Odonates	14
(1) Morphologie	15
(a) Larves	15
(b) Adulte	15
(2) Biologie et écologie.....	15
g) Plécoptères	16
(1) Morphologie	17
(a) Larves	17
(b) L'adulte.....	17
(2) Biologie et écologie.....	17
2. Crustacé	18
(1) Morphologie	18
(2) Biologie et écologie.....	18
3. Turbellariés	20
(1) Morphologie	20
(2) Biologie et écologie.....	20
4. Gastéropodes	21
(1) Morphologie	21
(2) Biologie et écologie.....	21
5. Bivalves	22
(1) Morphologie	22
(2) Biologie et écologie.....	22
6. Les Annélides	23
(1) Morphologie	23
(2) Biologie et écologie.....	23

PARTIE II

III. MATERIELS ET METHODES	25
A. MATERIEL D'ETUDES.....	25
1. Sur le terrain	25
2. Au laboratoire	27
B. METHODES D'ETUDE	29
1. Choix des Stations	29
2. Présentation de la zone d'étude	30
a) Localisation et description des Stations d'études	30
(1) Station d'Oued Maleh	30

(2) Station d'Oued Akir Azanane	31
(3) Station d'Oued Alrala 1	32
(4) Station d'Oued Alrala 2	32
(5) Station d'Oued Anil	33
(6) Station d'Oued Ardjana	34
(7) Station d'Oued Bentag	34
(8) Station d'Oued Bougaraa	35
(9) Station d'Oued Chettit	36
(10) Station d'Oued Draa Tabal	36
(11) Station d'Oued Drebla	37
(12) Station d'Oued El Kebir 1	38
(13) Station d'Oued El Kebir 2	38
(14) Station de Oued El Kebir 3	39
(15) Station d'Oued Mechaki	40
(16) Station d'Oued Rejas	40
(17) Station d'Oued Taïnet	41
(18) Station de Source Ain Lakbira	41
(19) Station de Source Mechaki	42
(20) Station de Source Ras ElOued	43
(21) Station de Tamda 1	44
(22) Station de Tamda 2	44
3. Sur le terrain	46
a) Technique d'échantillonnage	46
b) But d'échantillonnage	46
c) Le tri des macro-invertébrés	46
(1) Sur place	46
(2) Au laboratoire	47
(a) Tri de la faune	47
(b) Dénombrement	47
(c) Identification	47
4. Analyse de la structure du peuplement	48
5. Méthode d'exploitation des résultats	48
a) Analyse par la qualité d'échantillonnage	48
b) Indices Ecologiques de Composition	49
(1) Richesse spécifique	49
(2) Abondance relative ou fréquence centésimale	49
(3) Fréquence d'occurrence	49
c) Indices écologiques de structures	49
(1) Indice de Shannon-Weaver	50
(2) Indice d'équitabilité :	50
(3) Indice de Simpson :	51
(4) L'indice de Hill	51

PARTIE III

IV. RESULTATS	39
A. ETUDES FAUNISTIQUE.....	39
1. Check-list de la faune inventoriée	39
2. Qualité d'échantillonnage.....	47
3. Indices écologiques de compositions	49
a) Richesse totale (S) et moyenne (S') des taxons globaux dans les stations d'études	49
b) Fréquence centésimale ou abondance relative (%) des taxons de macroinvertébrés	
benthiques dans les stations d'étude.....	52
(1) Analyse faunistique	52
c) La Fréquence d'occurrence et de constance (%) des taxons de macroinvertébrés	
benthiques dans les stations d'étude.....	64
d) Indice de Shannon-Weaver	68
e) Indice d'équitabilité	69
f) Indice de Simpson.....	71
g) L'indice d'Hill	73
4. Phénologie	74
V. DISCUSSION.....	77
VI. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	83
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	85

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Larve de la famille de Dytiscidae	6
Figure 2 : Larves (a) et nymphes (b) de la famille des Simuliidae	9
Figure 3 : Larves (a) et adulte (b) de la famille des Notonectidae (<i>Notonecta</i> sp.)	10
Figure 4: Larve de la famille des Caenidae (<i>Brachycercus</i> sp.)	12
Figure 5 : Etui (a) de la famille des Hydroptilidae (<i>Oxyethira</i> sp.) et larve(b) de la famille des Hydropsychidae (<i>Hydropsyche</i> sp.)	14
Figure 6 : a : larve Zygotère d'un Lestidae (<i>Sympecma</i> sp.) ; b : larve Anisoptère d'un Libellulidae (<i>Sympetrum</i> sp.)	16
Figure 7 : Larves de la famille des Perlodidae (<i>Perlodes</i> sp.)	18
Figure 8 : Familles des Gammaridae (<i>Gammarus</i> sp.).....	19
Figure 9 : Famille de Atyidae (<i>A.desmarestii</i>)	19
Figure 10 : Classe des Turbellaria Famille des Dugesiidae (<i>Dugesia</i> sp.).....	21
Figure 11 : Familles des Physidae (a) (<i>Physa</i> sp.) et Ancyliidae(b) (<i>Ancylus</i> sp.)	22
Figure 12 : Familles des Sphaeriidae	23
Figure 13 : Classe des Annélides de famille des Glossiphoniidae (<i>G. complanata</i>) (a) et famille des Erpobdellidae (<i>T. bykowskii</i>) (b).....	24
Figure 14 : Une paire de bottes [3].....	26
Figure 15: Une épousette (Filet surber) [7]	26
Figure 16 : Un tamis [4]	26
Figure 17: Des flacons	26
Figure 18: Des étiquettes.....	26
Figure 19: Un carnet de terrain [5].....	26
Figure 20: Deux pinces entomologique.....	26
Figure 21: Ethanol 99,99 % [8]	26
Figure 22: Un GPS [9].....	26
Figure 23 : Un appareil photo [6]	26
Figure 24: Loupes binoculaires (LEICA ZOOM 2000).....	28
Figure 25: Boîte de pétrie	28
Figure 26: Un pinceau	28
Figure 27: Des tubes.....	28
Figure 28 : Étiquettes	28
Figure 29: Guide (Tachet <i>et al.</i> ,2010)	28

Figure 30 : Ethanol 96%	28
Figure 31: Pissette	28
Figure 32: Deux pinces entomologique.....	28
Figure 33: Carnet de notes.....	28
Figure 34: Gants et bavettes	28
Figure 35: Localisation des 22 Stations d'échantillonnage au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel et une partie du Côtier Constantinois Ouest.....	30
Figure 36: Station d'Oued Maleh	31
Figure 37: Station d'Oued Akir Azanane	31
Figure 38: Station d'Oued Alrala 1.....	32
Figure 39: Station d'Oued Alrala 2.....	33
Figure 40: Station d'Oued Anil.....	33
Figure 41: Station d'Oued Ardjana.....	34
Figure 42: Station d'Oued Bentag	35
Figure 43: Station d'Oued Bougaraa	35
Figure 44: Station d'Oued Chettit.....	36
Figure 45: Station d'Oued Draa Tabal.....	37
Figure 46: Station d'Oued Drebla.....	37
Figure 47: Station d'Oued El Kebir 1	38
Figure 48: Station d'Oued El Kebir 2	39
Figure 49: Station d'Oued El Kebir 3	39
Figure 50: Station d'Oued Mechaki.....	40
Figure 51: Station d'Oued Rejas.....	41
Figure 52: Station d'Oued Taïnet.....	41
Figure 53: Station de Source Ain Lakbira.....	42
Figure 54: Station de Source Mechaki	43
Figure 55: Station de Source Ras ElOued	43
Figure 56: Station de Tamda 1	44
Figure 57: Station de Tamda 2	45
Figure 58 : Comparaison de la richesse, de l'abondance et de la qualité de l'échantillonnage selon les stations.....	48
Figure 59 : Richesse totale des taxons benthiques inventorier dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.....	51

Figure 60 : Richesse moyenne des taxons benthiques inventorier dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.....	51
Figure 61: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Maleh.....	58
Figure 62: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Oued Akir Azanane.....	58
Figure 63 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Alrala 1	58
Figure 64: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Alrala 2.....	58
Figure 65: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Anil.....	59
Figure 66: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Ardjana.....	59
Figure 67: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Bentag.....	59
Figure 68 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Bougaraa.....	59
Figure 69: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Draa Tabal.....	60
Figure 70: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Oued El Kebir 1.....	60
Figure 71 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Chettit	60
Figure 72: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Drebla	60
Figure 73 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued El Kebir 3.	61
Figure 74 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued El Kebir 2.	61
Figure 75 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Mechaki.	61

Figure 76 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Rejas.	61
Figure 77 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Taïnet.....	62
Figure 78 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Source Ain Lakbira	62
Figure 79 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Source Ras Eloued	62
Figure 80 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Source Mechaki.....	62
Figure 81 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Tamda 1.....	63
Figure 82 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Tamda 2.....	63
Figure 83 : Fréquence d'occurrence des macro-invertébrés inventoriés au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel des 22 stations.....	67
Figure 84 : Variation d'indice de Shannon-Weaver (H') entre les différentes stations échantillonnées.....	69
Figure 85 : Variation d'indice d'équitabilité (E) entre les différentes stations échantillonnées	70
Figure 86: Variation d'indice de Shannon (H') en fonction de l'équitabilité (E) au niveau des stations échantillonnées.....	71
Figure 87: Variation d'indice de Simpson (D) entre les différentes stations échantillonnées. 72	
Figure 88: Variation d'indice d'Hill entre les différentes stations échantillonnées	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Stations et Dates de prélèvement d'échantillonnage du réseau hydrographique du Kebir- Rhumel.....	29
Tableau 2: Nombre de familles, de genres et d'espèces par groupe zoologique.....	39
Tableau 3: Check-list des taxons inventoriés au niveau du réseau hydrographique du Kebir- Rhumel durant la période d'étude.	40
Tableau 4: Effectifs des individus recensés dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude	43
Tableau 5: Valeurs des qualités d'échantillonnage des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.....	47
Tableau 6: Richesse totale et moyenne des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel de durant la période d'étude.....	49
Tableau 7: La Fréquence d'occurrence et constance des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir- Rhumel durant la période d'étude.....	65
Tableau 8: Valeurs d'indice de Shannon-Weaver (H') enregistrées au niveau des différentes stations.....	68
Tableau 9: Valeurs d'indice d'équitabilité (E) enregistrées au niveau des différentes stations.	70
Tableau 10: Valeurs de l'indice de Simpson (D) enregistrées au niveau des stations échantillonnées.	72
Tableau 11: Valeurs d'indice de Hill enregistrées au niveau des stations échantillonnées....	73
Tableau 12: Phénologie des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir Rhumel durant la période d'étude.	75

LISTES DES ABREVIATIONS

% : Pourcentage

g : gramme

GPS: Global Positioning System

mg : milligrammes

O. : Oued

S. : Source

EPT : Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

IBGN : Indice biologique globale normalisé

INTRODUCTION

I. Introduction

A. Problématique

Les milieux d'eau douce, notamment les cours d'eau lotiques, sont des écosystèmes dynamiques et essentiels à l'équilibre écologique et socio-économique des territoires qu'ils traversent. Toutefois, leur intégrité écologique est aujourd'hui menacée par de multiples formes de pressions anthropiques telles que l'urbanisation croissante, l'agriculture intensive, les rejets domestiques et les aménagements hydrauliques. Ces perturbations, souvent diffuses, altèrent profondément la structure et le fonctionnement des milieux aquatiques.

Historiquement, l'évaluation de la qualité des eaux s'est principalement appuyée sur des approches physico-chimiques, permettant de quantifier certains polluants et d'apprécier la conformité de l'eau à des normes de qualité. Bien que ces méthodes soient indispensables, elles présentent des limites : elles ne renseignent pas toujours sur les effets cumulés des perturbations, ni sur l'impact réel sur le fonctionnement biologique des milieux. De plus, elles peuvent parfois sous-estimer ou surestimer les pressions réelles exercées sur les écosystèmes aquatiques (Thomas, 1993).

C'est dans ce contexte que s'est imposée, au fil des décennies, l'approche biologique, notamment l'analyse des communautés aquatiques comme indicateurs de l'état écologique des milieux. En effet, les communautés biologiques intègrent les effets combinés des pollutions chimiques, des perturbations physiques et des altérations de l'habitat. Parmi les groupes les plus utilisés à cette fin figurent les macroinvertébrés benthiques. Leur diversité, leur sédentarité, leur sensibilité variable aux pollutions et leur cycle de vie relativement long en font d'excellents bioindicateurs. Leur analyse permet non seulement d'évaluer la qualité écologique des milieux, mais aussi de détecter des altérations passées ou chroniques qui échappent parfois aux analyses ponctuelles.

Les macroinvertébrés benthiques incluent une large diversité d'organismes visibles à l'œil nu, vivant à proximité ou au fond des cours d'eau : insectes aquatiques (Éphéméroptères, Trichoptères, Diptères, etc.), mollusques (gastéropodes et bivalves), crustacés (amphipodes, décapodes), vers (annélides), et autres taxons. Leur composition, leur abondance relative et leur distribution spatio-temporelle sont intimement liées à la nature des habitats, à la qualité physico-chimique de l'eau, et à la stabilité des conditions écologiques.

B. Contexte et intérêt de l'étude

Dans la région du Nord-Est algérien, plusieurs études hydrobiologiques ont déjà été conduites, notamment dans les bassins de la Soummam (Zougaghe & Moali, 2009), de Collo (Boucenna, 2023), de Kabylie (Haouchine, 2011) ou de Bélezma (Benzina & Bachir, 2018).

Ces travaux ont montré que la composition des peuplements benthiques pouvait être utilisée avec fiabilité pour caractériser la qualité écologique des cours d'eau et détecter la présence de perturbations.

Cependant, le réseau hydrographique du Kebir-Rhumel, bien que couvrant une vaste zone du Nord-Est algérien, reste encore peu exploré sur le plan faunistique, notamment en ce qui concerne les macroinvertébrés benthiques. Sa situation géographique, à la confluence de zones côtières, montagneuses et forestières, favorise une grande diversité d'habitats aquatiques propices au développement d'une faune riche et variée. Par ailleurs, certaines familles susceptibles d'y être observées, telles que les Culicidae, Simuliidae ou Chironomidae, présentent un intérêt médico-vétérinaire non négligeable en tant que vecteurs potentiels de maladies. Leur présence constitue donc à la fois un indicateur biologique et un signal sanitaire à ne pas négliger.

C. Intérêt des macroinvertébrés benthiques

Les macroinvertébrés benthiques présentent de nombreuses caractéristiques qui justifient leur utilisation dans le bio-monitoring des eaux continentales :

- Ils sont omniprésents et faciles à échantillonner.
- Leur diversité taxonomique est élevée, avec des sensibilités variées aux perturbations.
- Ils sont sédentaires et reflètent donc bien les conditions écologiques locales.
- Ils intègrent les effets cumulés des stress environnementaux sur le court et moyen terme.
- Leur présence ou leur absence permet de détecter des altérations subtiles du milieu.

Ces organismes occupent également un rôle fonctionnel important dans les écosystèmes aquatiques : ils participent à la décomposition de la matière organique, à la minéralisation des nutriments, et servent de ressource alimentaire à de nombreux poissons, oiseaux et amphibiens.

D. Objectifs de l'étude

Dans ce contexte, la présente étude vise à établir un diagnostic écologique des cours d'eau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel, en s'appuyant sur l'analyse des communautés de macroinvertébrés benthiques. Les objectifs principaux de ce travail sont :

- De dresser un inventaire faunistique des macroinvertébrés benthiques dans 22 stations lotiques réparties sur le territoire au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel ;
- D'analyser la composition taxonomique, la richesse spécifique, l'abondance relative et la distribution spatio-temporelle des peuplements ;

- D'évaluer la qualité écologique des milieux à travers différents indices structurels (diversité de Shannon, équitabilité, indice de Simpson, indice de Hill) ;
- D'identifier les groupes indicateurs de perturbation ou à intérêt médico-vétérinaire ;

Le manuscrit que nous proposons s'organise de la façon suivante :

Une première partie est consacrée à la présentation de la région d'étude et des principales caractéristiques environnementales des sites échantillonnés.

La seconde partie détaille le matériel utilisé, les méthodes de collecte, de tri et d'identification des macroinvertébrés, ainsi que les protocoles d'analyse statistique et écologique adoptés.

Enfin, une troisième partie expose les résultats obtenus, suivie d'une discussion approfondie confrontant nos données aux études antérieures réalisées en Algérie et au Maghreb. Ce mémoire s'achève par une conclusion générale, assortie de pistes de recherche et de recommandations pour la gestion durable des milieux aquatiques du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel.

PARTIE I

II. Biologie et Ecologie des macro-invertébrés aquatiques**A. Définition des macro-invertébrés benthiques**

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu. On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers. Les principaux ordres d'insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Éphémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Hamzaoui, 2009).

B. Intérêt de l'étude des macro-invertébrés benthiques

Les macrosinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress tels que la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan, 2010).

Parmi les bio-indicateurs servant à l'évaluation de l'état de santé des cours d'eau, les macro-invertébrés sont les plus utilisés, et ce, pour plusieurs raisons :

- Ils possèdent une réaction rapide face aux changements environnementaux.
- Ils sont omniprésents et faciles à récolter en grand nombre.
- Ils reflètent les altérations de la qualité de l'eau et du substrat et possèdent également des niveaux de tolérance à la pollution (Bensaidi et Kirane, 2014).

C. Présentation de quelques groupes sélectionnés**1. Insectes****a) Coléoptères**

Les coléoptères représentent l'ordre d'insectes le plus diversifié en termes d'espèces. Ils existent depuis l'époque permienne et constituent donc l'un des ordres d'insectes holométaboles les plus anciens. L'aspect distinctif majeur de l'ordre réside dans la présence d'une première paire d'ailes qui a évolué en élytres chez l'adulte. Près de 15 % des espèces de coléoptères sont classifiées comme aquatiques (Tachet *et al.*, 2010). On considère généralement que tous les coléoptères ont une origine terrestre. Cependant, au fil de l'évolution de cet ordre, plusieurs lignées se sont adaptées à la vie aquatique (Engelhardt *et al.*, 1998).

(1) Morphologie**(a) Larves**

Elles sont très polymorphes, également de tailles variées (un millimètre chez les genres *Hydrosapha* à 6 centimètres pour les genres *Hydrophilus* et *Dytiscus*) (Figures 1) (Tachet *et al.*, 2010).

-Tête : Toujours distinctement séparée et forme une capsule céphalique entièrement sclérifiées. Les yeux sont composés de stemmates. Les antennes ont des tailles différentes, mais elles comportent généralement quatre segments. Les mandibules sont généralement de type broyeur (Tachet *et al.*, 2010).

-Thorax : Le prothorax présente un développement plus important que les deux autres segments. Dans certains groupes, les tergites peuvent être sclérifiées ou munis d'une membrane. Les branchies peuvent être dorsales ou ventrales, les pattes thoraciques sont toujours présentes et parfois très courtes. Il est fréquent que les trois paires de pattes présentent une morphologie semblable. Le nombre d'articles présents dans les pattes permet de distinguer les Adepaga des deux sous-catégories de coléoptères (Tachet *et al.*, 2010).

-Abdomen : Il présente de 8 à 10 segments visibles et possède des branchies latérales ou dorsales, en plus d'avoir un pseudopode. L'extrémité abdominale peut présenter des modifications significatives : posséder des appendices pairs articulés comme les urogomphes (*Dytiscidae*), un prolongement médian (*Hygrobiidae*), quatre crochets (*Gyrinidae*), une paire de styles stigmatiques (*Donaciinae*) ou un opercule avec des stylets (*Dryopidae*) ; des branchies peuvent également être présentes (*Elmidae*). De plus, les segments finaux peuvent constituer un atrium respiratoire (*Hydrophilidae*) (Tachet *et al.*, 2010).

(b) Nymphes

La majorité des coléoptères aquatiques sont terrestres, mais chez les *Donaciinae* et les *Noteridae*, ils se réfugient dans un cocon subaquatique rempli d'air (Tachet *et al.*, 2010).

(c) Adultes

La structure externe se compose de la tête, du prothorax, du ptérothorax et de l'abdomen. La dimension peut varier considérablement : elle est de 1 mm pour le genre *Hemisphaera* et dépasse les 4 cm pour *Dytiscus* et *Hydrophilus* (Tachet *et al.*, 2010). La tête a une structure relativement constante (sauf chez les charançons et est prolongée en avant sous forme de rostre) (Dhouibi, 2002). Les mandibules et les maxilles sont habituellement grandes, arquées, fortement sclérifiées et plus ou moins dentées (Du Chatenet, 1990).

(2) **Biologie et écologie**

Biologie

Les larves possèdent généralement un appareil buccal broyeur et leur régime alimentaire est diversifié : elles sont herbivores, détritivores, algivores et carnivores. Le processus de respiration des larves se divise en quatre méthodes principales : directement à travers le tégument par l'intermédiaire de stigmates. Situé à l'extrémité de l'abdomen, la larve utilise des branchies trachéennes et des crochets stigmatiques pour s'enfoncer dans les canaux aériens d'une plante hydrophyte chez les larves de Donaciinae. Tous les adultes possèdent une sorte d'appareil buccal de type broyeur, certains sont prédateurs, mais la plupart se nourrit plutôt de débris organiques et d'algues. La respiration se réalise par l'ouverture des stigmates dans la cavité sous-élytrale ou via un plastron respiratoire. L'espérance de vie varie d'un an à plusieurs années. La plupart des coléoptères aquatiques ont trois phases larvaires, à l'exception de certaines espèces chez les Elmidae qui montrent cinq à six stades larvaires.

La nymphose se produit généralement sur le sol dans un abri construit par la larve au stade final. Pour certains Noteridae, Donaciinae et quelques Curculionidae, la nymphose a lieu dans un cocon rempli d'air, en milieu aquatique (Tachet *et al.*,2010).

Ecologie

Les coléoptères s'installent dans tous les environnements d'eau douce, et leurs larves peuvent se trouver à plusieurs centimètres des sédiments dans les milieux interstitiels. Les larves sont actives en marchant, de nombreux adultes de différents genres se déplacent à pied, cependant, certains d'entre eux nagent dans l'eau profonde (Dytiscidae et Hydrophilidae) ou à la surface (Gyrinidae). La dispersion est garantie par le vol des adultes qui ont la possibilité de quitter momentanément l'environnement aquatique (Tachet *et al.*,2010).



Figure 1:Larve de la famille de Dytiscidae

b) Diptères

Quant à la taille de leur population, les diptères représentent le second ordre d'insectes le plus conséquent, juste après les Coléoptères. Cependant, il occupe la première place, soit par le rôle de vecteur d'organismes pathogènes (virus, Protozoaires, Helminthes) de certains de ses représentants, soit par la naissance d'autres (Bendali-Saoudi, 2006). La majorité des Diptères sont terrestres, uniquement certaines familles sont aptes à la vie en milieu aquatique lors des stades larvaire et nymphe (Blephariceridae, Ptychopteridae, Chaoboridae, Culicidae, Dixidae, Simuliidae et Thaumaleidae) (Tachet *et al.*, 2010). Au sein des milieux aquatiques, la famille des Chironomidae, considérée comme tolérante à la pollution, est celle qui est la plus abondante. Tandis que les autres diptères présentent une tolérance moyenne (Tachet *et al.*, 2010).

(1) Morphologie

(a) Larves

Les larves de Diptères ont des aspects morphologiques très différents (Engelhardt *et al.*, 1998 ; Tachet *et al.*, 2000 ; Dhouibi, 2002), elles se caractérisent par :

- Corps comprend de onze à quinze segments. Il est recourbé en U chez les Dixidae.
- Téguments membraneux.
- Larves eucéphale (Chironomus), hémicéphale (Dicranota) ou acéphales (Haematopota).
- Yeux réduits à des taches oculaires ou absentes (larves acéphales).
- Absence de pattes thoraciques articulées.
- Fausses pattes thoraciques (Figure 2a) et abdominales (Chironomidae, Dixidae, Simuliidae...).
- Pseudopodes ou bourrelets locomoteurs (Empididae, Athricidae, ...).

La respiration peut s'effectuer via le tégument (type apneustique : Chironomidae), par le biais de branchies trachéennes (Tipulidae) ou encore grâce à des branchies sanguines chez les chironomus. Certaines larves possèdent des stigmates postérieurs (metapneustiques : Tipulidae) qui peuvent se démontrer à l'extrémité d'un siphon en surface et peuvent également être dotées d'une rosette de soies hydrophobes (comme c'est le cas pour les Ptychopteridae et les Tabanidae) ou de stigmates antérieurs (amphipneustiques) (Fouzari, 2009).

(b) Nymphe

La nymphe des Diptères, dites pupe est un stade immobile (Dhouibi, 2002), elles peuvent présenter des aspects morphologiques différents :

Chez les moustiques, la combinaison de la tête et du thorax crée un céphalothorax imposant qui est suivi par un abdomen étroitement courbé, prenant généralement la forme d'une virgule ou d'un point d'interrogation (Bendali-Saoudi, 2006).

Elle peut être libres, contenues dans une enveloppe souple fixée au substrat ou enfermées dans une enveloppe dure ou aquatique et mobile (Culicidae, Chironomidae), aquatiques et fixées au substrat (Simuliidae, Blephariceridae), (Figure 2b) aquatiques et peu mobiles (Empididae, Psychodidae), soit terrestres, près des rives (Ceratopogonidae) (Tachet *et al.*, 2010).

(c) Adultes

Ils sont caractérisés par une paire d'ailes et de deux balanciers, ces derniers sont inutiles pour la propulsion, mais essentielles au maintien de l'équilibre en vol (Djurd, 2000). La tête très mobile, le prothorax et le métathorax sont minuscules et, fusionnés avec le mésothorax qu'est très développé (Mathieu, 1995). Six pattes se terminent par le tarse et une paire de griffes, ces derniers recouvrent un pulvillus qui leur permet de marcher sur les surfaces lisses (Dhouibi, 2002).

(2) Biologie et écologie

La reproduction reste principalement sexuée, bien qu'il y ait des cas de parthénogenèse observés chez quelques chironomides. Les adultes possèdent une capacité de vol significative, garantissant ainsi une vaste dispersion. Le nombre d'œufs déposés peut varier considérablement, allant de quelques centaines à des milliers. La durée de vie varie considérablement : de quelques semaines pour certaines espèces comme les Culicidae et les Chironomidae, à un ou deux ans pour d'autres, comme les Tabanidae. Normalement, quatre phases larvaires, sept pour les Simuliidae. On retrouve les larves aquatiques des Diptères dans toutes les parties du globe terrestre, avec une alimentation très diversifiée : elles peuvent être broyeuses, racleuses de substrat, filtreuses ou encore prédateurs. En ce qui concerne l'Homme, les adultes de Diptères peuvent être source de désagrément soit en raison de leur surpopulation, soit parce qu'ils font partie de groupes dont les femelles se nourrissent de sang : Tabanidae, Simuliidae, Leptoconopinae (Tachet *et al.*, 2010).



Figure 2 : Larves (a) et nymphes (b) de la famille des Simuliidae

c) Hémiptère

On peut trouver les Hémiptères, soit sous leur forme adulte, soit sous leur forme larvaire, dans des environnements aquatiques ou semi-aquatiques (Tachet *et al.*, 2010). Ils ont une tolérance moyenne à la pollution. Les Hétéroptères constituent un ordre qui, avec celui des Homoptères, forme le super ordre des Hémiptéroïdes, caractérisé par des pièces buccales modifiées en un rostre piqueur -suceur. Ce rostre ou bec, comporte deux canaux : l'un conduit la salive, l'autre permet l'absorption des liquides vers le pharynx. Les Hétéroptères se différencient des Homoptères par la constitution originale de leurs ailes antérieures ou hémélytres. Celles-ci sont composée de 2 parties inégales : une partie sclérotinisée, la corie et une partie membraneuse, la membrane (Bérenger, 2009).

(1) Morphologie

(a) Larves

La tête : la larve et l'adulte ont des yeux composés, les antennes sont longues (Gerromorpha) ou courtes (Cryptocérates). Le rostre est situé au niveau antérieur de la tête, et le labium est muni d'une à quatre articles, alors que l'ensemble des Labres, mandibules et maxilles sont transformés en stylets qui délimitant trois canaux en position médiane : salivaires ; d'aspiration ; ou encore un canal unique chez les Corixidae (Poisson, 2007).

Thorax : le métathorax est moins développé que le mésothorax, ce dernier possède une pièce impaire triangulaire appelé le scutellum (écusson). Les pattes sont de formes variées selon les groupes et selon leur position, le tarse compose d'un à trois articles chez l'adulte et un seul chez les larves. Il y a une ou deux griffes. Les ailes présentent typiquement les deux parties

caractéristiques des Hétéroptères : une partie proximale sclérifiées et une partie membraneuse, lorsque les ailes sont rabattues à plat sur l'abdomen (Poisson, 2007).

Abdomen : il n'y a pas de cerque, les derniers segments sont transformés et constituent l'armure génito-anale. Chez l'adulte, on distingue les plus souvent, ventralement, cinq segments abdominaux ; on en compte six dorsalement (Poisson, 2007).

(2) Biologie et écologie

Les Nepomorpha passent par cinq phases larvaires. Les deux premières étapes de développement impliquent une respiration effectuée directement à travers le tégument. Chez l'imago, la respiration dépend de l'oxygène qui est emmagasiné dans la zone située entre les ailes et l'abdomen. Le cycle de ponte est endophyte, et le cycle de vie est généralement monovoltin, parfois bivoltine ou polyvoltine. Les familles des Nepomorpha constituent un groupe d'Hétéroptères aquatiques. Ils sont des prédateurs, bien que certaines espèces de Corixidae soient détritivores ou consommatrices d'algues. Tandis que les Gerridae se nourrissent de proies (restes d'insectes ou d'autres invertébrés retrouvés dans l'eau) (Tachet *et al.*, 2010).



Figure 3 : Larves (a) et adulte (b) de la famille des Notonectidae (*Notonecta* sp.)

d) Éphéméroptères

Les éphémères sont des insectes à développement incomplète (hémimétaboles) qui traversent les phases de l'œuf et de la larve avant leur transformation finale en insecte ailé. Cependant, ce qui rend cet ordre d'insectes unique, les éphéméroptères subissent deux phases ailées successives : d'abord la subimago, qui n'est pas sexuellement mature et possède des ailes

opaques de couleur terne, puis l'imago avec des ailes transparentes (Houmeur et Bendada, 2016).

(1) Morphologie

(a) Les larves

Elles présentent une certaine similitude avec les imagos, néanmoins, elles possèdent des traits adaptatifs distinctifs et sont constamment dotées de pièces buccales de type broyeur généralement bien développées. La forme générale des larves varie d'une famille à l'autre, passant de cylindrique à comprimée dorso-ventralement. Toutefois, la présence de deux ou trois longs filaments caudaux (deux cerques et un paracerque), de branchies trachéennes abdominales et d'une seule griffe par patte sont des traits caractéristiques partagés par toutes les larves d'éphéméroptères (Grac, 1990).

Tête : Possèdent deux yeux composés, placés sur les côtés (comme chez les Baetidae) ou sur le dessus, et montrent souvent un dimorphisme sexuel marqué chez les adultes, avec des yeux composés plus développés chez les mâles que chez les femelles. Trois ocelles se trouvent sur la face supérieure de la tête, tandis que les antennes, à forme filiforme et de longueur variable, sont attachées à la partie avant. Le type de dispositif buccal en question dispose de sept éléments bien définis. Un labre, deux mandibules, deux maxilles, un hypopharynx et un labium.

Thorax : Les larves ont généralement un thorax clairement divisé en trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Les faces dorsales (pronotum, mésothorax et métathorax) sont connectées aux faces ventrales (prosternum, mésosternum et métasternum). Chaque segment thoracique est équipé d'une paire de pattes bien formées composées de cinq segments (coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse), dotées d'un seul ongle qui peut présenter des denticules. Au cours de la phase larvaire, les ailes se forment à l'intérieur des étuis transportés par le mésothorax et le métathorax (Grac, 1990).

Abdomen : Composé de dix segments visibles par l'arrière (les tergites) et par l'avant (les sternites). Le dixième tergite est doté de deux longs cerques et d'un troisième filament caudal situé au centre. Des branchies trachéennes sont présentes sur les segments abdominaux antérieurs, permettant l'absorption d'oxygène dissous dans l'eau pour le transporter vers les organes via un réseau de trachées particulièrement fines (Grac, 1990).

(2) Biologie et écologie

En moyenne, une femelle pond entre 700 et 2000 œufs. Certaines femelles peuvent produire plus de 6000 œufs (*Ephemera* sp.) voire même plus de 12 000 (*Palingenia* sp.), tandis que certaines espèces d'*Heptageniidae* ne dépassent guère le nombre de cent œufs. En comparaison avec d'autres insectes, à l'exception des insectes sociaux, les femelles éphéméridae

présentent une fécondité particulièrement élevée. La naissance des larvules, qui ne mesurent pas plus d'un millimètre de long et n'ont pas encore de branchies, se fait par l'éclosion des œufs. Certains types de cloeon voient leurs œufs éclore dès qu'ils entrent en contact avec l'eau. Pour certaines autres espèces, la diapause hivernale doit précéder l'éclosion. Chaque mue entraîne une augmentation de la taille des larves ; leur croissance ne se produit donc pas de manière constante (Tachet *et al.*, 2010).

Les insectes éphémères se distinguent par le nombre élevé de stades larvaires qu'ils possèdent. Entre 10 et 50 mues nymphales sont comptées. Ce chiffre peut varier au sein d'une même espèce, même en présence de conditions environnementales identiques (Houmeur et Bendada, 2016). Les éphémères se trouvent partout dans le monde, sauf sur certaines îles du Pacifique et, bien sûr, dans les régions polaires. La majorité des larves se nourrissent de débris organiques, et leur dispersion est principalement effectuée par la dérive (Tachet *et al.*, 2010).



Figure 4: Larve de la famille des Caenidae (*Brachycercus* sp.)

e) Trichoptères

Les trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques, à l'exception du Limnephilidae Enoieyla qui secondairement adapté à la vie terrestre (Tachet *et al.*, 2010). La caractéristique distincte des larves est la présence de deux crochets au niveau de l'anus. On les trouve à l'extrémité de l'abdomen de chaque côté ou sur des pseudo-pattes. La tête et au moins un segment thoracique sont durcis (sclérifiées). L'abdomen

est aussi mou que celui d'une chenille. De nombreuses larves de trichoptères fabriquent un fourreau (étui). Les matériaux utilisés, qu'ils soient d'origine végétale ou minérale, sont généralement caractéristiques du genre. Il est donc essentiel de ne pas libérer les larves de leur coque avant l'identification. Quant aux nymphes, elles sont toujours enfermées dans un étui. Elles ont de longues antennes et deux ensembles de fourreaux alaires. Leurs mâchoires, qui sont généralement longues, se superposent habituellement. En règle générale, les trichoptères présentent une sensibilité à la pollution. Toutefois, la famille des Hydropsychidae présente une tolérance moyenne à la pollution (Moisan, 2013).

(1) Morphologie

(a) Larves

La larve est de type eucéphale ; on distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen.

Tête : La capsule céphalique présente un sclérite sur le dos, les yeux sont de petite taille avec de simples marques oculaires, les antennes sont considérablement réduites et les pièces buccales comprennent un labre, une paire de mandibules qui se déplacent vers le bas et qui possèdent des soies sur leur face interne. (Figure 1b) (Grac, 1990).

Thorax : Le thorax se compose de trois segments distincts, chacun portant une paire de pattes. Le pronotum est constamment totalement sclérifiée, tandis que le prothorax peut avoir une ou plusieurs composantes sclérifiées : le prosternite sur sa face ventrale. Le mésonotum est soit de nature membraneuse soit sclérifiée, pour le métathorax la configuration est identique à celle du mésothorax, c'est-à-dire qu'il peut être soit membraneux ou présenter des marques sclérifiées. Les pattes, qui se composent de plusieurs segments : la hanche, le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse - ce dernier étant constitué d'un unique segment qui se termine par une griffe - sont allongées. Les pattes prothoraciques sont robustes et de courte taille, elles assistant l'appareil buccal et contribuent aussi à la formation du fourreau. Tandis que les pattes méso et métathoraciques sont utilisées pour se déplacer (Grac, 1990).

Abdomen : Composé de 9 segments distincts généralement souples, bien que dans certains cas on note la présence de sclérites dorsaux. Les branchies ont une forme tubulaire et peuvent être simples ou doubles, organisées en filaments, souvent par groupes de trois ou plus, formant ainsi une houppe branchiale (Grac C, 1990).

(b) Nymphes

Toutefois, elles sont assez fixes et ne peuvent que faire vibrer leur abdomen dans le fourreau ou la logette pour créer un courant d'eau. Elles se distinguent par la présence d'yeux composés, de pattes et d'antennes allongées. Tout comme les antennes, les fourreaux alaires sont repliés

vers le ventre. De plus, la nymphe dispose de structures purement nymphales qui lui confèrent la capacité de sortir de son fourreau et d'émerger (Grac C, 1990).

(2) Biologie et écologie

Le stade adulte est principalement défini par la phase de reproduction, où les mâles cherchent généralement les femelles en volant. L'accouplement, dont la durée peut aller de quelques heures à quelques jours, suit de près la ponte en termes de durée (Grasse, 1951 in Houmeur et Bendala, 2016).

On observe principalement chez certaines familles des types monovoltines et des types polyvoltines. Suite à la reproduction, les œufs sont pondus dans l'eau ou sur les plantes à proximité. Les larves peuvent parfois ne pas éclore avant l'hiver et passent par plusieurs stades de mue avant d'atteindre leur phase nymphale. À cette phase, elles se logent dans un fourreau hermétiquement attaché au substrat. La nymphe utilise ses mandibules robustes pour percer le cocon et se dirige vers la surface de l'eau ou le rivage pour réaliser sa transformation. L'adulte ne se nourrit pas et survit quelques jours après son émergence pour se reproduire et pondre. Les larves de Trichoptères servent d'alimentation à une multitude d'invertébrés ou poissons. En ce qui concerne les adultes, ils deviennent la cible des oiseaux et des chauves-souris (Tachet *et al.*, 2010).



Figure 5 : Etui (a) de la famille des Hydroptilidae (*Oxyethira* sp.) et larve (b) de la famille des Hydropsychidae (*Hydropsyche* sp.)

f) Odonates

Les Odonates présentent une certaine homogénéité en ce qui concerne leur cycle de développement, leur morphologie et leur écologie générale. Ce qui est le plus surprenant, c'est que toutes les espèces appartiennent à deux univers fondamentalement distincts : l'environnement aquatique dans lequel se développent les larves et l'espace aérien où volent les

adultes. Ce changement de mode de vie implique d'importantes transformations physiologiques (changement du mode respiratoire, mise en fonction des organes reproducteurs) et, évidemment, comportementales (transformation des méthodes de chasse, évolution des comportements reproducteurs) (Jourde, 2010). L'ordre des Odonates se subdivise en deux sous-ordres majeurs dont les caractéristiques sont très distinctes : Zygoptères et Anisoptères (Tachet *et al.*, 2010).

(1) Morphologie

(a) Larves

Les larves d'odonates présentent une segmentation corporelle similaire à celle des adultes. La partie inférieure de la tête se distingue par la présence d'un organe préhensile spécifique pour attraper des proies, connu sous le nom de labium. Les larves d'Anisoptères ont une tête plus étroite que leur corps, avec un abdomen assez imposant et large qui se termine en cinq petites pointes triangulaires. En revanche, les larves de Zygoptères possèdent une tête qui est plus large que leur corps. Ce dernier est prolongé par un abdomen. Ce spécimen est prolongé par un abdomen fin et cylindrique qui se termine par trois branchies ayant la forme de feuilles (Figure 6 a, b) [1].

(b) Adulte

Tête : Extrêmement mobile, elle est attachée à la section antérieure du prothorax et possède une paire d'yeux composés qui sont généralement de grande taille, ainsi que deux antennes qui sont souvent très petites.

Thorax : Il est généralement bien coloré et se compose de deux sections fusionnées : le prothorax et le synthorax. Le prothorax, bien que très réduit, supporte les pattes antérieures. Le synthorax, qui résulte de la fusion du méso et du métathorax, porte les deux paires d'ailes membranées ainsi que deux paires de pattes médianes et postérieures.[1].

Abdomen : Il est toujours très étiré et composé de 10 segments abdominaux attachés au synthorax. Il transporte les pièces reproductrices. L'organe reproducteur complexe des mâles est positionné sur la surface ventrale du deuxième segment de l'abdomen. Il est présent chez les femelles aux huitième et neuvièmes segments. Le dixième segment, souvent très petit, se conclut par les appendices anaux [1].

(2) Biologie et écologie

Les odonates, à la fois au stade larvaire et adulte, jouent un rôle de prédateurs majeurs au sein des écosystèmes aquatiques et humides, auxquels ils restent fortement dépendants (Grand et Boudot, 2006). Il s'agit d'insectes hémimétaboles dont le développement ne comporte

pas de stade nymphal immobile et hétérométaboles, car l'adulte et la larve ne coexistent pas dans le même milieu.

En règle générale, suite à l'accouplement, la femelle dépose ses œufs soit en les introduisant dans la végétation, soit en les laissant dériver dans l'eau. Les œufs produisent une pro larve, qui évolue ensuite en larve. Cette dernière subit plusieurs mues (entre 9 et 16) avant de devenir un adulte.

Les odonates occupent des milieux très variés : des bassins saumâtres aux lacs de montagne et rarement un milieu aquatique échappe à leur colonisation. Leur dépendance à l'eau et leur sensibilité aux changements d'habitat font de la diversité odonatologique un indicateur précieux pour juger la qualité des milieux (Dommanget, 1989 ; Masselot et Nel, 2003).

En raison de leur cycle de vie étroitement lié aux milieux aquatiques, les odonates sont particulièrement vulnérables aux altérations de leurs habitats. Toutefois, leur sensibilité varie selon les espèces. Certaines privilégient des zones pionnières peu végétalisées, d'autres nécessitent des eaux courantes de bonne qualité ou des sites de reproduction de grande surface. À l'inverse, certaines espèces comme *Ischnura elegans* font preuve d'une grande tolérance écologique et peuvent s'adapter à une large gamme de milieux aquatiques (Deliry, 1996).

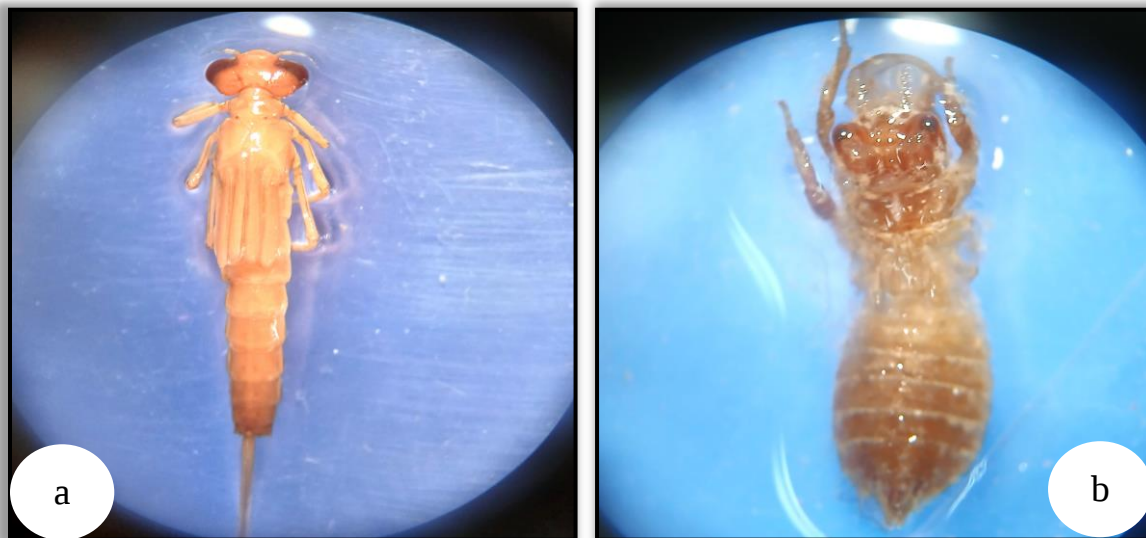


Figure 6 : a : larve Zygoptère d'un Lestidae (*Sympecma* sp.) ; b : larve Anisoptère d'un Libellulidae (*Sympetrum* sp.)

g) Plécoptères

Les plécoptères constituent un ordre d'insectes dont les larves vivent exclusivement dans l'eau et sont principalement liées aux eaux fraîches et limpides. On les identifie à l'aide des deux griffes situées à l'extrémité de leurs pattes et par leurs deux queues (cerques). Les antennes

possèdent plusieurs segments et sont bien plus longues que la tête. La présence ou l'absence de branchies peut être observée. Elles peuvent être localisées à divers emplacements : sous le cou (cervicales), à la rencontre des pattes et de l'abdomen (coxales), sur le thorax (thoraciques), à l'extrémité de l'abdomen (anales) ou sur les deux premiers segments abdominaux (abdominales) (Moisan *et al.*, 2010) (figure 7).

(1) Morphologie

(a) Larves

Tête : La tête porte des antennes multiarticulées, plus longues que la tête elle-même. Les yeux composés sont situés en position latéro-dorsale et accompagnés de trois ocelles. Le labium est visible extérieurement par deux palpes labiaux composés chacun de trois articles. À l'intérieur, on distingue les glosses et les paraglosses, dont la forme et la taille permettent un critère de distinction important entre les familles de Plécoptères (Tachet *et al.*, 2010).

Thorax : Les trois notums thoraciques sont développés de manière homogène. Chaque patte est constituée d'une hanche, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibia et d'un tarse à trois articles, se terminant par deux griffes (Tachet *et al.*, 2010).

Abdomen : L'abdomen est formé de dix segments et se termine par deux cerques multiarticulés. La présence de branchies varie selon la famille : lorsqu'elles existent, elles peuvent être posternales (sous la gorge), coxales (près des coxae) ou anaales (près de l'anus) (Tachet *et al.*, 2010).

(b) L'adulte

Les adultes possèdent un appareil génital entièrement développé ainsi que deux paires d'ailes, repliées à plat sur le dos au repos et de forme presque similaire. Selon les espèces, les pièces buccales peuvent être régressées ou au contraire bien développées (Tachet *et al.*, 2010).

(2) Biologie et écologie

Chez les Plécoptères, certaines espèces sont monovoltines, avec un cycle de vie durant de six mois à un an, tandis que d'autres nécessitent plus de deux ans pour compléter leur développement. Des phases de diapause embryonnaire ou larvaire peuvent survenir selon les conditions environnementales. Le nombre de mues varie généralement de six à vingt au cours du développement larvaire.

À l'émergence, la larve quitte le milieu aquatique, s'attache à un support et effectue sa mue imaginale. La durée de vie de l'adulte est brève, généralement d'une à quatre semaines. Une femelle peut produire entre 100 et 400 œufs, qui sont soit lâchés à la surface de l'eau, soit déposés directement dans celle-ci.

L'alimentation des larves se compose de débris organiques, collectés par des espèces broyeuses ou racleuses du substrat. Les Plécoptères occupent une place importante dans la chaîne alimentaire et sont consommés par divers macroinvertébrés et poissons.

Toutes les espèces sont rhéophiles, c'est-à-dire qu'elles vivent dans les eaux courantes, bien que certaines, comme *Nemoura cinerea*, soient inféodées aux forêts humides. La dispersion est principalement assurée par les femelles, dont la longévité est relativement plus importante. Enfin, les larves de Plécoptères sont largement utilisées comme bioindicateurs de la qualité des eaux, en raison de leur sensibilité à la concentration en oxygène dissous. Une pollution, notamment par rejet d'eaux usées, entraîne une diminution rapide des familles sensibles comme les Perlidae, qui sont considérées comme des indicateurs clés dans des indices tels que l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) ou l'indice EPT (Éphéméroptères, Plécoptères, Trichoptères) (Tachet *et al.*,2010).



Figure 7 : Larves de la famille des Perlodidae (*Perlodes* sp.)

2. Crustacé

(1) Morphologie

Les Amphipodes se caractérisent par un aplatissement latéral, les antennes sont presque de même taille exceptée chez les Corophiidae où les antennes présentent un fort développement. Chez les premières familles (voir tableau ci-dessus) les péréiopodes 4 et 5 sont dirigés vers l'avant et les péréiopodes 6,7et 8 sont dirigés vers l'arrière (Tachet *et al.*,2010).

(2) Biologie et écologie

Le nombre d'œufs pondus par femelle varie entre 2 et 35, avec jusqu'à 8 portées par an. Les amphipodes muent tout au long de leur vie. Ces espèces, détritivores, constituent une source

de nourriture pour de nombreux prédateurs, notamment les poissons, les oiseaux et les sangsues. Les Gammaridae colonisent une grande diversité d'habitats aquatiques, aussi bien lotiques que lentiques, allant des eaux douces aux milieux saumâtres (Tachet *et al.*,2010).

Les Décapodes : possèdent une carapace céphalo-thoracique qui recouvre entièrement la base des péréiopodes ainsi que les branchies. Leur corps se compose de 8 segments au niveau du péréion et de 6 segments au niveau du pléon. Chez les Macroures, la dernière paire de pléopodes, associée au telson, forme une palette natatoire. Les trois premiers péréiopodes sont associés à l'appareil buccal, tandis que le quatrième est modifié en pince. Leurs yeux sont portés sur des pédoncules.

On distingue deux grands types de Décapodes : les Macroures (comme les crevettes et les écrevisses) et les Brachyours (comme les crabes). La reproduction est sexuée ; les œufs, une fois fécondés, sont fixés sous l'abdomen de la femelle sur ses pléopodes jusqu'à l'éclosion. Les écrevisses et les crabes sont omnivores et peuvent consommer des pontes de poissons. Les Décapodes, en général, constituent une source importante de nourriture pour de nombreux poissons et oiseaux aquatiques (Tachet *et al.*,2010).



Figure 9 : Famille de Atyidae (*A.desmarestii*)



Figure 8 : Familles des Gammaridae (*Gammarus* sp.)

3. Turbellariés

Les Turbellariés sont une classe de vers plats du phylum des Plathelminthes. La majorité des espèces sont libres et vivent en milieu aquatique (eau douce, marin) ou dans des habitats terrestres très humides. Parmi les différents ordres, les Triclades regroupent des espèces dont la taille varie généralement entre 5 à 30 mm, certaines atteignant jusqu'à 2 mm pour les espèces d'eau douce (Tachet *et al.*, 2010).

(1) Morphologie

Le corps des Triclades est plat, allongé et recouvert de cils, ce qui facilite leur déplacement. Leur musculature, d'origine mésodermique, leur permet d'effectuer des contractions fines et précises. La tête est généralement munie d'une ou deux paires d'yeux, et l'orifice bucco-anal est situé sur la face ventrale. Un pharynx extensible permet l'ingestion de la nourriture ; il s'ouvre sur une cavité gastro-vasculaire ramifiée en trois caecums. L'épiderme et le sous-épiderme sécrètent un mucus qui facilite les déplacements sur le substrat. La coloration est variable selon les espèces : blanche chez *Dendrocoelum lacteum*, noire chez *Polycelis nigra*, ou encore tachetée comme chez *Dugesia tigrina* (Tachet *et al.*, 2010).

(2) Biologie et écologie

Les Triclades sont des vers hermaphrodites, capables de reproduction sexuée par émission de cocons contenant plusieurs œufs. Certaines espèces, comme *Dugesia tigrina*, se reproduisent aussi par scissiparité. Le développement est direct, sans stade larvaire, et les cocons, bien que résistants au froid, ne supportent pas la dessiccation. Leur cycle de vie est court, de quelques mois. Sur le plan écologique, ce sont des carnivores qui se nourrissent de petits invertébrés vivants ou morts. Leur digestion commence à l'extérieur du corps grâce aux enzymes libérées par le pharynx. Ils se dispersent soit activement, par déplacement, soit passivement, via le transport de cocons. Certaines espèces ont été introduites par l'homme, comme *Dugesia tigrina* en Europe au début du XXe siècle (Tachet *et al.*, 2010).

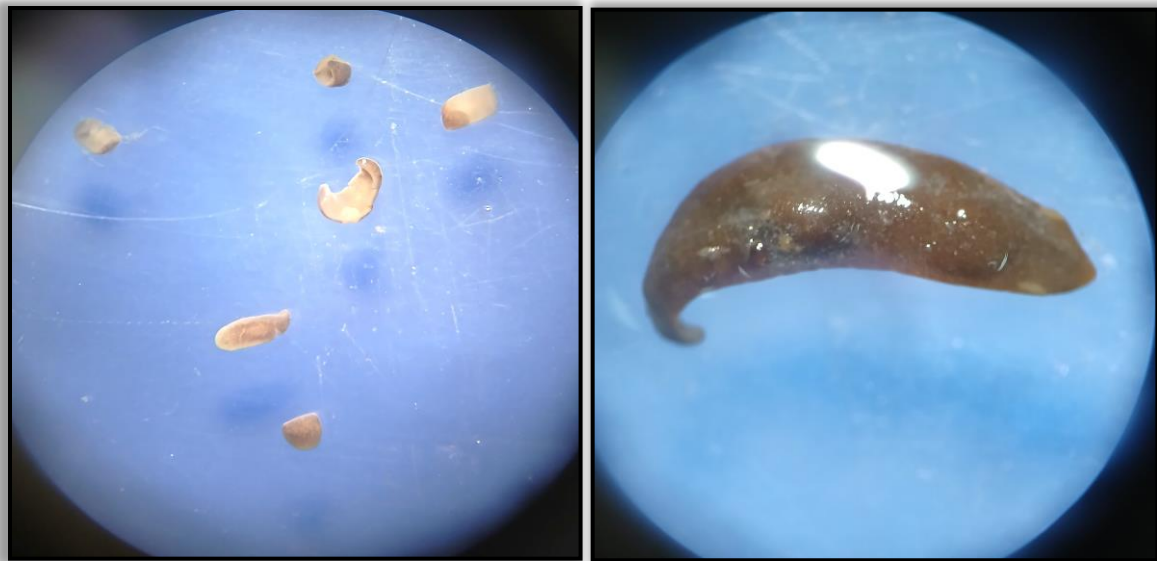


Figure 10 : Classe des Turbellaria Famille des Dugesiidae (*Dugesia* sp.)

4. Gastéropodes

Les Gastéropodes représentent une classe majeure au sein de l'embranchement des Mollusques. En termes de diversité spécifique, ils occupent la deuxième place parmi les groupes animaux, juste après les insectes. Leur nombre est estimé à environ 40 000 espèces différentes (Mathieu, 1995, in par Fouzari, 2009).

Les gastéropodes d'eau douce se divisent en deux sous-classes principales : les Prosobranches, qui possèdent des branchies situées à l'avant, et les Pulmonés, qui disposent d'un poumon leur permettant de respirer de l'air (Tachet *et al.*, 2010).

(1) Morphologie

Prosobranches ils possèdent une coquille spiralee, généralement tournée vers la droite (dextre), fermée par un opercule calcaire. Leurs yeux se trouvent à la base des tentacules. Pulmonés leur coquille peut être spiralee conique ou en forme de patelle, et être dextre ou sénestre (tournée à gauche). Leur cavité palléale est transformée en poumon, avec un orifice unique appelé pneumostome (Tachet *et al.*, 2010).

(2) Biologie et écologie

Chez les pulmonés, les individus sont hermaphrodites, tandis que chez les prosobranches, les sexes sont séparés. Les femelles pulmonées déposent leurs œufs fixés au substrat. La reproduction a lieu du printemps à l'été, avec un développement direct. La durée de vie varie de 9 à 15 mois. On observe soit une génération par an (monovoltinisme), soit deux (bivoltinisme), une au printemps et une en été. Ces gastéropodes connaissent des périodes d'hibernation et d'estivation, durant lesquelles ils sécrètent un épiphragme. Ils se nourrissent

principalement de végétaux et de matières organiques en décomposition (herbivores et détritivores). Leur dispersion s'effectue notamment grâce aux oiseaux et aux crues des cours d'eau (Tachet *et al.*, 2010).

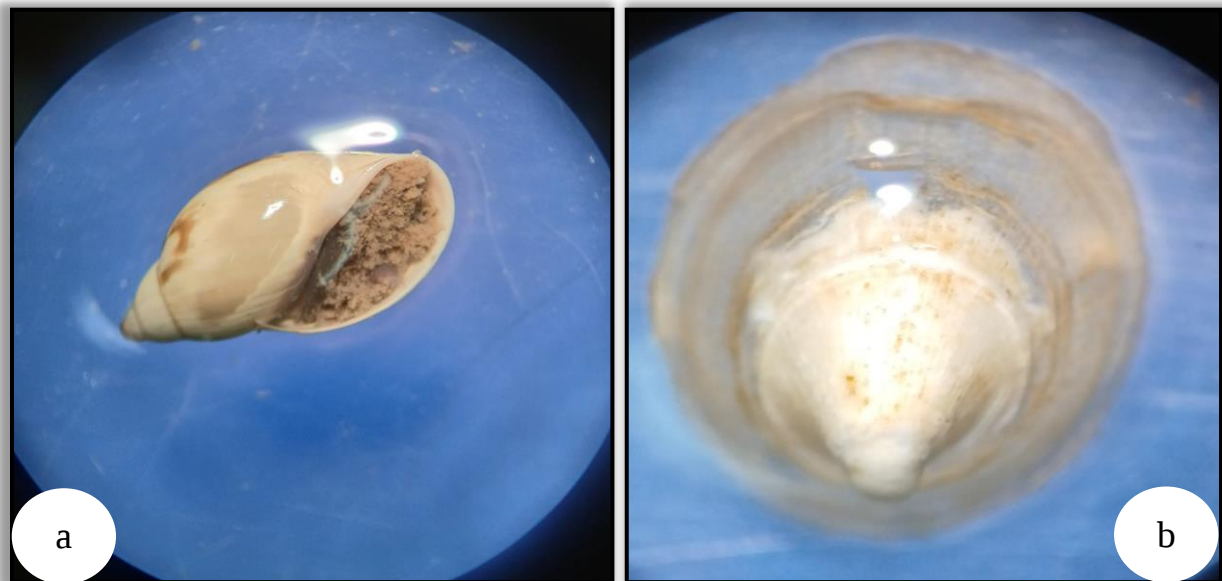


Figure 11 : Familles des Physidae (a) (*Physa* sp.) et Ancylidae(b) (*Ancylus* sp.)

5. Bivalves

Les mollusques bivalves d'eau douce se caractérisent par la présence de deux valves. Ils peuvent varier en taille, allant de très petits à de grande taille (Tachet *et al.*, 2010).

(1) Morphologie

Chez les lamellibranches d'eau douce, trois éléments sont essentiels. Le premier concerne la position du crochet, appelé umbo, ainsi que la présence de muscles adducteurs qui peuvent être identiques ou dissymétriques. Le deuxième élément est constitué par les deux cténidies, c'est-à-dire les branchies. Enfin, le troisième élément porte sur la structure du bord postérieur du manteau et sur la manière dont sont organisées les ouvertures inhalante et exhalante (Tachet *et al.*, 2010).

(2) Biologie et écologie

Les Sphaeriidae sont hermaphrodites, tandis que les Unionacés et les Dreissenacés ont des sexes séparés. Leur période de reproduction s'étend de la fin de l'hiver au début de l'automne. Après la fécondation, le développement se déroule dans la demi-cténidie externe, avant la libération par le siphon exhalant d'une larve particulière appelée glochidium. Cette larve est munie d'un long filament et porte des crochets sur le bord de ses valves. Elle se fixe sur les nageoires des poissons, où elle s'enkyste grâce à la réaction de l'hôte. Après quelques

semaines, la larve perce les parois du kyste et tombe au fond de l'eau pour poursuivre son développement.

La longévité varie selon les espèces : environ 30 ans pour les Unionidae, plus de 100 ans chez les Margaritiferidae (Mouthon, 1982), et 3 à 4 ans chez les Sphaeriidae. Ces bivalves sont des filtreurs, se nourrissant de phytoplancton, de bactéries et de petits débris organiques. Ils servent également d'hôtes à de nombreux parasites, notamment des trématodes.

La prédation concerne surtout les crustacés, les poissons et les oiseaux. Leur dispersion est assurée par les poissons et facilitée par le byssus, une structure qui leur permet de s'attacher à des supports rigides, comme les coques de bateaux (Tachet *et al.*, 2010).

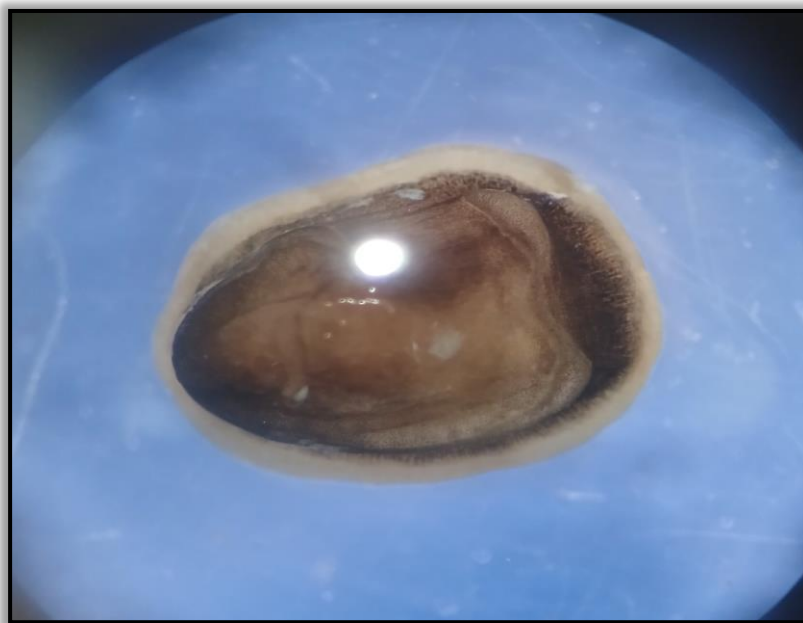


Figure 12 : Familles des Sphaeriidae

6. Les Annélides

Les Achètes : Ou sangsues sont présentes en milieu marin qu'en eau douce. Certaines espèces sont terrestres (*Trocheta bykowskii*). Plusieurs espèces sont parasites (Tachet *et al.*, 2012 in Satha, 2014).

(1) Morphologie

Tous les Achètes présentent une ventouse antérieure, où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure. L'anus est dorsal et s'ouvre en avant de la ventouse postérieure. Le corps est segmenté (Tachet *et al.*, 2010).

(2) Biologie et écologie

Les Achètes sont Hermaphrodites, la reproduction est exclusivement sexuée et croisée, il y a formation de cocons où les œufs sont déposés, ce dernier est soit collé au substrat

(Piscicolidae, Erpobdellidae) ou à la face ventrale du géniteur qui va le transporter jusqu'à l'éclosion des sangsues. Le développement est direct. La durée de vie est de plusieurs années, pour les espèces hématophages, elle est d'une année. On les trouve dans les milieux stagnants et lotiques. Ils sont résistants à des conditions d'hypoxie : Ce sont les seuls prédateurs des milieux où la pollution organique est élevée. Les sangsues sont soit prédatrices : elles perforent les téguments des proies pour en aspirer l'hémolymphe ou parasites en pompant le sang de l'hôte (vertébré). La dispersion est assurée soit par les jeunes emportés par le courant ou bien par les cocons emportés par l'homme ou d'autres animaux quant aux espèces parasites, c'est l'hôte lui-même qui assure la dissémination (Tachet *et al.*, 2010).

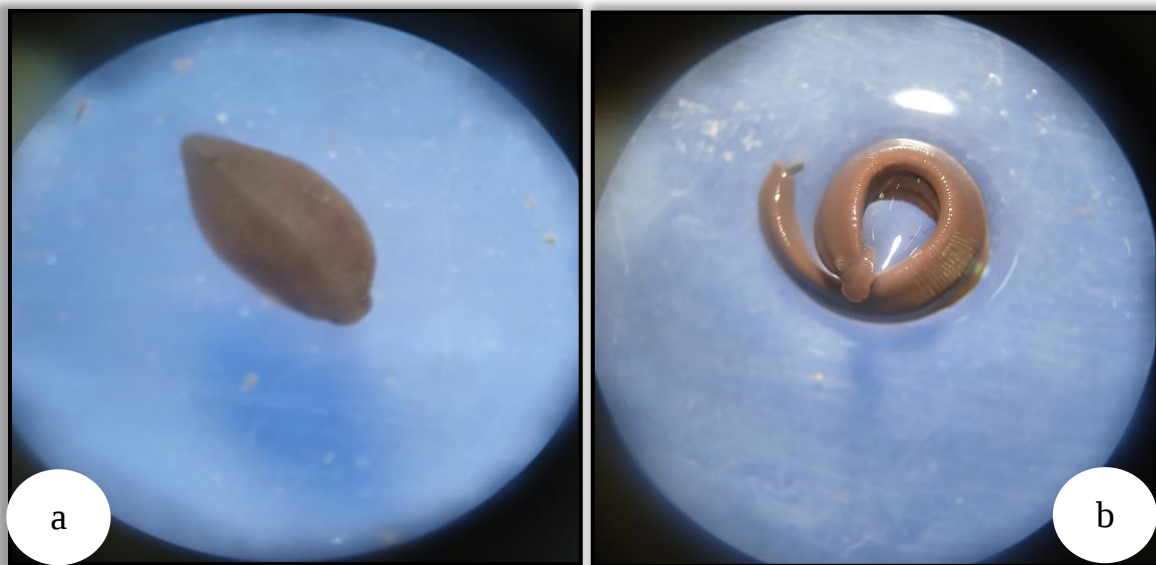


Figure 13 : Classe des Annélides de famille des Glossiphoniidae (*G. complanata*) (a) et famille des Erpobdellidae (*T. bykowskii*) (b)

PARTIE II

MATERIELS ET MERTHODES

III. Matériels et méthodes

Pour la mise en œuvre des prélèvements et des analyses, divers outils ont été mobilisés sur le terrain et au laboratoire, comme illustré dans les Figures 14 à 33.

A. Matériel d'études**1. Sur le terrain**

- ✓ Une paire de bottes
- ✓ Une épuisette (Filet surber)
- ✓ Un tamis
- ✓ Des étiquettes
- ✓ Un carnet de terrain
- ✓ Un appareil photo
- ✓ Un (GPS)
- ✓ Deux pinces entomologiques
- ✓ Des flacons en plastique
- ✓ Ethanol 99,99%



Figure 14 : Une paire de bottes [3]

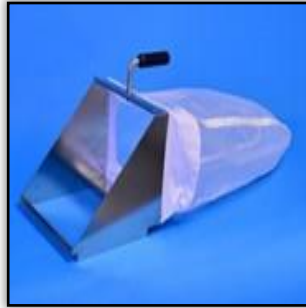


Figure 15:Une épaisseur (Filet surber) [7]



Figure 16 : Un tamis [4]

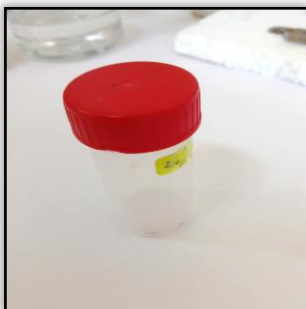


Figure 17: Des flacons



Figure 18:Des étiquettes



Figure 19:Un carnet de terrain [5]



Figure 20:Deux pinces entomologique



Figure 21:Ethanol 99,99 % [8]

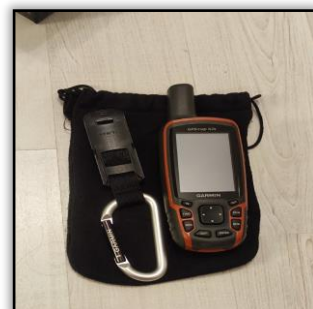


Figure 22:Un GPS [9]



Figure 23 : Un appareil Photo [6]

2. Au laboratoire

- ✓ Loupes binoculaires (LEICA ZOOM 2000)
- ✓ Boîtes de pétrie
- ✓ Pinceau
- ✓ Carnet de notes
- ✓ Des tubes
- ✓ Etiquettes
- ✓ Guides (clés d'identification) (Tachet *et al.*, 2010)
- ✓ Ethanol 96%
- ✓ Pissette
- ✓ Pinces entomologiques
- ✓ Gants et bavettes

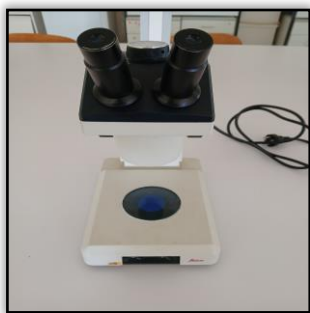


Figure 24: Loupes binoculaires (LEICA ZOOM 2000)

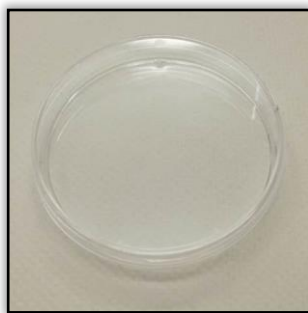


Figure 25: Boîte de pétrie



Figure 26: Un pinceau



Figure 27: Des tubes



Figure 28 : Étiquettes



Figure 29: Guide (Tachet *et al.*, 2010)

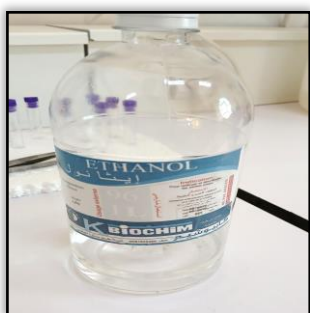


Figure 30 : Ethanol 96%



Figure 31: Pissette



Figure 32: Deux pinces entomologiques



Figure 33: Carnet de notes



Figure 34: Gants et bavettes

B. Méthodes d'étude

1. Choix des Stations

Cette étude s'est déroulée sur une période de quatre mois, entre décembre 2016 et juin 2017, avec des sorties effectuées en décembre 2016, avril, mai et juin 2017. Elle a porté sur un total de 22 stations (Tableau 1, Figure 34), constitués principalement d'oueds et de sources. Le choix des sites s'est basé sur la présence d'eau stagnante ou faiblement courante, favorable à l'installation de la faune aquatique benthiques. Les prélèvements ont été réalisés à une fréquence mensuelle, avec une à deux sorties par mois en fonction des conditions d'accessibilité.

Tableau 1: Stations et Dates de prélèvement d'échantillonnage du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel

N°	Prélèvements Stations	2016	2017		
		Décembre	Avril	Mai	Juin
1	Oued Maleh		*	*	*
2	Oued Akir Azanane			*	*
3	Oued Alrala 1			*	*
4	Oued Alrala 2			*	
5	Oued Anil			*	
6	Oued Ardjana			*	
7	Oued Bentag			*	
8	Oued Bougaraa		*	*	*
9	Oued Chettit		*	*	
10	Oued Draa Tabal			*	
11	Oued Drebla			*	
12	Oued El Kebir 1			*	
13	Oued El Kebir 2		*	*	
14	Oued EL Kebir 3				*
15	Oued Mechaki			*	*
16	Oued Rejas			*	*
17	Oued Taïnet		*	*	
18	Source Ain Lakkira			*	*
19	Source Mechaki			*	*
20	Source Ras Eloued	*			
21	Tamda 1			*	
22	Tamda 2		*	*	

2. Présentation de la zone d'étude

a) Localisation et description des Stations d'études

Les campagnes de prélèvement ont été réalisées dans le réseau hydrographique du Kebir-Rhumel, situé dans le nord-est de l'Algérie. Ce réseau couvre plusieurs wilayas et présente une grande diversité d'habitats aquatiques, incluant sources, oueds et parfois zones de cascades.

Un total de 22 stations lotiques a été sélectionné afin de représenter la variabilité écologique du réseau. La carte suivante (Figure 35) illustre leur répartition géographique.

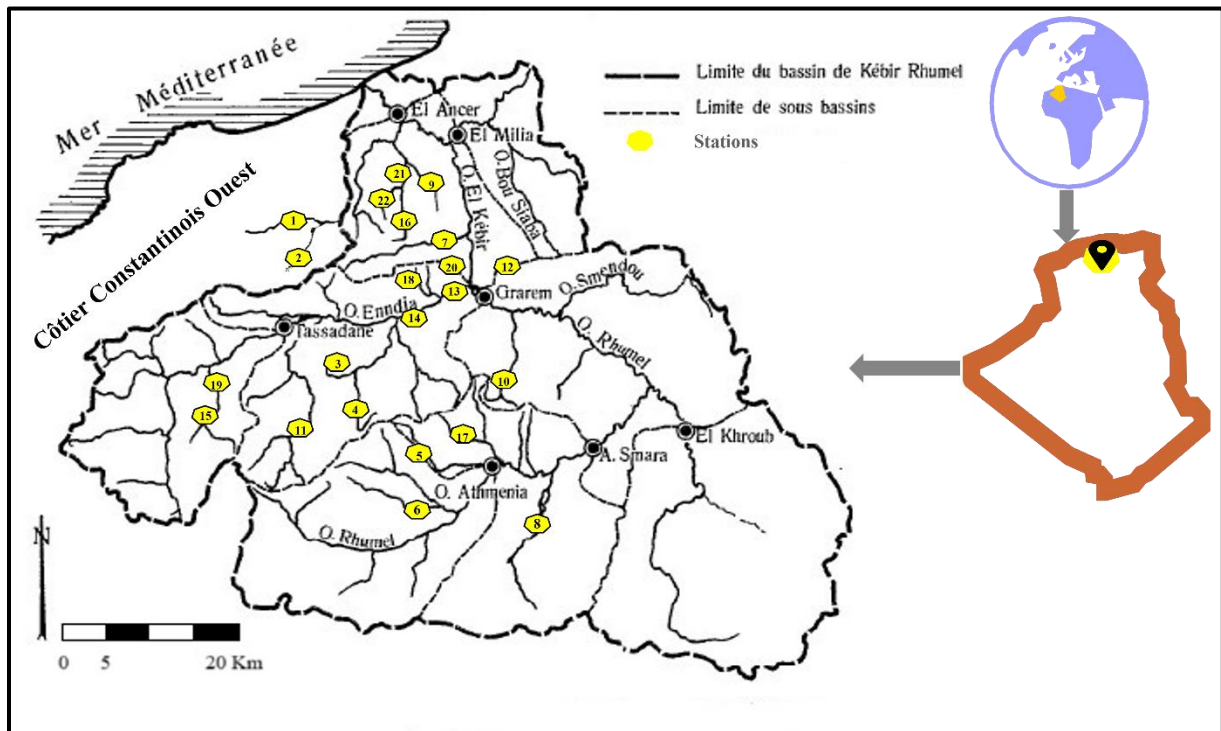


Figure 35: Localisation des 22 Stations d'échantillonnage au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel et une partie du Côtier Constantinois Ouest.

(1) Station d'Oued Maleh

Il s'agit d'une petite rivière à régime permanent, située entre la commune d'Oued enndja et Terrai Bainen wilaya de Mila et prend naissance dans la commune de Bni Guacha (Ferdjioua). Le site est très exposé au soleil avec une végétation riveraine plus au moins dense (Figure 36, Tableau 1) présente uniquement sur la rive droite de la cour d'eau, elle est composée principalement de *Olea turopus*. Les sols avoisinants sont occupés par des cultures fruitières. La station subit une forte agression liée à une inter ce fréquentation par l'homme (pompage de l'eau pour irrigation et lavage des automobiles).



Figure 36: Station d'Oued Maleh

(2) Station d'Oued Akir Azanane

C'est une station localisée au cœur d'une montagne entre le village de Ben Arbia (commune de Tassala) et la commune de Minare Zaraza.

C'est un site d'accès difficile notamment pendant la période hivernale. La végétation riveraine est représentée par une strate arbustive et arborescente (lauriers roses) légèrement éloignées des berges (Figure 37, Tableau 1). Cette station est caractérisée par le rejet des eaux usées en prévenance Des huileries avoisinantes durant la saison de la récolte des olives.



Figure 37: Station d'Oued Akir Azanane

(3) Station d'Oued Alrala 1

Rivière très ombragée qui constitue un tributaire permanent d'Oued El Kebir, elle le rejoint sur sa rive droite (Figure 38, Tableau 1). Ce milieu aquatique, très clair, repose sur un fond formé d'un mélange de substrat fin et grossier avec prédominance de blocs et de galets et une faible représentativité des sables et des limons. L'eau coule modérément en une couche peu épaisse et s'amointrit là où le substrat est moins grossier.

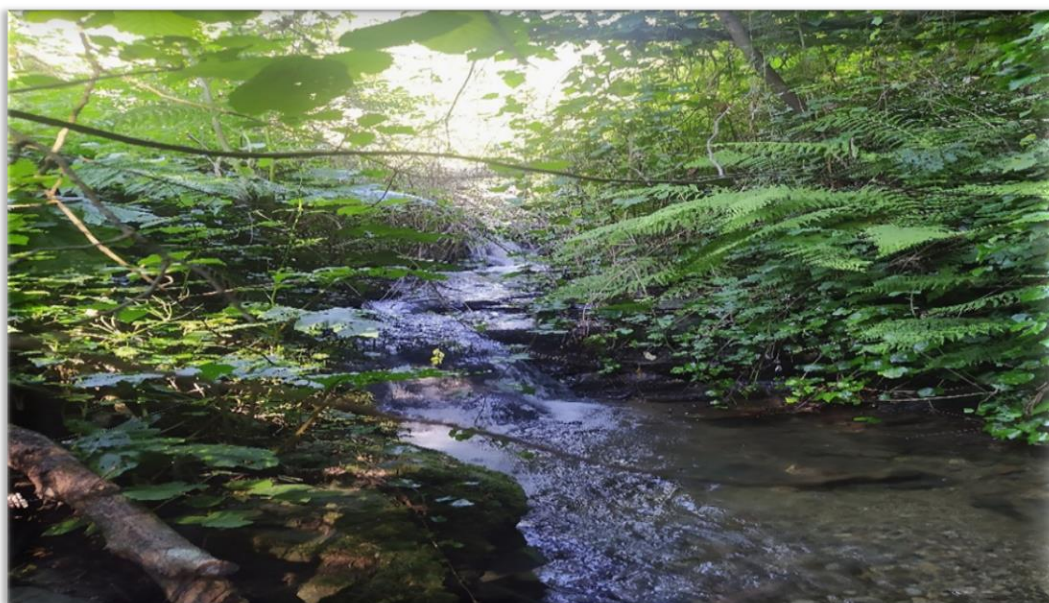


Figure 38: Station d'Oued Alrala 1

(4) Station d'Oued Alrala 2

Ce cours d'eau, prend sa source dans la vallée de Athamnia (Figure 39, Tableau 1), il s'agit d'un petit cours d'eau dont la largeur ne dépasse guère les 4 m. L'eau coule à une vitesse modérée sur un tapis dénudé de végétation et est principalement formé par de gros galets en présence de gros gravier et de sable. La ripisylve est très dense et représentée par une strate arborescente et arbustive épineuse très développée assurant un ombrage épais sur tout le long de notre tronçon de collecte.



Figure 39: Station d'Oued Alrala 2

(5) Station d'Oued Anil

Il s'agit d'une rivière permanente située à 25 Km au Sud-Ouest de Jijel. L'eau, dont la coule à une vitesse forte à modérée (Figure 40, Tableau 11). La végétation riveraine, de type arboré, est éloignée des rives. Le site abrite une richesse floristique importante constituée de *Typha sp*, *Phragmites australis* et de bryophytes. Sur les sols avoisinants, les agriculteurs pratiquent la culture de maraîchage. En été, une forte baisse du débit d'écoulement est observée en raison d'une irrigation intense concomitante au lavage de légumes et d'activité de nage pratiquée en amont de notre tronçon de prélèvement.



Figure 40: Station d'Oued Anil

(6) Station d'Oued Ardjana

C'est une station située dans une plaine sur la route nationale en direction de la wilaya de Jijel. L'eau coule rapidement sur un lit qui repose sur un substrat constitué de gros blocs et de galets avec absence de couvert floristique hydrophyte, exception faite pour la saison des basses eaux où on note la formation d'algues vertes filamenteuses sur les dalles associées à la présence par endroits de *Typha sp.* L'ombrage est nul du fait de l'absence de la végétation riveraine (Figure 41, Tableau 1).



Figure 41: Station d'Oued Ardjana

(7) Station d'Oued Bentag

Cette station se trouve en aval de la commune de Djimla Daïra Djimla wilaya de Jijel, limitée au Nord par Ouadjana, à l'Est par Tassala Lemtaï (Mila), au Sud Minar Zaraza (Mila), à l'Ouest par Boudriaa Ben Yadjis.

Il s'agit d'une petite cour d'eau où l'eau coule à une vitesse modérée sur un tapis dénudé de végétation et est principalement formé par de gros galets (Figure 42, Tableau 1). La ripisylve est très dense et est représentée par une strate arbustive épineuse très développée assurant un ombrage épais presque sur tout le long de notre tronçon de collecte. L'eau qui est claire, est polluée par les rejets des ordures domestiques en provenance des habitats adjacents.

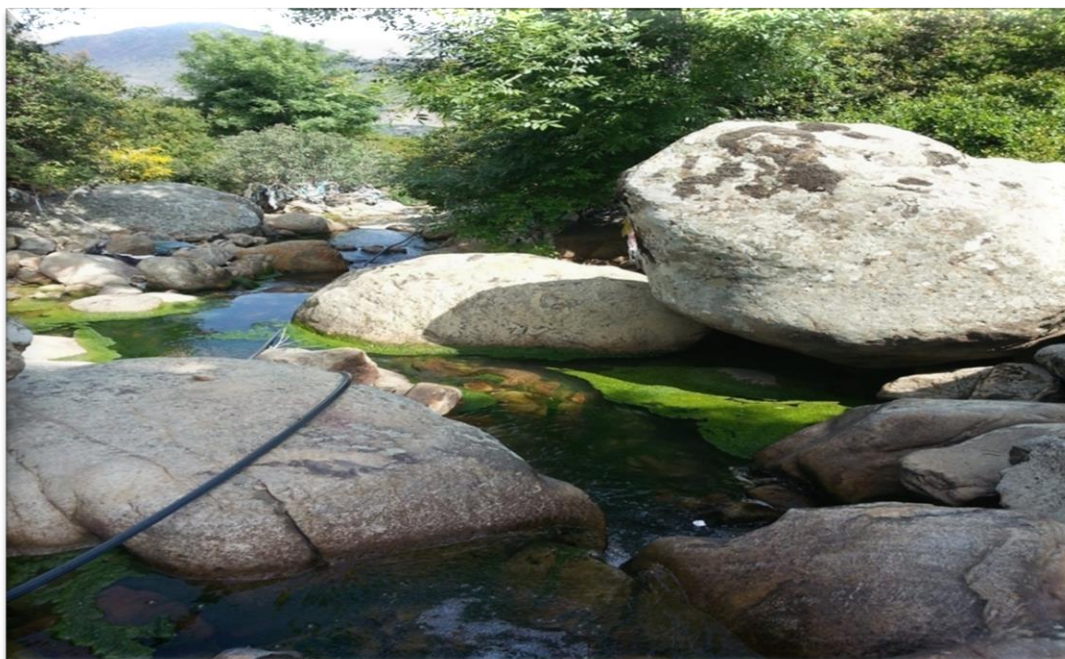


Figure 42: Station d'Oued Bentag

(8) Station d'Oued Bougaraa

Il s'agit d'une station très ensoleillée, elle se trouve à 1 Km de la sortie du village Al Onsor. Le lit est constitué de galet, gros graviers et de sable grossier (Figure 43, Tableau 1). La végétation bordante est formée essentiellement de *Nerium sp* et de *Tamarix sp*. Le secteur est très pollué par les rejets des eaux domestiques du village ainsi que les activités agricoles de part adjacentes.



Figure 43: Station d'Oued Bougaraa

(9) Station d'Oued Chettit

Elle se situe à la commune de Taxanna, Daïra Taxanna Wilaya de Jijel, limitée au Nord par la commune Kaous et Amir Abdelkader, à l'Est par Ouadjana et Djimla, au Sud Boudriaa Ben Yadjis, et l'Ouest par Selma Benziada (Figure 44, Tableau 1).

Notre secteur de récolte correspond à un étendu d'une source très ombragée. La station se trouve en amont d'un petit pont sur la route nationale reliant la wilaya de Mila à Jijel. Les rives sont garnies d'une végétation représentée principalement par *Epilobium augustifolium* et *Ricinus communis*.



Figure 44: Station d'Oued Chettit

(10) Station d'Oued Draa Tabal

Ce cours d'eau, situé à 500 m en aval de la commune de Draa Tabal sur la route menant à Ali Rachi (wilaya de Mila), est un cours d'eau temporaire qui se caractérise par un assèchement estival s'étalant du mois de juillet jusqu'au mois d'octobre. Le substrat de la portion échantillonnée est à dominance pierreuse et est associé à du grès et du sable grossier (Figure 45, Tableau 1). La végétation bordante est absente. Des algues vertes filamenteuses.



Figure 45: Station d'Oued Draa Tabal

(11) Station d'Oued Drebla

La physiographie de cette rivière varie selon les saisons. En hiver, en période de crue, la section mouillée occupe la totalité du lit (15m), alors qu'en été elle forme un bras où l'écoulement peut se réduire jusqu'à une largeur de 70 cm. Le substrat se compose de limon et de boue. Le couvert végétal est absent de part et d'autre du cours d'eau permettant ainsi un taux d'ensoleillement estimé de 100%. Le cortège floristique aquatique est composé de *Phragmites australis* et de *Typha sp* avec le développement en période sèche d'importants plans d'algues filamenteuses et de bryophytes.



Figure 46: Station d'Oued Drebla

(12) Station d'Oued El Kebir 1

Ce point de prélèvement est caractérisé par un substrat formé de gros galets et graviers ainsi que de sable grossier. En période de crue l'eau devient très turbide. La vitesse du courant est moyenne sur les rives et forte au centre (Figure 47, Tableau 1). Le site est très exposé au soleil avec une végétation riveraine plus ou moins dense présente uniquement sur la rive droite du cours d'eau, elle est composée de *Tamaris sp*, *Nerium oleander*.



Figure 47: Station d'Oued El Kebir 1

(13) Station d'Oued El Kebir 2

Cette station se trouve sous un pont situé juste à la sortie du Barrage Beni haroun. Le lit de cette station est relativement large et formé d'un substrat grossier : blocs, gros galets et sable avec formation de mousse dans les zones calmes. Les eaux y sont le plus souvent turbides et coulent avec un débit variable qui montre une remarquable augmentation lors de l'ouverture de la digue du barrage de Beni Haroun entraînant ainsi le blocage du flux des eaux d'oued El Kebir. Cette station est caractérisée par la présence d'une strate arbustive de part et d'autre du cours d'eau sans pour autant affecter son ensoleillement, ainsi on note la présence de : *Phragmites australis*, *Tamarix sp*, *Olea europaea*, et *Pistacia lentiscus* (Figure 48, Tableau 1).



Figure 48: Station d'Oued El Kebir 2

(14) Station de Oued El Kebir 3

Le substrat de la rive de cette station est très vaseux. Le lit est formé principalement de roches mères schisteuses avec la présence de gros galets et des débris végétaux sur la berge. L'eau de l'Oued, qui est toujours froide, enregistre une importante hausse de la vitesse de son écoulement lors des lâchées du Barrage de Beni Haroun (Figure 49, Tableau1) La ripisylve est présente sur les deux rives et est constituée d'une strate arbustive importante constituée de *Juncus sp*, *Nerium sp* et de *Tamarix sp*.



Figure 49: Station d'Oued El Kebir 3

(15) Station d'Oued Mechaki

Le cours d'eau, situé en montagne à 15 km du village Tassala en direction de BenTga, occupe une vallée très ouverte. Sa largeur peut atteindre 20 m inondables en période de crue, mais le lit mouillé s'assèche progressivement en se réduisant en une flaque d'eau unique, où l'eau stagnait jusqu'à sa totale disparition qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'août. Le substrat dominant est composé de galets et de gros gravier reposant sur un fond limono-vaseux. L'eau est très claire et coule sur une couche mince avec une vitesse faible à modérée (Figure 50, Tableau 1).

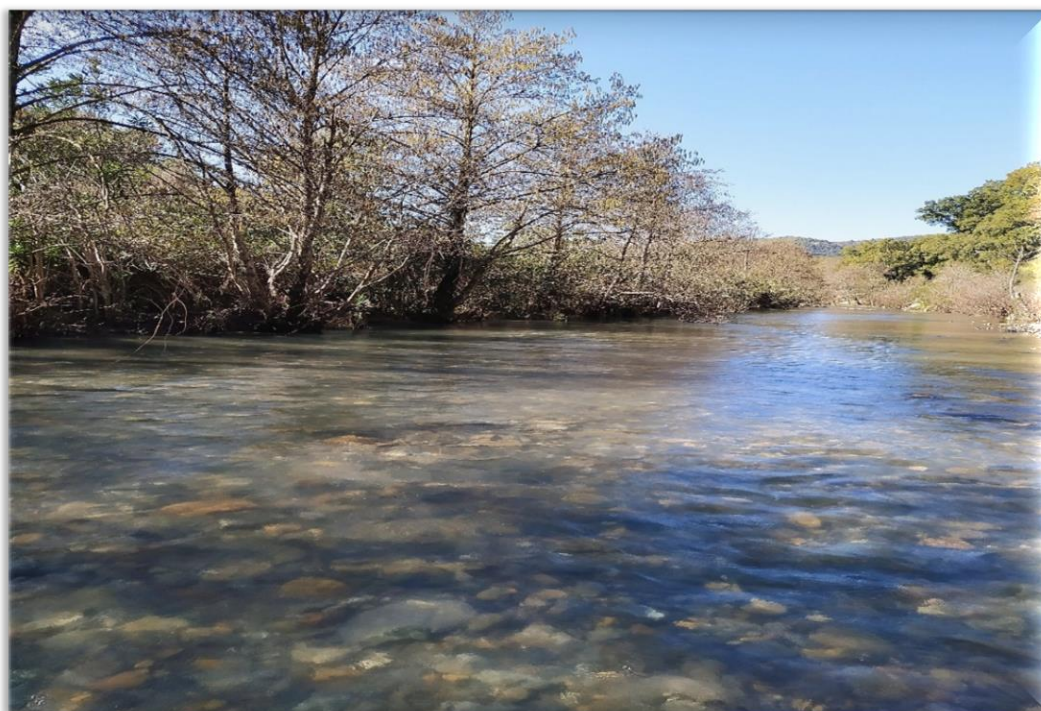


Figure 50: Station d'Oued Mechaki

(16) Station d'Oued Rejas

La station de Rajas se trouve en amont de la commune de Oued Enndja Daïra Oued Enndja wilaya de Mila, limitée au Nord par les communes de Amira Arrès et Terrai Bainen, à l'Est par Zeghaia et Mila, au Sud par Ahmed Rachedi et Tiberghien et à l'Ouest par Rouached .

Il s'agit d'un cours d'eau ombré dont le couvert végétal bordant est composé de strates arborescentes et arbustives. Le détournement de l'eau pour l'irrigation a par conséquence directe une mise à sec d'une grande partie de la station (Figure 51, Tableau 1)



Figure 51: Station d'Oued Rejas

(17) Station d'Oued Taïnet

La station prospectée se localise dans la montagne de Briri, l'eau, limpide et froide, descendait en pente forte et coulait à une vitesse modérée sur un lit constitué de bloc, de gros galets et de sable grossier (Figure 52, Tableau 1). La largeur du cours d'eau n'excède jamais les 4 m. La station se trouve dans une zone modérément ensoleillée du fait de la présence d'une végétation rivulaire moyenne qui occupent les rives. Le régime d'écoulement de l'eau est fort.



Figure 52: Station d'Oued Taïnet

(18) Station de Source Ain Lakbira

Elle se situe à la commune de Tassala Lemtaï, Daïra Terrai Bainen, limitée au Nord par Ouled

Askeur (Jijel), à l'Est par Amira Arrès, au Sud par Rouached et à l'Ouest par Djimla (Jijel). Il s'agit d'une source très ombragée (Figure 53, Tableau 1), l'eau qui est limpide, coule modérément en couche fine et s'amointrit là où le substrat est moins grossier. Les rives sont garnies d'une végétation dense représentée principalement par *Epilobium augustifolium* et *ricinus communis*.



Figure 53: Station de Source Ain Lakbira

(19) Station de Source Mechaki

Une source à régime permanent, situé à proximité de la station précédente et ce joint à elle sur sa rive droite. Ce cours d'eau se distingue par son substrat formé par de gros blocs qui reposent sur un lit parsemé de pierres et de gravier (Figure 54, Tableau 2). L'eau y est claire et rapide. La largeur de la section mouillée ne dépasse pas les 4 m et l'épaisseur de la couche d'eau est moyenne. Le couvert végétal bordant est composé de strates arborescente et arbustive qui fournissent à cette station un ombrage partiel.



Figure 54: Station de Source Mechaki

(20) Station de Source Ras ElOued

Notre station se situe en aval de commune de Amira Arras Daïra Terrai Bainen, elle est limitée au Nord par Boucif Ouled Askeur (Jijel), à l'Est par Terrai Bainen, au Sud par Rouached et Oued Endja, à l'Ouest par Tessala Lemtaï.

La granulométrie du substrat est à dominance grossière, l'eau coule sur des galets avec un courant moyen à vif. A ce niveau les rives sont caractérisées par une ceinture de végétation plus ou moins dense représentée par *Ricinus communis juncus sp* et *Tamarix sp* (Figure 55, Tableau1).



Figure 55: Station de Source Ras ElOued

(21) Station de Tamda 1

Cette station se situe en aval de la commune d'Ahmed Rachdi Daïra de Oued Enndja, Wilaya de Mila. Elle est limitée au Nord par Oued Enndja et Mila, à l'Est par Sidi Khelifa (Mila), au Sud par Aïn Mellouk et à l'Ouest par Bouhatem et Tiberghien (Figure 56, Tableau 2).

Notre station localise dans une haute montagne où l'eau descend en cascade et forme ensuite une petite cour d'eau. L'eau limpide descendant en forte pente et coule à une vitesse modérée. La station se trouve dans une zone très ensoleillée bien qu'elle est caractérisée par la présence d'une strate arbustive de part et d'autre du cours d'eau sans pourtant affecter son ensoleillement.



Figure 56: Station de Tamda 1

(22) Station de Tamda 2

C'est un ruisseau de montagne où l'eau est turbide et coule avec une vitesse assez faible. La largeur maximale enregistrée lors de nos prélèvements ne dépasse pas 1 m. Le substrat est composé de gros blocs, gros galets et l'ensemble repose sur un fond limono-sableux. La végétation rivulaire est représentée par quelques pieds de Lauriers roses, tandis que l'immersion fait défaut (Figure 57, Tableau 1).



Figure 57:Station de Tamda 2

3. Sur le terrain

Des sorties ont été réalisées à une fréquence mensuelle autant que possible, avec un temps d'intervention similaire sur chaque station.

Les travaux ont suivi les étapes suivantes :

Première étape

Pour chaque site, une fiche technique spécifique était remplie. Elle comprenait la date de la sortie, les coordonnées GPS ainsi que les conditions météorologiques observées. L'état général de la station était également noté, comme la nature du substrat, la couleur et la transparence de l'eau, la présence éventuelle de pompage ou d'effluents d'origine domestique ou industrielle.

Deuxième étape

L'échantillonnage des larves a été réalisé à l'aide d'une épuisette (filet surber)

a) Technique d'échantillonnage

Concernant la technique utilisée, dix coups de filet (mouvements de va-et-vient) étaient effectués au centre et en bordure des berges, dans les zones riches en végétation aquatique, ainsi qu'au fond, dans les zones boueuses, rocheuses ou sableuses. Dans certaines stations dépourvues de végétation aquatique, où le substrat était constitué de blocs, galets ou pierres, ces derniers étaient retournés manuellement ou avec les pieds, puis nettoyés à l'entrée de l'épuisette. Des prélèvements supplémentaires étaient réalisés directement sur les pierres.

Pour certains groupes comme les Simuliidae, le prélèvement nécessitait l'usage de pinces entomologiques, les larves étant fixées sur les blocs rocheux. Leur collecte demandait donc une attention particulière et se faisait minutieusement, petit à petit, pour ne pas les endommager.

b) But d'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage était de collecter une diversité de macroinvertébrés aussi représentative que possible de chaque site, afin d'établir un inventaire précis des espèces présentes.

c) Le tri des macro-invertébrés

(1) Sur place

Le contenu de l'épuisette était versé dans un récipient blanc pour faciliter le tri. Une fraction représentative du prélèvement (comprenant faune, débris végétaux et autres éléments) était placée dans des flacons en plastique étiquetés avec le nom de la station et la date. La fixation des échantillons se faisait sur place par l'ajout d'éthanol à 99,99 %.

Les échantillons ont ensuite été transportés au laboratoire, où les organismes ont été triés à l'aide d'une loupe binoculaire pour leur identification.

(2) Au laboratoire

Cette phase du travail a été réalisée dans le laboratoire d'écologie à l'Université de Guelma.

(a) Tri de la faune

La première étape consiste à extraire les macroinvertébrés fixés sur les débris végétaux, les petits cailloux et les sédiments. Le tri et l'identification préliminaire des organismes sont réalisés à l'aide d'une loupe binoculaire, de pinces entomologiques et de boîtes de Petri.

(b) Dénombrement

Le dénombrement consiste à compter le nombre total d'individus présents dans chaque échantillon. Les spécimens sont regroupés par station, puis classés selon leur morphologie dans de petits tubes en plastique étiquetés, contenant de l'éthanol à 96 %. Les spécimens identifiés sont ensuite conservés dans les mêmes conditions.

(c) Identification

L'identification des macroinvertébrés a été réalisée à l'aide de l'ouvrage Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie de Tachet et *al.* (2010). Tous les taxons ont pu être déterminés au moins jusqu'au genre, à l'exception de trois qui ont été identifiés uniquement au niveau de la famille. Par ailleurs, dix-sept taxons ont été identifiés jusqu'à l'espèce lorsque les caractères morphologiques le permettaient.

L'ensemble des identifications a été vérifié et validé par Mme Cherairia.

Remarque méthodologique sur les données environnementales :

Dans le cadre de ce travail, la collecte des données physico-chimiques a été envisagée afin de renforcer l'interprétation écologique des peuplements benthiques. Toutefois, certaines contraintes logistiques et techniques ont limité l'acquisition complète des paramètres environnementaux (température, pH, conductivité, turbidité) sur l'ensemble des 22 stations. En effet, des défaillances ponctuelles lors des campagnes de terrain ainsi que l'absence de certains relevés bruts ont conduit à des lacunes de mesures pour plusieurs sites. Ces manques, bien que regrettables, n'ont pas permis d'inclure une analyse rigoureuse et homogène des variables physico-chimiques à l'échelle de toutes les stations. Par souci de rigueur scientifique, il a donc été choisi de ne pas présenter ces données de manière partielle ou incomplète dans le présent manuscrit.

Par ailleurs, les tentatives d'accès aux données bioclimatologiques locales (température, précipitations, etc.) pour les années 2016–2017, qui auraient permis d'illustrer le contexte climatique régional de la zone d'étude, n'ont pas abouti, faute de disponibilité auprès des

services météorologiques concernés. Cette absence empêche une analyse intégrée climat–hydrologie–benthos qui aurait enrichi la lecture spatio-temporelle des résultats.

Malgré ces limitations, la richesse des données faunistiques collectées, l’ampleur de l’échantillonnage (22 stations) et l’exploitation d’indices écologiques fiables assurent la robustesse scientifique des analyses réalisées. Ces absences n’altèrent donc pas la pertinence des conclusions tirées, tout en ouvrant des perspectives pour des suivis futurs plus complets et intégrés.

4. Analyse de la structure du peuplement

L’ensemble des organismes vivants présents dans un habitat reflète les conditions écologiques du milieu. L’analyse de la composition faunistique permet donc d’évaluer l’état écologique de ce milieu, toute perturbation pouvant entraîner des modifications plus ou moins importantes des communautés qu’il abrite.

L’utilisation d’indicateurs biologiques s’est progressivement imposée comme un outil complémentaire aux paramètres physico-chimiques pour évaluer la qualité des eaux et des écosystèmes aquatiques. En effet, les organismes vivants présentent plusieurs avantages, notamment leur capacité à intégrer les effets de diverses perturbations sur le long terme.

5. Méthode d’exploitation des résultats

Dans ce travail, les résultats ont d’abord été analysés en tenant compte de la qualité de l’échantillonnage, puis exploités à l’aide d’indices écologiques et statistiques.

Pour caractériser les peuplements faunistiques, plusieurs indices de composition et de structure ont été calculés : l’abondance relative (AR %), la fréquence d’occurrence (C %) et la catégorie écologique de chaque espèce.

Des indices de diversité ont également été utilisés pour mieux évaluer la structure des communautés : l’indice de Shannon-Weaver (H'), l'équitabilité (E), les indices de diversité de Hill (N₀, N₁, N₂) ainsi que l’indice de diversité de Simpson (D).

a) Analyse par la qualité d’échantillonnage

Elle est déterminée par le rapport du nombre des espèces contractées une seule fois et en un seul exemplaire (a) au nombre total de relevés (N). Le rapport (a/N) permet de savoir si la qualité de l’échantillonnage est bonne.

$$Q=a/N$$

a : le nombre d’espèces rencontrées une seule fois et en un seul exemplaire

N : le nombre total de relevés.

Quand le rapport de a/N se rapproche de zéro, la qualité d'échantillonnage est bonne (Ramade, 2003).

b) Indices Ecologiques de Composition

Les indices écologiques de composition utilisés sont la richesse spécifique totale et moyenne, l'abondance relative (ou fréquence centésimale) et la fréquence d'occurrence.

(1) Richesse spécifique

La richesse totale « S » est l'ensemble des espèces que comporte un peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984).

(2) Abondance relative ou fréquence centésimale

L'abondance relative correspond à la participation d'une espèce en termes d'individus n_i par rapport au total des individus N (Dajoz, 1971). Elle est calculée par la formule suivante :

$$F = \frac{n_i}{N} \times 100$$

n_i : nombre de l'espèces i

N : nombre totale des relevés effectués

(3) Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence (F.O. %) est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce prise en considération au nombre total de relevés (Dajoz, 1982), elle est calculée comme suite :

$$C = \frac{P_i}{N} \times 100$$

P_i : nombre des relevés contenant l'espèce étudiée

N : nombre total des relevés effectués et qualifiés

• Interprétation de « C » :

$C = 100\%$: l'espèce est omniprésente ;

$75\% \leq C < 100\%$: l'espèce est constante ;

$50\% \leq C < 75\%$: l'espèce est qualifiée de régulière ;

$25\% \leq C \leq 50\%$: l'espèce est accessoire ;

$5\% \leq C < 25\%$: l'espèce est accidentelle ;

$C < 5\%$: l'espèce est rare. Indice écologique de structure

c) Indices écologiques de structures

Les indices écologiques de structure appliquée dans l'adresse des résultats sont

L'indice de Shannon-Weaver, Simpson, Hill ainsi que l'équitabilité (équirépartition).

(1) Indice de Shannon-Weaver

D'après (Barbault, 2008), la diversité spécifique est mesurée par différents indices dont le plus utilisé est celui de Shannon-Weaver. Il est calculé par la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \log P_i$$

P_i : la fréquence relative de l'espèce ou $P_i = n_i / N$

n_i : nombre d'individus d'une espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

H' : Indice de diversité exprimé en unités bits.

P_i : Fréquence relative de l'espèce *i* par rapport aux individus de l'ensemble du peuplement, qui peut s'écrire $P_i = n_i / N$, où n_i est l'effectif de chaque espèce dans l'échantillon et *N* la somme des n_i de toutes les espèces confondues.

Log₂ : logarithme à base 2.

Cet indice permet d'avoir une information sur la diversité de chaque milieu pris en considération. Si cette valeur est faible est entre 0 et 1 donc le milieu est pauvre en espèces ou bien le milieu n'est pas favorable. Par contre, si cet indice est élevé et supérieur à 2 ça implique que le milieu est très peuplé en espèces et il est favorable. Cet indice de diversité varie en fonction du nombre des espèces présentes et en fonction de l'abondance de chacune d'elles (Barbault, 2008).

(2) Indice d'équitabilité :

Cet indice correspond au rapport de la diversité observé *H'* a la diversité maximale *H'max* (Blondel, 1979).

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

La diversité maximale (*H'max*) exprimé en bits est calculé par la formule suivante :

$$H'_{\max} = \log_2 S$$

S : est la richesse totale.

Les valeurs de l'équitable varient entre 0 et 1. Quand cette valeur tend vers 0 cela signifie que les espèces du milieu ne sont pas en équilibre entre elles et il existe une certaine dominance d'une espèce par rapport aux autres. Si par contre la valeur tend vers 1 cela signifie que les espèces sont en équilibre (Barbault, 1981).

(3) Indice de Simpson :

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés appartiennent à la même espèce (Boulkenaf, 2006) :

$$D = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

n_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

$D = 0$ indique le maximum de diversité.

$D = 1$ indique le minimum de diversité.

(4) L'indice de Hill

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson :

$$\text{Hill} = \frac{1}{D} / e^{H'}$$

$1/D$: l'inverse de l'indice de Simpson

$e^{H'}$: L'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une meilleure interprétation de la diversité observée (Anonyme, 2004 in Boulkenaf, 2006).

PARTIE III

RESULTATS

IV. Résultats

A. Etudes faunistique

1. Check-list de la faune inventoriée

L'étude faunistique menée au cours des différentes campagnes de prélèvement a permis de recenser un total de 5 930 individus répartis en 12 groupes zoologiques, correspondant à différents genres et familles (voir tableau 4). La check-List qui regroupe les niveaux taxonomiques inventoriées est présente dans le tableau 3, elle reflète une importante richesse taxonomique du réseau hydrographique du Kebir Rhumel retenue dans notre étude.

Tableau 2: Nombre de familles, de genres et d'espèces par groupe zoologique.

Groupe Zoologique	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Bivalvia	2	2	0
Clitellata	2	2	2
Coleoptera	8	21	7
Crustacea	2	2	1
Diptera	10	8	0
Ephemeroptera	3	8	1
Gastropoda	4	4	2
Heteroptera	8	9	1
Odonata	6	9	0
Plecoptera	1	1	0
Trichoptera	7	7	3
Turbellaria	1	1	0
Totale	54	74	17

Tableau 3: Check-list des taxons inventoriés au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.

Phylum	Classes	Sous-classes	Ordres	Sous-ordres	Familles	Genres	Espèces	
Annelida	Clitellata			Rhynchobdelliformes	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia</i>	<i>G.complanata</i>	
				Pharyngobdelliformes	Erpobdellidae	<i>Trocheta</i>	<i>T.bykowskii</i>	
Plathelminthes	Turbellaria		Tricladida		Dugesiidae	<i>Dugesia</i> sp.		
Mollusca	Bivalvia				Unionidae	<i>Anodonta</i> sp.		
		Sphaeriidae			<i>Pisidium</i> sp.			
	Gastropoda	Pulmonata			Ancylidae	<i>Ancylus</i>	<i>A.fluviatilis</i>	
					Lymnaeidae	<i>Radix</i> sp.		
		Physidae			<i>Physa</i> sp.			
		Prosobranchia			Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus</i>	<i>L.naticoides</i>	
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Amphipoda		Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.		
			Decapoda	Macrura	Atyidae	<i>Atyaephyra</i>	<i>A.desmarestii</i>	
	Insecta		Ephemeroptera		Baetidae	<i>Acentrella</i>		
						<i>Cloeon</i> sp.		
						<i>Baetis</i> sp.		
					Caenidae	<i>Brachycercus</i> sp.		
					Heptageniidae	<i>Epeorus</i> sp.		
						<i>Heptagenia</i> sp.		
						<i>Rhithrogena</i> sp.		
						<i>Ecdyonurus</i> sp.		
					Plecoptera	Perlodidae		<i>Perlodes</i> sp.
			Odonata	Zygoptera	Lestidae	<i>Sympecma</i> sp.		
					Coenagrionidae	<i>Ischnura</i> sp.		
						<i>Erythromma</i> sp.		
					Anisoptera	Aeshnidae		<i>Aeshna</i> sp.
				Calopterygidae		<i>Calopteryx</i> sp.		
				Cordulegasteridae		<i>Cordulegaster</i> sp.		
				Libellulidae		<i>Libellula</i> sp.		
					<i>Sympetrum</i> sp.			
								<i>Leucorrhinia</i> sp.

Phylum	Classes	Sous-classes	Ordres	Sous-ordres	Familles	Genres	Espèces
Arthropoda	Insecta		Heteroptera	Gerromorpha	Hydrometridae	<i>Hydrometra</i> sp.	
					Veliidae	<i>Velia</i> sp.	
					Gerridae	<i>Gerris</i> sp.	
					Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i> sp.	
				Nepomorpha	Notonectidae	<i>Notonecta</i> sp.	<i>N.maculatus</i>
					Naucoridae	<i>Naucoris</i>	
					Nepidae	<i>Nepa</i> sp.	
					Corixidae	<i>Micronecta</i> sp.	
						<i>Corixa</i> sp.	
					Coleoptera	Adephaga	
			<i>Gyrinus</i> sp.				
			<i>Orectochilus</i>				
			Haliplidae	<i>Haliplus</i> sp.			
				<i>Peltodytes</i> sp.			
			Noteridae	<i>Noterus</i> sp.			<i>E.sticticus</i>
			Dytiscidae	<i>Eretes</i>			
				<i>Dytiscus</i> sp.			
				<i>Hydaticus</i> sp.			
				<i>Agabus</i>			<i>A.didymus</i>
				<i>Bidessus</i> sp.			
				<i>Yola</i>		<i>Y.bicarinata</i>	
				<i>Hydrovatus</i> sp.			
				<i>Hydroporus</i> sp.			
			<i>Stictonectes</i>	<i>S. lepidus</i>			
			Polyphaga	Helophoridae		<i>Helophorus</i> sp.	
				Hydrophilidae		<i>Enochrus</i> sp.	
						<i>Hydrochara</i>	<i>H.caraboïdes</i>
				Elmidae		<i>Dupophilus</i>	<i>D.brevis</i>
				Hydraenidae		<i>Hydraenidae</i> sp.	
					<i>Limnebius</i> sp.		
			Trichoptera		Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.	

Phylum	Classes	Sous-classes	Ordres	Sous-ordres	Familles	Genres	Espèces
Arthropoda	Insecta		Trichoptera		Psychomyiidae	<i>Psychomyia</i>	<i>P. pusilla</i>
					Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i> sp.	
					Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	
					Goeridae	<i>Lithax</i>	<i>L. obscurus</i>
					Lepidostomatidae	<i>Lasiocephala</i>	<i>L. basalis</i>
					Leptoceridae	<i>Setodes</i> sp.	
			Diptera	Nematocera	Dixidae	<i>Dixa</i> sp.	
					Blephariceridae	<i>Liponeura</i> sp.	
					Culicidae	<i>Anopheles</i> sp.	
					Thaumaleidae	<i>Thaumalea</i> sp.	
					Simuliidae		
					Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	
						<i>Lauterborniella</i> sp.	
					Tipulidae		
				Brachycera	Syrphidae		
					Tabanidae	<i>Haematopota</i> sp.	
					Anthomyidae	<i>Limnophora</i> sp.	

Tableau 4: Effectifs des individus recensés dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude

Stations Taxons	Tanda 1	Tanda 2	Source Ras Eloued	Source Ain Lakbira	Source Mechaki	Oued Maleh	Oued Akir Azanane	Oued Rejas	Oued El Kebir 1	Oued El Kebir 2	Oued El Kebir 3	Oued Bentag	Oued Chetitt	Oued Draa Tabal	Oued Alrala 1	Oued Alrala 2	Oued Drebla	Oued Anil	Oued Bougaraa	Oued Tâinet	Oued Mechaki	Oued Ardjana	TOTAL
Aeshnidae	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5
Ancyliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	13	53
Anthomyidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3
Atyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Baetidae	0	14	0	0	6	146	18	5	16	31	4	0	0	0	14	8	0	13	2	4	0	2	283
Blephariceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	3	0	0	12
Caenidae	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	185	3	0	0	213
Calopterygidae	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4
Chironomidae	0	3	0	0	2	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
Coenagrionidae	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	8
Cordulegasteridae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Corixidae	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	32	1	0	1	15	2	0	0	56
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17	0	0	20
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	10
Dugesiiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	8	27
Dytiscidae	2	0	0	0	0	13	1	2	1	1	0	0	2	1	125	10	6	4	30	35	0	0	233
Elmidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Erpobdellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	5

Stations Taxons	TOTAL																					
	Tamda 1	Tamda 2	Source Ras Eloued	Source Ain Lakbira	Source Mechaki	Oued Maleh	Oued Akir Azanane	Oued Rejas	Oued El Kebir 1	Oued El Kebir 2	Oued El Kebir 3	Oued Bentag	Oued Chetit	Oued Draa Tabal	Oued Alrala 1	Oued Alrala 2	Oued Drebla	Oued Anil	Oued Bougaraa	Oued Tainet	Oued Mechaki	Oued Ardjana
Gammaridae	148	0	0	2	16	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	1027	0	0	0	0	0
Gerridae	0	0	1	1	7	101	32	0	30	97	11	0	1	0	1	35	0	11	2	19	66	0
Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Goeridae	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	108	0	8	36	11	0	2	0	1	43	0	53	0	2	2	0
Haliplidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
Helophoridae	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Heptageniidae	0	0	0	0	1	0	0	0	7	12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	0	0
Hydraenidae	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hydrobiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrometridae	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	1	0	0
Hydropsychidae	0	4	12	0	9	37	4	0	53	55	0	0	0	0	0	4	7	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lepidostomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Lestidae	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0

Stations Taxons	TOTAL																						
	Tanda 1	Tanda 2	Source Ras Eloued	Source Ain Lakbira	Source Mechaki	Oued Maleh	Oued Akir Azanane	Oued Rejas	Oued El Kebir 1	Oued El Kebir 2	Oued El Kebir 3	Oued Bentag	Oued Chetit	Oued Draa Tabal	Oued Alrala 1	Oued Alrala 2	Oued Drebla	Oued Anil	Oued Bougaraa	Oued Tainet	Oued Mechaki	Oued Ardjana	
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	40	0	0	5	0	0	0	48
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	9	0	0	38	4	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	58
Mesoveliidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	50	57	0	47	2	0	0	0	5	0	0	177
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	4
Nepidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
Noteridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Notonectidae	6	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	19	1	53	17	14	0	2	33	0	0	148
Perlodidae	0	0	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	79
Psychomyiidae	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Simuliidae	19	105	2	0	1	109	0	0	0	785	17	0	49	0	0	0	58	0	296	7	5	0	1453
Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	48	4	11	0	0	0	0	0	0	72
Syrphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Thaumaleidae	0	41	0	0	0	33	0	63	0	7	1	0	0	22	6	0	0	1	91	0	0	0	265
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	0	0	10

TOTAL	375	5930
Oued Ardjana	0	32
Oued Mechaki	0	73
Oued Tainet	1	168
Oued Bougaraa	0	676
Oued Anil	0	94
Oued Drebla	0	1138
Oued Alrala 2	24	221
Oued Alrala 1	78	367
Oued Draa Tabal	0	143
Oued Chettit	26	222
Oued Bentag	74	124
Oued El Kebir 3	0	44
Oued El Kebir 2	0	1038
Oued El Kebir 1	0	154
Oued Rejas	0	151
Oued Akir Azanane	0	197
Oued Maleh	0	466
Source Mechaki	16	89
Source Ain Lakbira	49	62
Source Ras Eloued	107	124
Tanda 2	0	167
Tanda 1	0	180
Stations Taxons	Veliidae	TOTALE

2. Qualité d'échantillonnage

Tableau 5: Valeurs des qualités d'échantillonnage des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.

Stations	a	N	Q=a/N
Oued Maleh	16	3	5,33
Oued Akir Azanane	14	2	7
Oued Alrala 1	18	2	9
Oued Alrala 2	19	1	19
Oued Anil	15	1	15
Oued Ardjana	5	1	5
Oued Bentag	2	1	2
Oued Bougaraa	18	3	6
Oued Chettit	13	2	6,5
Oued Draa Tabal	10	1	10
Oued Drebla	13	3	4,33
Oued El Kebir 1	10	1	10
Oued El Kebir 2	16	2	8
Oued EL Kebir 3	5	1	5
Oued Mechaki	3	2	1,5
Oued Rejas	9	2	4,5
Oued Taïnet	22	2	11
Source Ain Lakbira	6	2	3
Source Mechaki	15	2	7,5
Source Ras Eloued	6	2	3
Tamda 1	8	1	8
Tamda 2	6	2	3

a : nombre d'espèces rencontrées une seule fois dans un relevé, **N** : nombre total de relevés effectuées, **Q** : qualité d'échantillonnage.

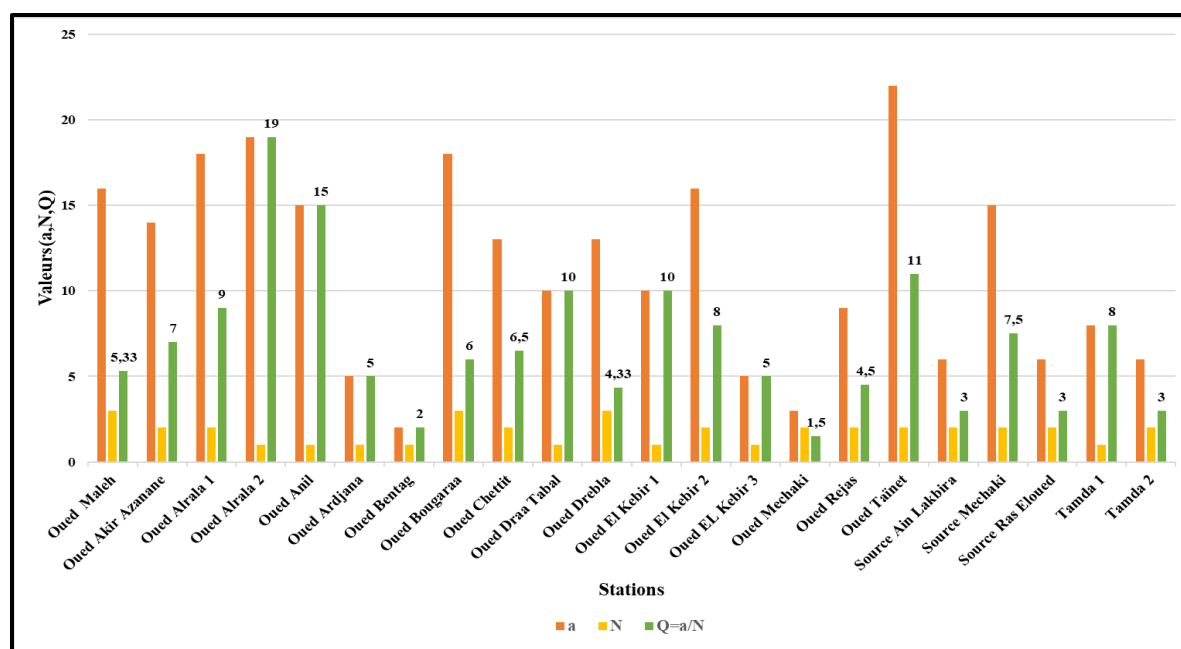


Figure 58 : Comparaison de la richesse, de l'abondance et de la qualité de l'échantillonnage selon les stations.

La qualité de l'échantillonnage a été évaluée à l'aide de l'indice Q, défini comme le rapport entre le nombre d'espèces présentes une seule fois dans un relevé (a) et le nombre total de relevés effectués (N). Cet indice permet d'apprécier la représentativité de l'échantillonnage dans chaque station. Une valeur faible de Q traduit une bonne qualité d'échantillonnage, indiquant que la majorité des espèces présentes ont été correctement échantillonnées. À l'inverse, une valeur élevée de Q suggère un échantillonnage incomplet, marqué par une forte proportion d'espèces rares.

Dans l'ensemble des 22 stations étudiées, les valeurs de Q varient de 1,5 à 19. Une variation aussi large reflète une disparité importante dans la qualité des relevés entre les sites.

Les stations présentant les valeurs de Q les plus faibles, inférieures ou égales à 5, sont les suivantes : O. Mechaki (Q = 1,5), O. Bentag (Q = 2), S. Ain Lakbira (Q = 3), S. Ras Eloued (Q = 3), Tamda 2 (Q = 3), O. Drebla (Q = 4,33), O. Rejas (Q = 4,5), O. Ardjana (Q = 5) et O. El Kebir 3 (Q = 5). Ces résultats indiquent une bonne représentativité de l'échantillonnage dans ces stations, les espèces rares y étant peu nombreuses.

Les stations présentant une qualité d'échantillonnage intermédiaire, avec des valeurs de Q comprises entre 5 et 9, comprennent O. Maleh (Q = 5,33), O. Bougaraa (Q = 6), O. Chettit (Q = 6,5), O. Akir Azanane (Q = 7), S. Mechaki (Q = 7,5), O. El Kebir 2 (Q = 8), Tamda 1 (Q = 8) et O. Alrala 1 (Q = 9). Ces stations montrent une proportion modérée d'espèces peu fréquentes, ce qui suggère un effort d'échantillonnage partiellement satisfaisant.

En revanche, certaines stations affichent des valeurs de Q nettement élevées, révélatrices d'un échantillonnage insuffisant. C'est le cas de O. Draa Tabal (Q = 10), O. El Kebir 1 (Q = 10), O. Taïnet (Q = 11), O. Anil (Q = 15) et O. Alrala 2 (Q = 19). Ces stations sont caractérisées par une fréquence élevée d'espèces observées une seule fois, ce qui témoigne d'un manque de représentativité dans les relevés effectués.

En conclusion, cette analyse met en lumière une hétérogénéité importante dans la qualité des échantillonnages. Si certaines stations offrent une bonne couverture faunistique, d'autres nécessitent un renforcement des efforts de collecte afin d'assurer une meilleure représentativité de la biodiversité locale.

3. Indices écologiques de compositions

a) Richesse totale (S) et moyenne (S') des taxons globaux dans les stations d'études

Tableau 6: Richesse totale et moyenne des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel de durant la période d'étude.

Stations Paramètre	O. Akir Azanane	O. Alrala 1	O. Alrala 2	O. Anil	O. Ardjana
Nombres d'individus(ni)	197	367	221	94	32
Nombre de relevés(N)	2	2	1	1	1
Richesse totale(S)	14	14	17	13	5
Richesse moyenne (S')	98,5	183,5	221	94	32

Stations Paramètre	O. Bentag	O. Bougaraa	O. Draa Tabal	O. Drebla	O. El Kebir 1
Nombres d'individus(ni)	124	676	143	1138	154
Nombre de relevés(N)	1	3	1	3	1
Richesse totale(S)	2	14	10	12	8
Richesse moyenne (S')	124	225,3	143	379,3	154

Stations Paramètre	O. El Kebir 2	O. El Kebir 3	O. Mechaki	O. Taïnet	O. Chettit	O. Maleh
Nombres d'individus(ni)	1038	44	73	168	222	466
Nombre de relevés(N)	2	1	2	2	2	3
Richesse totale(S)	14	5	3	21	13	13
Richesse moyenne (S')	519	44	36,5	84	111	155,3

Stations Paramètre	O. Rejas	S. Ain Lakbira	S. Mechaki	S. Ras Eloued	Tamda 1	Tamda 2
Nombres d'individus(ni)	151	62	89	124	180	167
Nombre de relevés(N)	2	2	2	2	1	2
Richesse totale(S)	9	6	13	6	7	5
Richesse moyenne (S')	75,5	31	44,5	62	180	83,5

Les valeurs de la richesse totale indiquent que les stations les plus riches en taxons sont O. Taïnet avec 21 taxons, suivie par O. Alrala 2 avec 17 taxons. Plusieurs stations affichent une richesse totale de 14 taxons, notamment O. Akir Azanane, O. Alrala 1, O. Bougaraa et O. El Kebir 2. À l'opposé, les stations avec la richesse la plus faible sont O. Bentag avec seulement 2 taxons, ainsi que O. Ardjana, O. El Kebir 3 et Tamda 2, qui présentent entre 3 et 5 taxons (Tableau 6, Figure 59).

Concernant la richesse moyenne, la valeur minimale est observée à la station S. Ain Lakbira (31), alors que la valeur maximale, très élevée, est enregistrée à O. El Kebir 2 avec 519, suivie par O. Drebla (379,3) et O. Bougaraa (225,3). Ces valeurs indiquent une forte abondance moyenne d'individus par relevé dans ces stations. En deuxième groupe, on trouve des stations comme O. Alrala 2 (221) et Tamda 1 (180). Enfin, plusieurs stations avec une richesse moyenne plus modérée, telles que O. Akir Azanane (98,5), O. Alrala 1 (183,5) et O. Chettit (111), complètent la répartition (Tableau 6, Figure 60).

La richesse taxonomique totale et moyenne varie significativement entre les stations, reflétant la diversité des conditions écologiques locales. Les stations les plus riches en taxons témoignent d'environnements favorables à la biodiversité, tandis que celles avec une richesse moyenne élevée mais une richesse ale faible suggère une dominance de quelques taxons. Ces

résultats soulignent l'importance de prendre en compte plusieurs indicateurs pour évaluer la diversité et la santé des communautés.

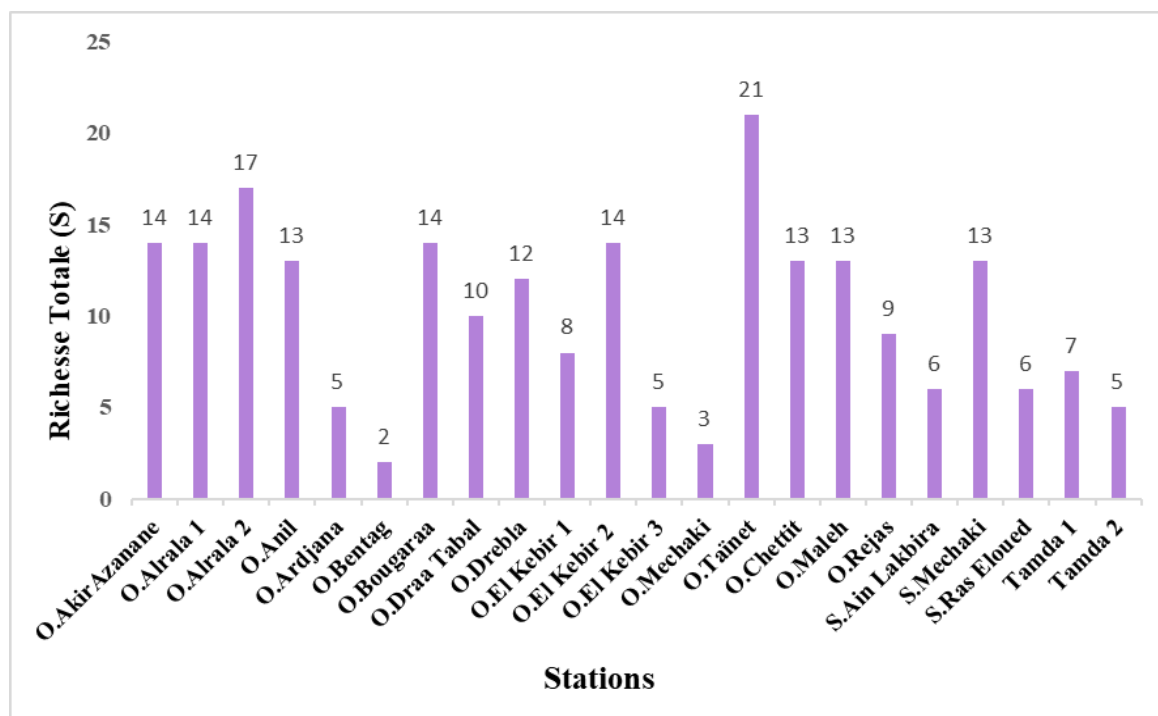


Figure 59 : Richesse totale des taxons benthiques inventorier dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.

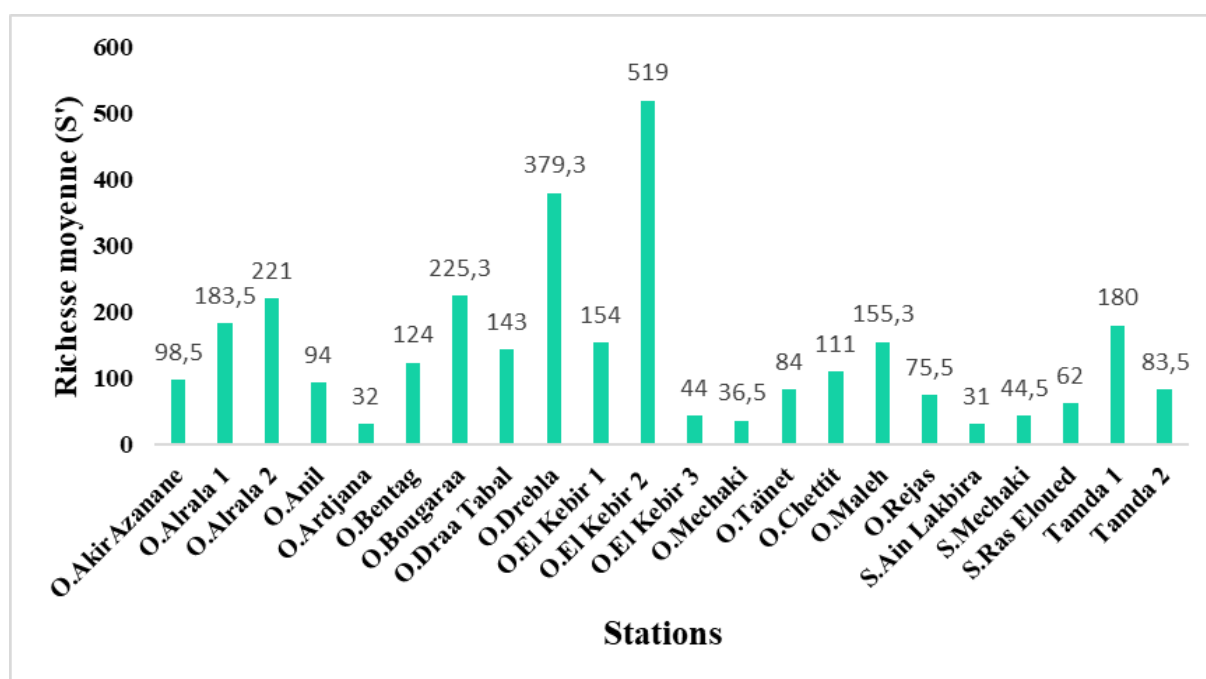


Figure 60 : Richesse moyenne des taxons benthiques inventorier dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.

b) Fréquence centésimale ou abondance relative (%) des taxons de macroinvertébrés benthiques dans les stations d'étude

(1) Analyse faunistique

Le benthos regroupe les invertébrés vivant sur ou dans le substrat des cours d'eau. Ces organismes présentent une répartition hétérogène, influencée par la nature du substrat : certains sont fixés, d'autres rampants ou fouisseurs. Leur distribution est étroitement liée aux conditions environnementales locales. Par conséquent, toute variation de ces conditions peut entraîner des changements dans la composition et la structure des communautés fauniques.

L'étude du benthos constitue un outil essentiel pour évaluer la composition, la structure ainsi que la répartition spatiale et temporelle des macroinvertébrés benthiques.

Pour offrir un aperçu comparatif de la structure des peuplements d'invertébrés recensés dans les 22 stations étudiées, nous avons représenté les fréquences d'abondance de chaque famille à l'aide de secteurs graphiques

- Dans la station d'O. Maleh (Figure 61), la famille la plus fréquente est celle des Baetidae, qui représente 31 % des individus récoltés. Elle est suivie par les Simuliidae avec 23 % et les Gerridae avec 22 %, ce qui montre une nette dominance de ces trois familles dans cette station. Les Hydropsychidae (8 %) et les Thaumaleidae (7 %) sont également bien représentées, mais dans des proportions plus modérées. D'autres familles comme les Dytiscidae (3 %), Caenidae (2 %) et Lymnaeidae (2 %) sont présentes en faibles proportions. Enfin, les Chironomidae et Corixidae (1 % chacune), ainsi que les Gammaridae, Glossosomatidae et Hydraenidae, sont représentées par des effectifs très réduits, ne dépassant pas le seuil de 1 %.
- Dans la station d'O. Akir Azanane (Figure 62), la famille la plus représentée est celle des Gyrinidae, qui domine largement avec 55 % de l'ensemble des individus recensés. Elle est suivie par les Gerridae, qui occupent également une part importante avec 16 %. Les Baetidae (9 %), Caenidae (6 %) et Lestidae (5 %) montrent aussi une certaine présence dans cette station. En revanche, plusieurs familles apparaissent en proportions plus faibles, comme les Hydrophilidae et les Hydropsychidae (2 % chacune). Les Aeshnidae, Cordulegasteridae, Dytiscidae, Elmidae, Hydrometridae, Notonectidae et Tabanidae ne dépassent pas les 1 % et sont donc considérées comme faiblement représentées.
- Dans la station d'O. Alrala 1 (Figure 63), la famille la plus abondante est celle des Dytiscidae, qui représente 34 % de l'ensemble des individus recensés, ce qui montre son

importance dominante dans cette station. Elle est suivie par les Veliidae avec 21 %, puis les Notonectidae (14 %) et les Mesoveliidae (13 %), qui occupent également une part notable de la population aquatique. Les familles Corixidae (9 %) et Baetidae (4 %) sont présentes en proportions modérées. En revanche, plusieurs familles apparaissent en faible proportion, notamment les Thaumaleidae (2 %), ainsi que les Erpobdellidae, Libellulidae et Sphaeriidae, chacune ne dépassant pas 1 %. Plusieurs autres familles comme les Gerridae, Gyrinidae, Haliplidae et Hydrometridae sont absentes dans cette station.

- Dans la station d'O. Alrala 2 (Figure 64), la famille la plus représentée est celle des Gyrinidae, qui domine avec 19 % de l'ensemble des individus recensés. Elle est suivie de près par les Libellulidae (18 %) et les Gerridae (16 %), qui occupent également une part importante. Les Veliidae (11 %), Dugesiidae (9 %) et Notonectidae (8 %) montrent également une présence notable. Les Dytiscidae et Sphaeriidae sont modérément représentées avec 5 %, tandis que les Baetidae (4 %) et Hydropsychidae (2 %) sont moins fréquentes. Les familles Lymnaeidae et Mesoveliidae présentent des proportions très faibles, ne dépassant pas 1 %. Enfin, plusieurs familles ont été observées en très faibles effectifs, représentant chacune une proportion inférieure à 0,5 % (arrondie à 0 %), notamment les Anthomyidae, Caenidae, Corixidae, Hydrometridae et Nepidae.
- Dans la station d'O. Anil (Figure 65), la famille des Gyrinidae domine très nettement l'échantillon, représentant 56 % des individus recensés. Elle est suivie par les Baetidae (14 %) et les Gerridae (12 %), qui occupent également une place importante dans cette station. Les Dytiscidae et les Lymnaeidae montrent une présence modérée, avec 4 % chacun. La famille des Haliplidae atteint 2 %, tandis que plusieurs autres familles sont représentées par des proportions très faibles, ne dépassant pas 1 %. Il s'agit notamment des Anthomyidae, Coenagrionidae, Cordulegasteridae, Corixidae, Hydroptilidae, Syrphidae et Thaumaleidae.
- Dans la station d'O. Ardjana (Figure 66), la famille des Ancyliidae est la plus représentée avec 41 % des individus recensés. Elle est suivie par les Dugesiidae qui comptent pour 25 %, puis par les Leptoceridae (16 %) et les Physidae (13 %). Les Baetidae sont présentes en moindre proportion, avec 6 %.
- Dans la station d'O. Bentag (Figure 67), deux familles dominent nettement la faune aquatique. Les Veliidae représentent 60 % des individus recensés, tandis que les Mesoveliidae constituent les 40 % restants.

- Dans la station d'O. Bougaraa (Figure 68), la famille des Simuliidae domine largement avec 44 % des individus recensés, suivie par les Caenidae (27 %) et les Thaumaleidae (13 %). Les Hydrophilidae représentent une part modérée avec 5 %, tandis que les Dytiscidae sont présents à hauteur de 4 %. Les Corixidae, Dixidae et Libellulidae montrent des présences plus faibles, avec respectivement 2 % et 1 %. Plusieurs familles, comme les Baetidae, Culicidae, Gerridae, Haliplidae, Naucoridae et Notonectidae, sont présentes en proportions très faibles (0 %), ce qui signifie qu'elles existent dans la station mais en très faible nombre.
- Dans la station d'O. Chettit (Figure 71), la famille des Mesoveliidae est la plus représentée avec 26 % des individus recensés, suivie de près par les Simuliidae (22 %) et les Ancyliidae (18 %). Les Veliidae occupent également une place importante avec 12 %, tandis que les Notonectidae comptent pour 9 %. Les familles des Blephariceridae et Sphaeriidae sont présentes en proportions modérées, avec respectivement 4 % chacune. Les Caenidae sont représentés à hauteur de 2 %, et plusieurs autres familles comme les Dytiscidae, Gyrinidae et Perlodidae apparaissent en très faibles proportions, autour de 1 %. Certaines familles, telles que les Gerridae et Heptageniidae, sont présentes en proportions très faibles (0 %), indiquant une présence minime dans cette station.
- Dans la station d'O. Draa Tabal (Figure 69), la famille des Hydrobiidae domine largement avec 40 % des individus recensés. Elle est suivie de près par les Sphaeriidae, qui représentent 34 % de la faune aquatique. Les Thaumaleidae occupent également une place importante avec 15 % des individus. D'autres familles, comme les Gammaridae (5 %) et les Coenagrionidae (3 %), montrent une présence plus modérée. Les familles des Dytiscidae, Glossiphoniidae, Libellulidae, Nepidae et Notonectidae sont présentes en faibles proportions, autour de 1 % chacune.
- Dans la station d'O. Drebla (Figure 72), la famille des Gammaridae domine largement avec 90 % des individus recensés, montrant une forte prédominance dans cet environnement. Les Simuliidae représentent la deuxième famille la plus importante avec 5 %. Les familles des Dytiscidae, Hydropsychidae, Lepidostomatidae et Notonectidae sont présentes en faibles proportions, autour de 1 % chacune. Plusieurs familles, telles que les Erpobdellidae, Helophoridae, Hydraenidae, Lestidae, Noteridae et Unionidae, apparaissent en proportions très faibles (0 %), ce qui indique leur présence très marginale dans cette station.
- Dans la station d'O. El Kebir 1 (Figure 70), la famille des Hydropsychidae est la plus abondante avec 34 % des individus recensés. Elle est suivie de près par les Lymnaeidae qui

représentent 25 %. Les Gerridae occupent une place significative avec 19 %, tandis que les Baetidae constituent 10 % de la population. Les familles des Gyrinidae et des Heptageniidae sont présentes à parts égales avec 5 % chacune. Enfin, les Corixidae et les Dytiscidae apparaissent en faibles proportions, avec environ 1 % chacune.

- La station d'O. El Kebir 2(Figure 74) est nettement dominée par la famille des Simuliidae, qui représente 76 % des individus recensés, indiquant une forte adaptation de ce groupe aux conditions locales. Les Gerridae occupent la deuxième place avec 9 %, tandis que les Hydropsychidae représentent 5 % de la faune échantillonnée. Les Baetidae et Gyrinidae sont faiblement représentés avec 3 % chacun. Les familles des Chironomidae, Heptageniidae et Thaumaleidae apparaissent à des proportions plus modestes (environ 1 % chacune). Enfin, plusieurs familles sont présentes en très faible proportion, inférieure à 0,5 % (arrondies à 0 %), comme les Atyidae, Dytiscidae, Lymnaeidae, Naucoridae, Notonectidae et Psychomyiidae.
- La Station d'O. El Kebir 3(Figure 73), la famille des Simuliidae domine nettement la composition faunistique avec 39 % des individus recensés. Les Gerridae et les Gyrinidae suivent avec une représentation équivalente de 25 % chacune, traduisant une forte présence de ces groupes dans cet environnement. Les Baetidae sont également présents avec 9 %, ce qui témoigne d'une certaine diversité des invertébrés aquatiques. Enfin, les Thaumaleidae apparaissent de manière marginale, avec environ 2 %.
- La faune de la station d'O. Mechaki (Figure 75) est très largement dominée par les Gerridae, qui représentent 90 % des individus recensés, indiquant une forte affinité de cette famille pour les conditions écologiques locales. Les Simuliidae et les Gyrinidae sont également présents, mais en proportions nettement plus faibles, avec respectivement 7 % et 3 %. Cela reflète une diversité spécifique relativement faible, marquée par la prédominance écrasante d'un seul groupe.
- À O. Rejas (Figure 76), la composition faunistique est largement dominée par deux familles : les Physidae, qui constituent 50 % de l'ensemble des individus recensés, et les Thaumaleidae, avec 42 %. Ces deux groupes représentent ensemble la quasi-totalité de la communauté échantillonnée dans cette station. En comparaison, d'autres familles sont présentes mais en proportions nettement plus faibles. C'est notamment le cas des Baetidae (3 %) ainsi que des Anthomyidae, Corixidae, Dytiscidae, Helophoridae, Hydrophilidae et Nepidae, qui affichent toutes une représentation équivalente, autour de 1 %. Bien que leurs

fréquences soient faibles, leur présence traduit néanmoins une certaine diversité écologique au sein de cette station

- À O. Taïnet (Figure 77), la faune aquatique montre une grande diversité, avec une nette dominance de deux familles : les Dytiscidae (21 %) et les Notonectidae (20 %), qui se partagent la majorité relative des effectifs. Suivent ensuite les Gerridae (11 %) et les Culicidae (10 %), également bien représentés dans la station. Plusieurs familles affichent des fréquences modérées, comprises entre 2 et 5 %, notamment les Heptageniidae (5 %), Unionidae (5 %), Simuliidae (4 %), Mesoveliidae (3 %), Blephariceridae, Caenidae, Dixidae, Hydrometridae, Lestidae et Tipulidae, toutes autour de 2 %. Enfin, plusieurs groupes sont présents à des proportions plus faibles, inférieures à 1 %, comme les Aeshnidae, Calopterygidae, Corixidae, Gyrinidae, Hydrophilidae et Veliidae.
- La faune aquatique de S. Ain Lakbira (Figure 78) est nettement dominée par la famille des Veliidae, qui représente 79 % des individus recensés, indiquant une forte adaptation de ce groupe aux conditions locales. Les Goeridae occupent la deuxième place avec 8 %, tandis que les Hydrometridae représentent 6 % de la faune échantillonnée. Les Gammaridae sont faiblement représentés avec 3 %. Les familles des Gerridae et Perlodidae apparaissent à des proportions plus modestes (environ 2 % chacune).
- La composition faunistique de la S. Mechaki (Figure 80) est marquée par une dominance partagée entre trois familles : les Veliidae, Mesoveliidae et Gammaridae, chacune représentant 18 % des individus échantillonnés. Cette co-dominance suggère une diversité écologique importante et un équilibre entre différents groupes adaptés aux conditions de cette source. Les Hydropsychidae viennent ensuite avec 10 %, suivis des Baetidae et Perlodidae, qui affichent chacune 7 %. La présence notable des Psychomyiidae (6 %) témoigne aussi de la variété des habitats disponibles. D'autres familles apparaissent de façon plus modeste, telles que les Gerridae (8 %), les Calopterygidae, Chironomidae et Coenagrionidae (chacune à 2 %), ainsi que les Heptageniidae et Simuliidae, chacune avec une proportion de 1 %.
- La faune aquatique de S. Ras Eloued (Figure 79) est clairement dominée par la famille des Veliidae, qui représente 86 % des individus recensés, témoignant d'une forte adaptation locale. Les Hydropsychidae occupent la deuxième place avec 10 %. Les familles des Simuliidae, Aeshnidae, Gerridae et Perlodidae sont présentes en proportions beaucoup plus faibles, comprises entre 1 % et 2 %.

- La faune aquatique de Tamda 1(Figure 81) est largement dominée par la famille des Gammaridae, qui représente 82 % des individus recensés, montrant une nette adaptation de ce groupe aux conditions locales. Les Simuliidae constituent la deuxième famille la plus abondante avec 11 %. Les familles des Notonectidae, Hydraenidae et Helophoridae sont présentes en proportions plus faibles, respectivement 3 %, 2 % et 1 %.
- La faune aquatique de Tamda 2(Figure 82) est dominée par la famille des Simuliidae, qui représente 63 % des individus recensés, indiquant une forte présence locale. Les Thaumaleidae suivent avec 25 %. Les Baetidae, Chironomidae et Hydropsychidae sont faiblement représentés, avec respectivement 8 %, 2 % et 2 %.

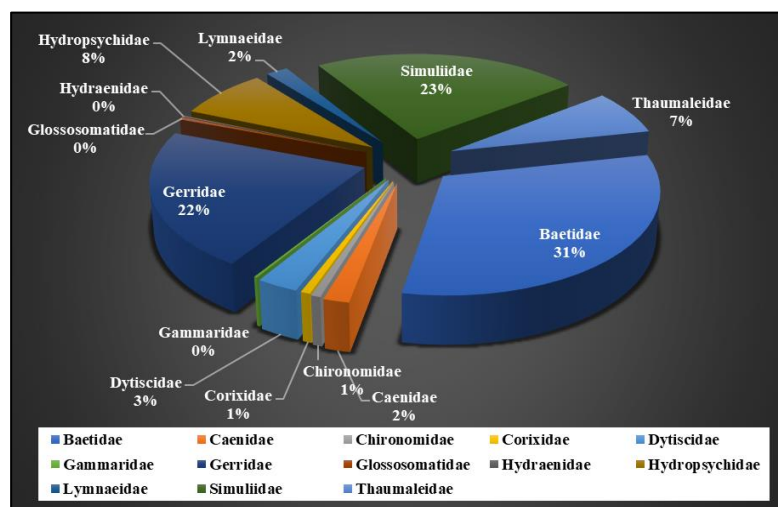


Figure 61: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Maleh.

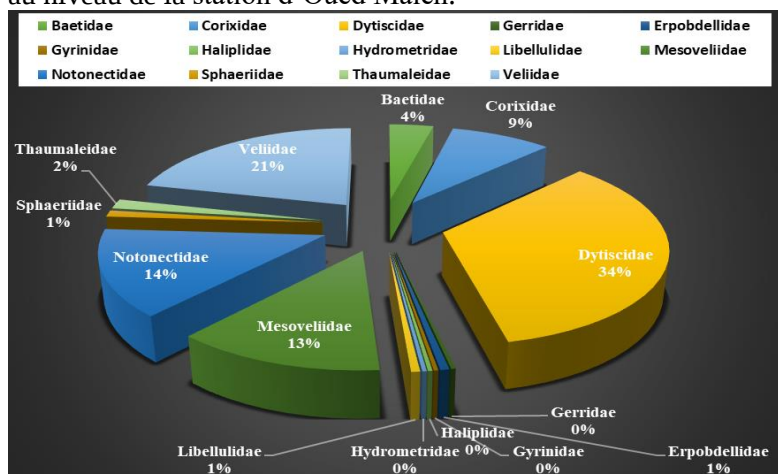


Figure 63 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Alrala 1

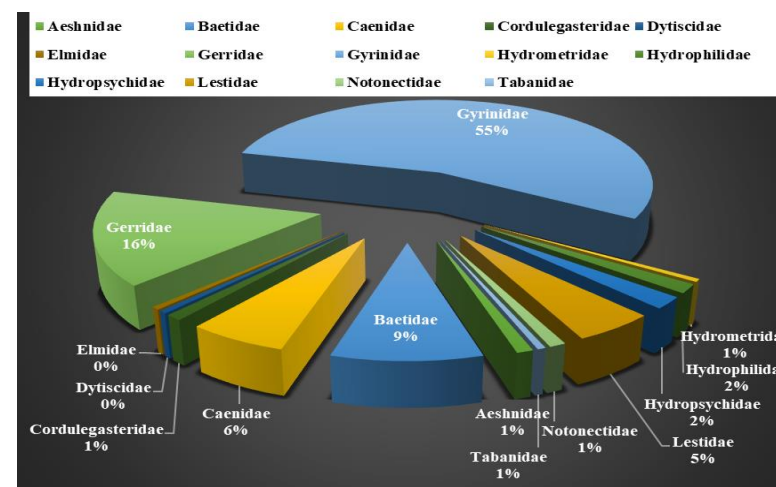


Figure 62:Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Oued Akir Azanane.

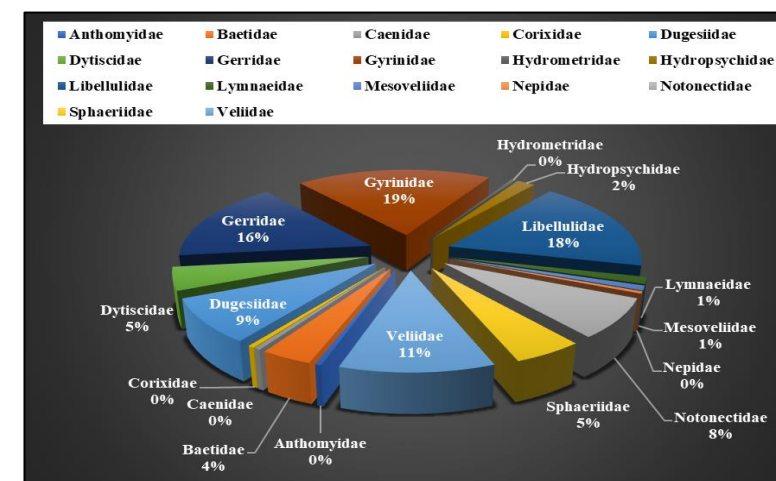


Figure 64:Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Alrala 2

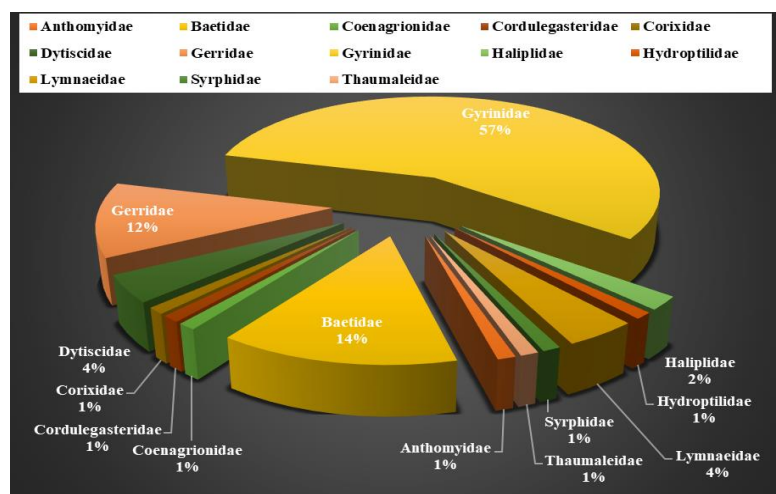


Figure 65: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Anil.

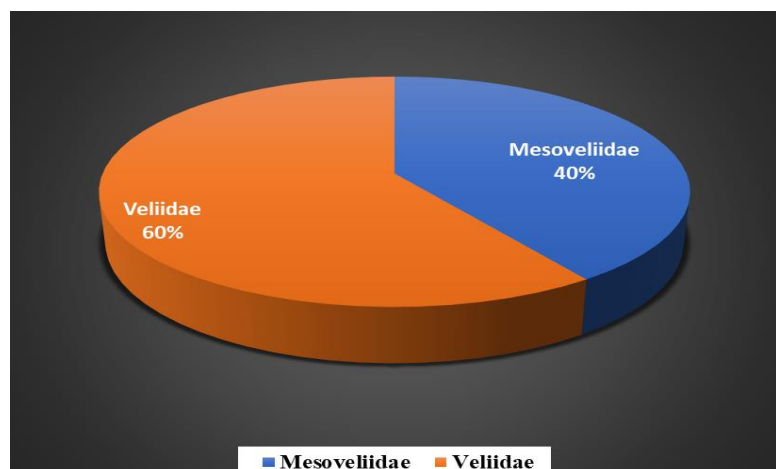


Figure 67: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Bentag.

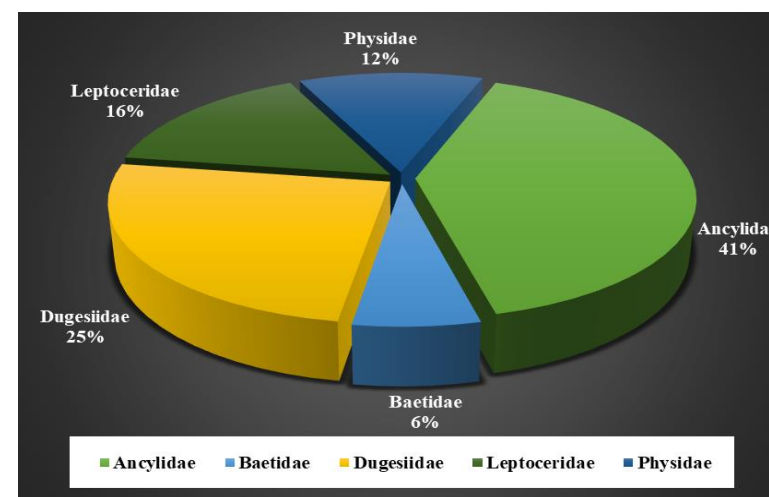


Figure 66: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Ardjana.

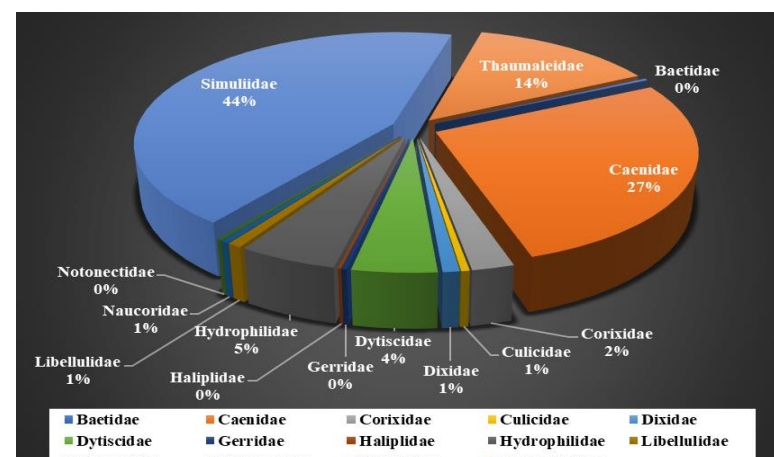


Figure 68 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Bougaraa.

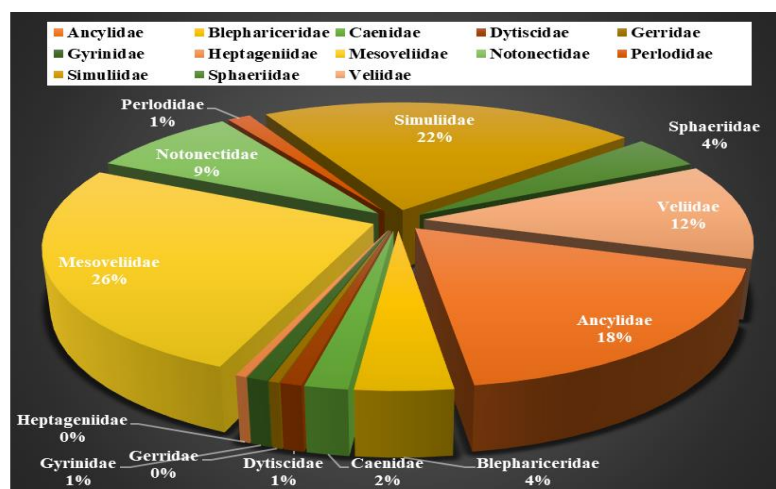


Figure 71: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Chettit

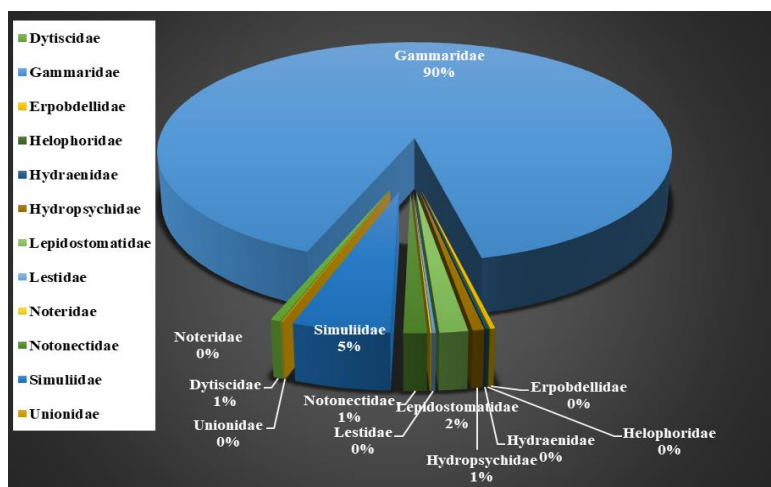


Figure 72: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Drebla

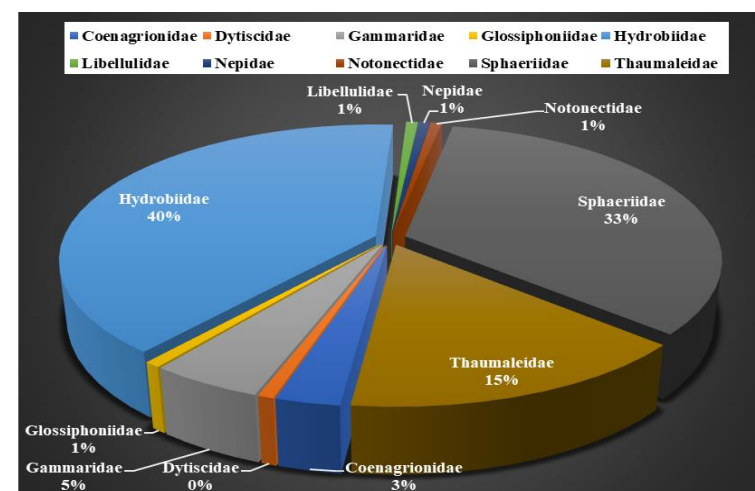


Figure 69: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Draa Tabal

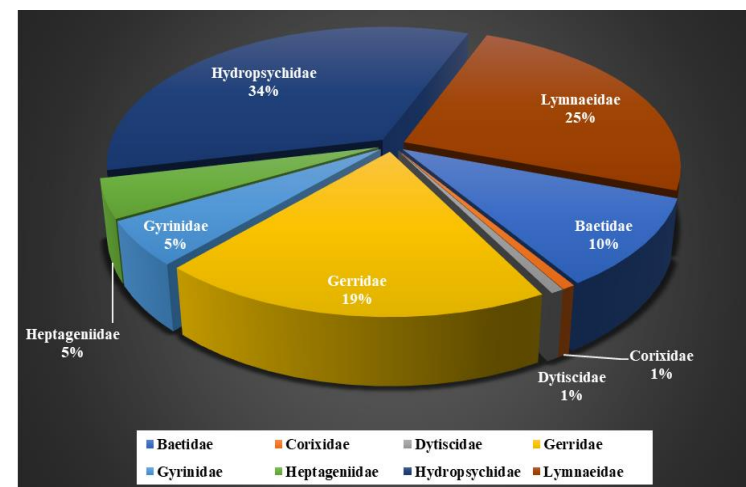


Figure 70: Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Oued El Kebir 1.

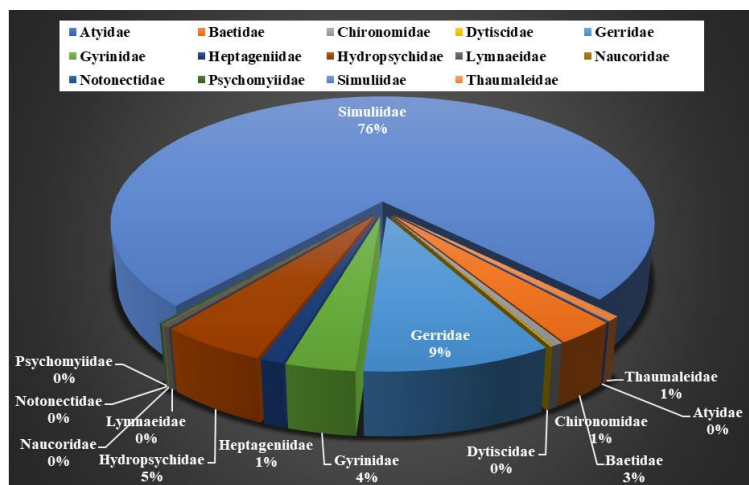


Figure 74 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued El Kebir 2.

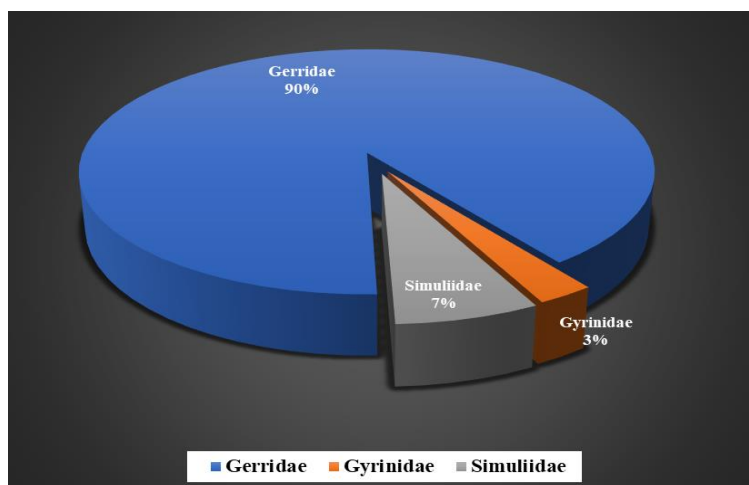


Figure 75 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Mechaki.

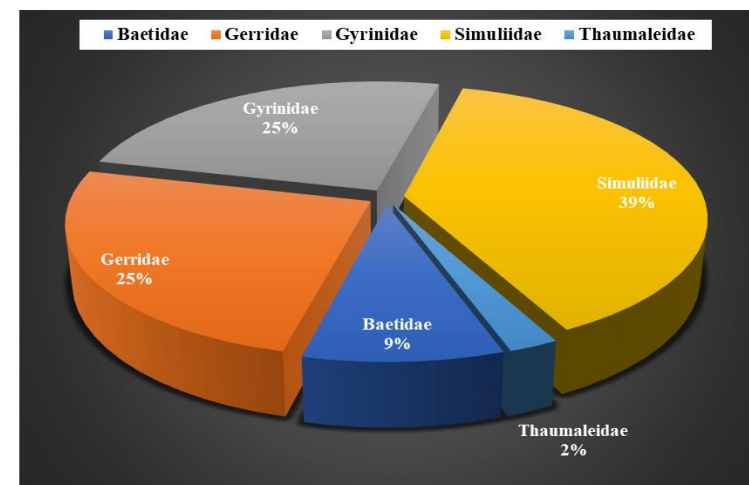


Figure 73 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued El Kebir 3.

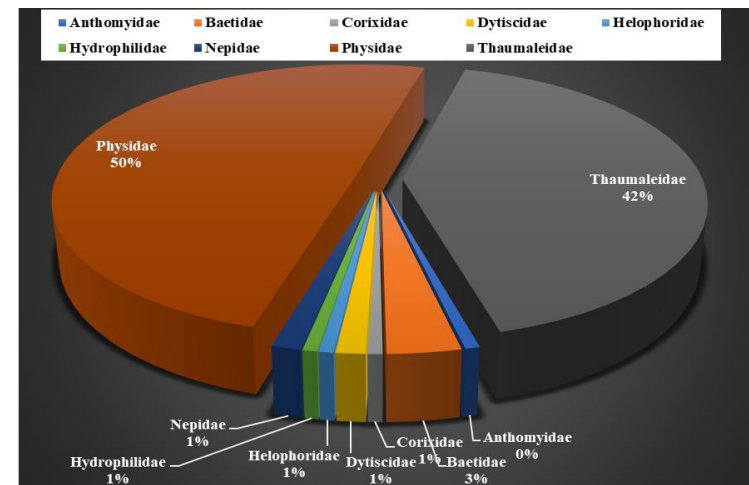


Figure 76 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Rejas.

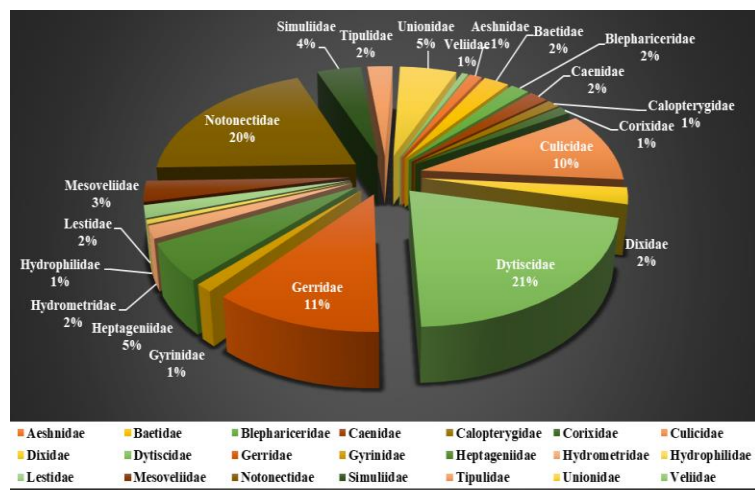


Figure 77 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station d'Oued Taïnet

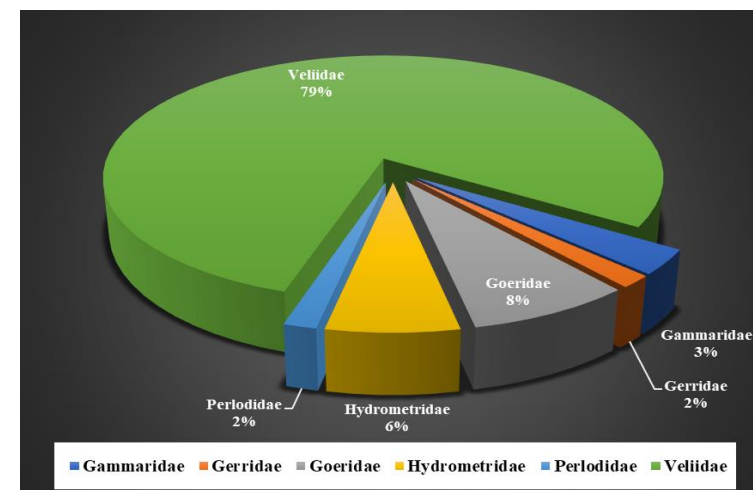


Figure 78 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Source Ain Lakkira

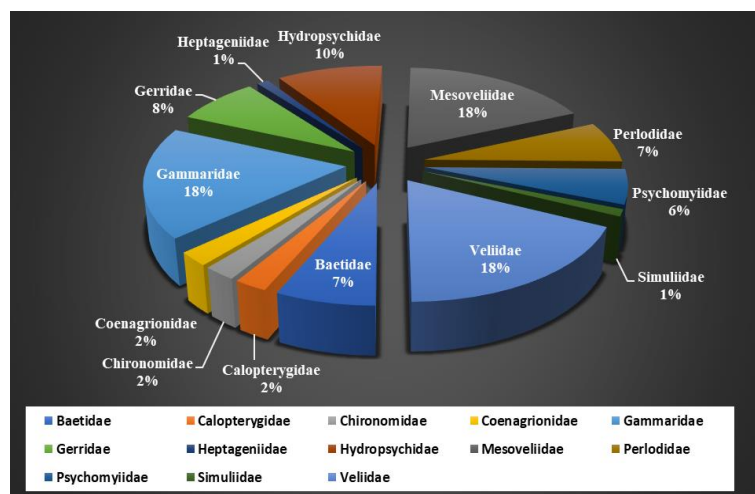


Figure 80 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Source Mechaki

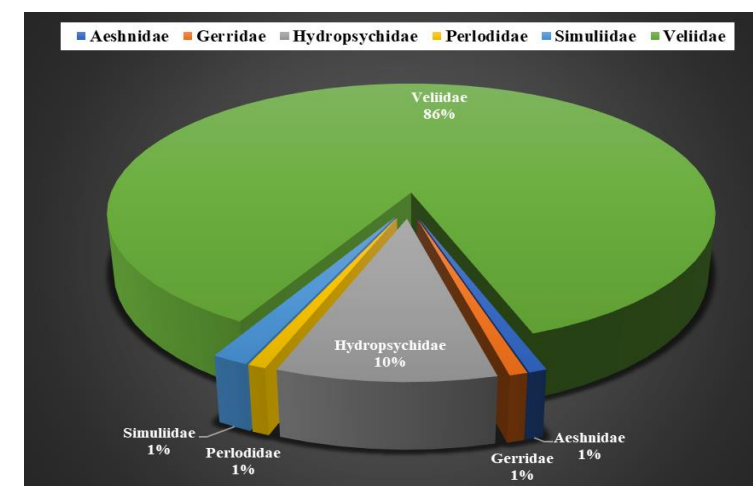


Figure 79 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Source Ras Eloued

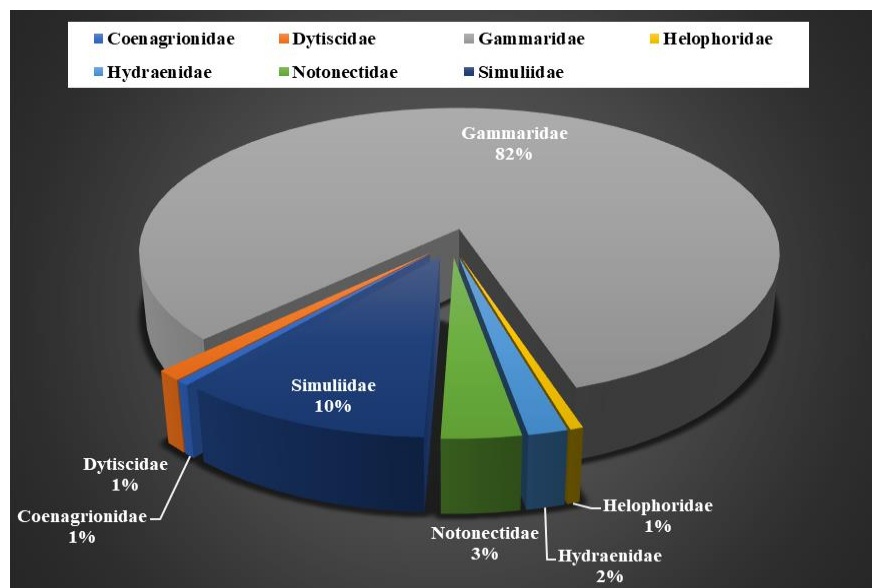


Figure 81 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Tamda 1.

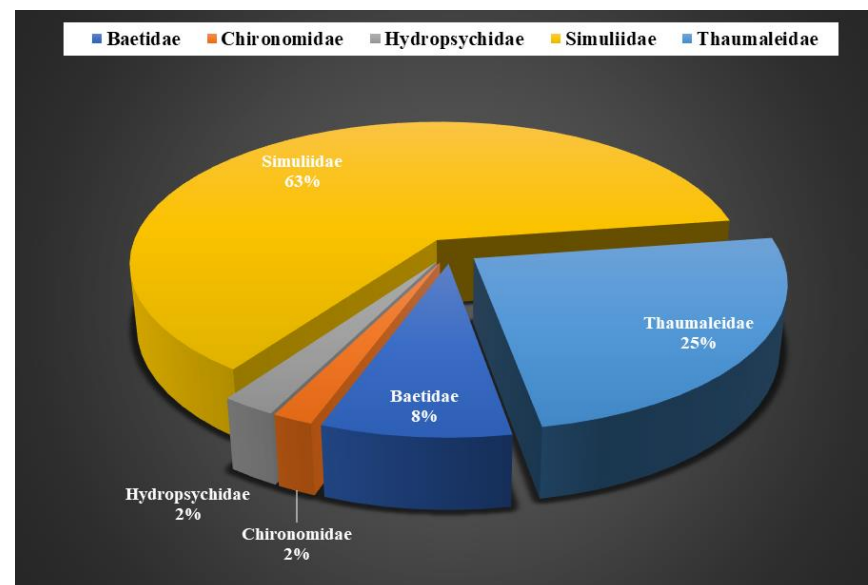


Figure 82 : Abondance relative des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Tamda 2

c) La Fréquence d'occurrence et de constance (%) des taxons de macroinvertébrés benthiques dans les stations d'étude

La constance des taxons de macroinvertébrés benthiques s'intéresse aux fréquences des espèces omniprésentes, constantes, régulières, accessoires et accidentelles dans les stations d'études retenues (Tableau 7, Figure 83)

Trois familles régulières ont été recensées : Baetidae, Dytiscidae et Gerridae. Huit familles accessoires apparaissent dans un nombre intermédiaire de stations. Il s'agit de : Notonectidae, Gyrinidae, Hydropsychidae, Thaumaleidae, Corixidae, Veliidae, Caenidae, Gammaridae et Mesoveliidae.

Vingt-quatre familles accidentelles ont été identifiées. Ce sont : Aeshnidae, Ancyliidae, Anthomyidae, Blephariceridae, Calopterygidae, Chironomidae, Coenagrionidae, Cordulegasteridae, Culicidae, Dixidae, Dugesidae, Erpobdellidae, Haliplidae, Helophoridae, Heptageniidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Lestidae, Libellulidae, Lymnaeidae, Naucoridae, Nepidae, Perlodidae, Physidae, Psychomyiidae, Sphaeriidae et Unionidae.

Enfin, treize familles rares n'ont été observées qu'exceptionnellement. Il s'agit de : Atyidae, Elmidae, Glossiphoniidae, Glossosomatidae, Goeridae, Hydrobiidae, Hydroptilidae, Lepidostomatidae, Leptoceridae, Noteridae, Syrphidae, Tabanidae et Tipulidae.

En conclusion, la présence simultanée de familles régulières, accessoires, accidentelles et rares montre une richesse spécifique importante, avec un fort gradient d'abondance relative entre les groupes dominants et les groupes sporadiques.

Les familles accidentelles et rares, bien qu'en minorité numérique, peuvent servir d'indicateurs écologiques sensibles aux perturbations ou aux conditions micro-habituelles spécifiques. Les familles accidentelles et rares, bien qu'elles minoritaires, peuvent servir d'indicateurs écologiques sensibles.

Tableau 7: La Fréquence d'occurrence et constance des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel durant la période d'étude.

Nombres de stations totales = 22			
Taxons	Présences	(C%)	Catégories
Aeshnidae	3	14%	Accid
Ancylidae	2	9%	Accid
Anthomyidae	3	14%	Accid
Atyidae	1	5%	Rare
Baetidae	14	64%	Rég
Blephariceridae	2	9%	Accid
Caenidae	6	27%	Access
Calopterygidae	2	9%	Accid
Chironomidae	4	18%	Accid
Coenagrionidae	4	18%	Accid
Cordulegasteridae	2	9%	Accid
Corixidae	8	36%	Access
Culicidae	2	9%	Accid
Dixidae	2	9%	Accid
DugesIIDae	2	9%	Accid
Dytiscidae	14	64%	Rég
Elmidae	1	5%	Rare
Erpobdellidae	2	9%	Accid
Gammaridae	6	27%	Access
Gerridae	15	68%	Rég
Glossiphoniidae	1	5%	Rare
Glossosomatidae	1	5%	Rare
Goeridae	1	5%	Rare

Nombres de stations totales = 22			
Taxons	Présences	(C%)	Catégories
Gyrinidae	10	45%	Access
Haliplidae	3	14%	Accid
Helophoridae	3	14%	Accid
Heptageniidae	5	23%	Accid
Hydraenidae	3	14%	Accid
Hydrobiidae	1	5%	Rare
Hydrometridae	5	23%	Accid
Hydrophilidae	4	18%	Accid
Hydropsychidae	9	41%	Access
Hydroptilidae	1	5%	Rare
Lepidostomatidae	1	5%	Rare
Leptoceridae	1	5%	Rare
Lestidae	3	14%	Accid
Libellulidae	4	18%	Accid
Lymnaeidae	5	23%	Accid
Mesoveliidae	6	27%	Access
Naucoridae	2	9%	Accid
Nepidae	3	14%	Accid
Noteridae	1	5%	Rare
Notonectidae	10	45%	Access

Nombres de stations totales = 22			
Taxons	Présences	(C%)	Catégories
Perlodidae	4	18%	Accid
Physidae	2	9%	Accid
Psychomyiidae	2	9%	Accid
Simuliidae	12	55%	Rég
Sphaeriidae	4	18%	Accid
Syrphidae	1	5%	Rare
Tabanidae	1	5%	Rare
Thaumaleidae	9	41%	Access
Tipulidae	1	5%	Rare
Unionidae	2	9%	Accid
Veliidae	8	36%	Access

(C%) : Fréquence d'occurrence ; **Rég** : Régulier ; **Access** : Accessoire ; **Accid** : Accidentelle.

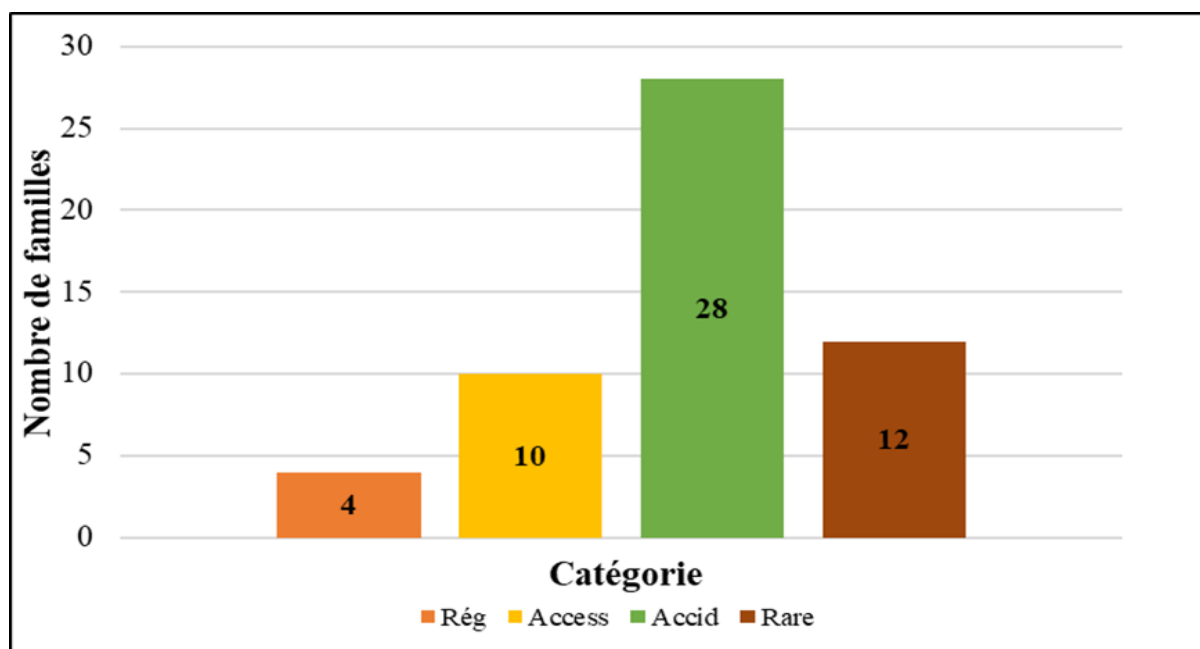


Figure 83 : Fréquence d'occurrence des macro-invertébrés inventoriés au niveau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel des 22 stations.

d) Indice de Shannon-Weaver

L'analyse des données à travers l'indice de Shannon-Weaver révèle une variation notable de la diversité spécifique entre les différentes stations d'étude. L'indice varie de 0,54 à la station O. Mechaki, ce qui indique une absence très faible de diversité, à 3,61 à la station O. Taïnet, caractérisée par sa plus grande diversité spécifique.

Les stations présentant le plus de diversité (tableau 8, figure 84) sont O. Taïnet (3,61), suivie par O. Alrala 2 (3,28), et enfin S. Mechaki (3,23). En revanche, on observe les valeurs les plus faibles à O. Mechaki (0,54) et O. Drebla (0,68). Ces valeurs basses indiquent essentiellement une dominance d'une ou de quelques espèces, diminuant par conséquent l'équité de la communauté, bien que dans certaines situations, une pauvreté en espèces puisse également mener à cette faible diversité.

Tableau 8: Valeurs d'indice de Shannon-Weaver (H') enregistrées au niveau des différentes stations

Stations	O. AkirAzanane	O. Alrala 1	O. Alrala 2	O. Anil	O. Ardjana	O. Bentag
H'	2,24	2,62	3,28	2,22	2,07	0,97

Stations	O. Bougaraa	O. Draa Tabal	O. Drebla	O. El Kebir 1	O. El Kebir 2	O. El Kebir 3
H'	2,24	2,08	0,68	2,35	1,41	1,97

Stations	O. Mechaki	O. Taïnet	O. Chettit	O. Maleh	O. Rejas
H'	0,54	3,61	2,85	2,57	1,55

Stations	S. Ain Lakbira	S. Mechaki	S. Ras Eloued	Tamda 1	Tamda 2
H'	1,17	3,23	0,77	0,99	1,45

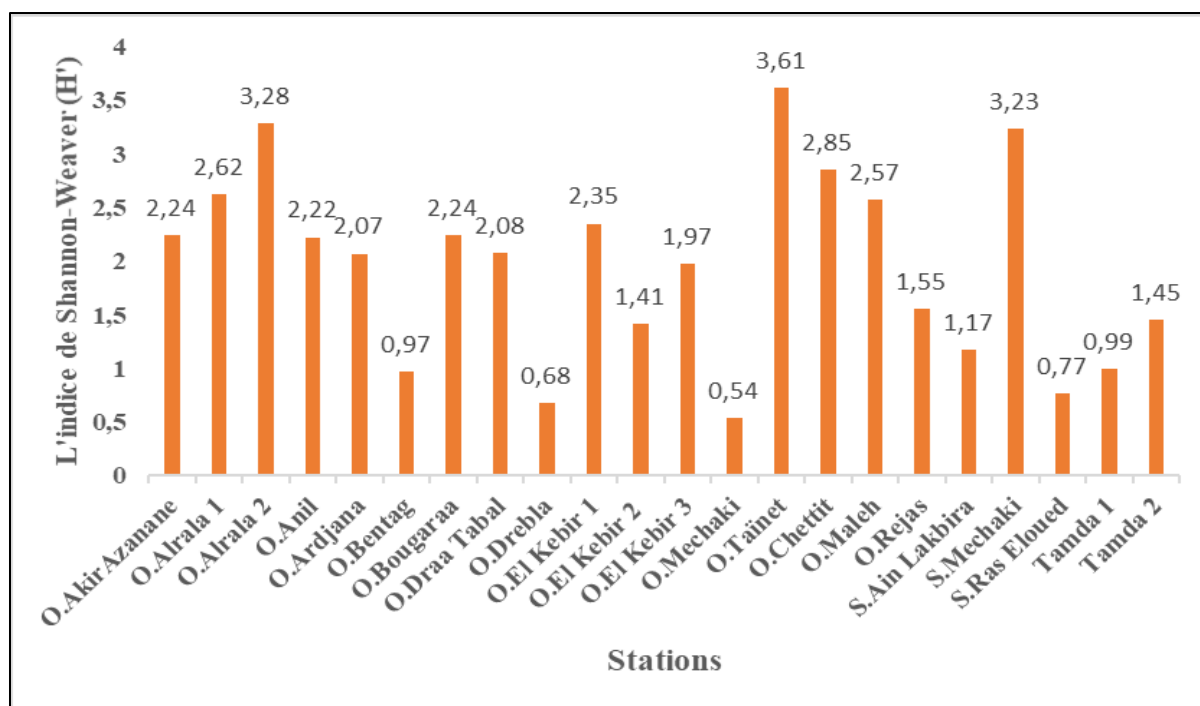


Figure 84 : Variation d'indice de Shannon-Weaver (H') entre les différentes stations échantillonnées

e) Indice d'équitabilité

L'analyse de l'équitabilité à l'échelle de l'aire d'étude (tableau 9, figure 85) révèle un peuplement globalement équilibré, avec des valeurs élevées dans la majorité des stations. En revanche, huit stations présentent des valeurs nettement plus faibles : O. Drebla, O. El Kebir 2, O. Mechaki, O. Rejas, S. Ain Lakbira, S. Ras Eloued et Tamda 1. Dans ces stations, la quasi-totalité des individus est concentrée au sein d'une ou deux familles dominantes, indiquant un déséquilibre marqué de la structure des peuplements. Ces résultats confirment les tendances observées avec l'indice de Shannon-Weaver (figure 84).

L'indice d'équitabilité varie de 0 à 1. La valeur maximale (0,97) est enregistrée à O. Bentag, suivie de 0,89 à O. Ardjana, témoignant d'un partage homogène des individus entre les espèces présentes. Une équitabilité élevée reflète un peuplement stable et équilibré (Dajoz, 1985).

Tableau 9: Valeurs d'indice d'équitabilité (E) enregistrées au niveau des différentes stations.

Stations	O. AkirAzanane	O. Alrala 1	O. Alrala 2	O. Anil	O. Ardjana	O. Bentag
E	0,59	0,69	0,80	0,60	0,89	0,97

Stations	O. Bougaraa	O. Draa Tabal	O. Drebla	O. El Kebir 1	O. El Kebir 2	O. El Kebir 3
E	0,59	0,63	0,19	0,8	0,37	0,85

Stations	O. Mechaki	O. Taïnet	O. Chettit	O. Maleh	O. Rejas
E	0,34	0,82	0,77	0,69	0,49

Stations	S. Ain Lakbira	S. Mechaki	S. Ras Eloued	Tamda 1	Tamda 2
E	0,45	0,87	0,3	0,35	0,63

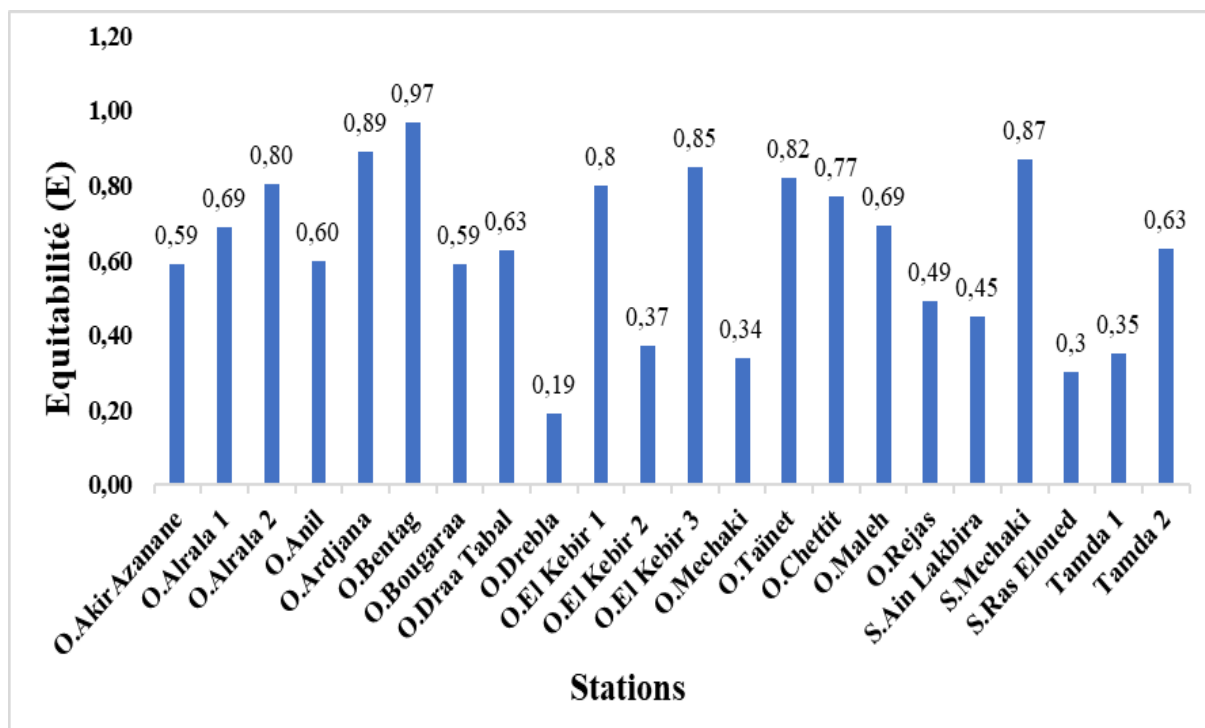


Figure 85 : Variation d'indice d'équitabilité (E) entre les différentes stations échantillonnées

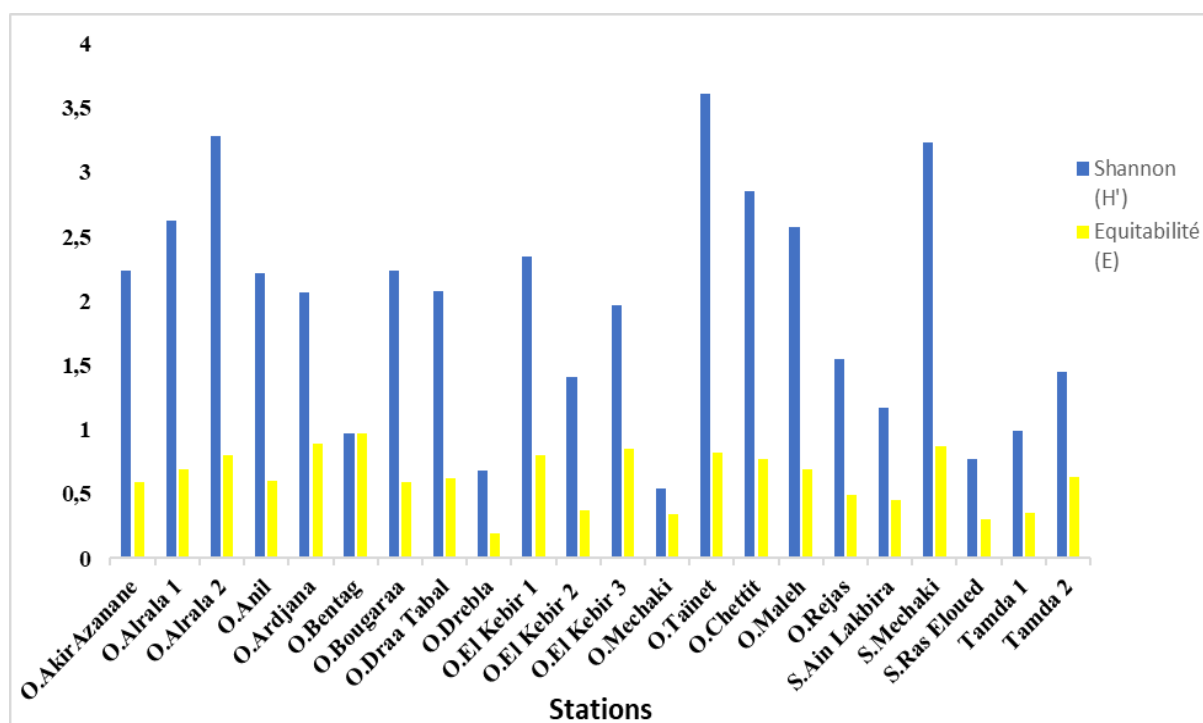


Figure 86: Variation d'indice de Shannon (H') en fonction de l'équitabilité (E) au niveau des stations échantillonnées

f) Indice de Simpson

Les valeurs les plus faibles, traduisant une diversité élevée, sont observées à O. Taïnet (0,12), O. Alrala 2 (0,13) et S. Mechaki (0,13). Ces stations se caractérisent par une répartition relativement équilibrée des individus entre les espèces.

À l'opposé, les valeurs les plus élevées sont enregistrées à O. Drebla (0,82) et O. Mechaki (0,82). Ces résultats indiquent une très faible diversité, dominée par une ou deux espèces, ce qui reflète un déséquilibre important dans la structure des peuplements.

La station d'O. Bentag présente la valeur la plus élevée parmi les sites à diversité modérée (0,52), tandis que plusieurs stations telles qu'O. Alrala 1 (0,21), O. Maleh (0,21), ou O. Chettit (0,17) montrent une diversité relativement forte.

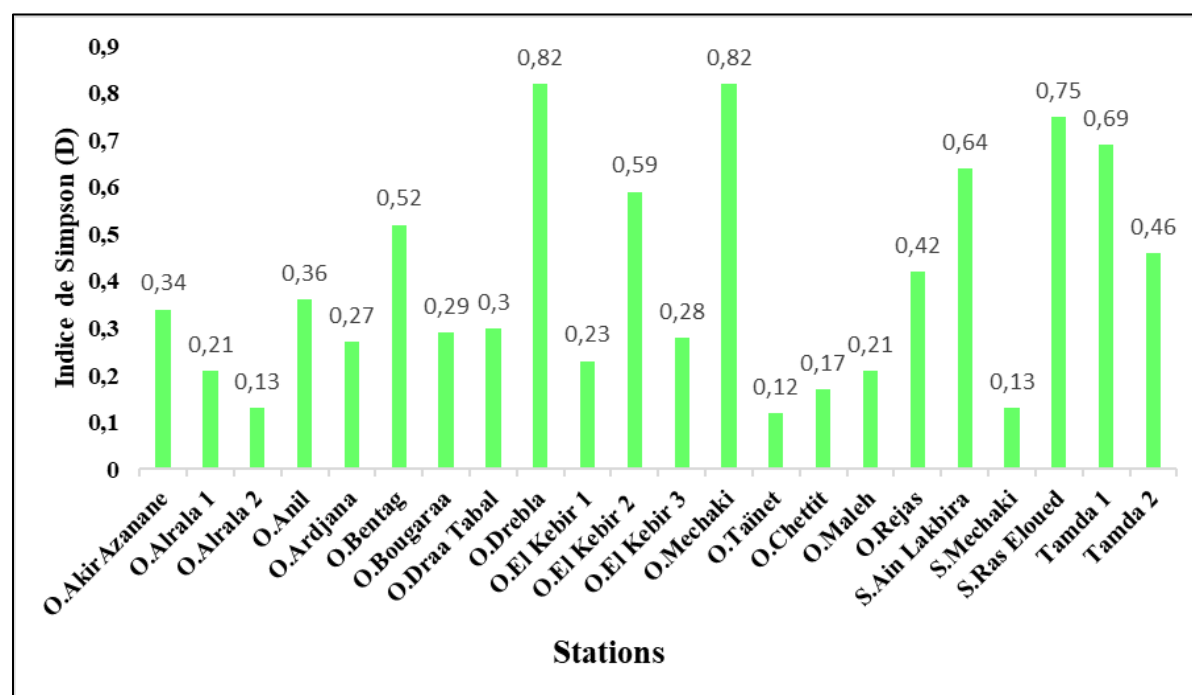
Tableau 10: Valeurs de l'indice de Simpson (**D**) enregistrées au niveau des stations échantillonnées.

Stations	O. AkirAzanane	O. Alrala 1	O. Alrala 2	O. Anil	O. Ardjana	O. Bentag
D	0,34	0,21	0,13	0,36	0,27	0,52

Stations	O. Bougaraa	O. Draa Tabal	O. Drebla	O. El Kebir 1	O. El Kebir 2	O. El Kebir 3
D	0,29	0,3	0,82	0,23	0,59	0,28

Stations	O. Mechaki	O. Taïnet	O. Chettit	O. Maleh	O. Rejas
D	0,82	0,12	0,17	0,21	0,42

Stations	S. Ain Lakbira	S. Mechaki	S. Ras Eloued	Tamda 1	Tamda 2
D	0,64	0,13	0,75	0,69	0,46

**Figure 87:** Variation d'indice de Simpson (**D**) entre les différentes stations échantillonnées.

g) L'indice d'Hill

Les valeurs les plus faibles, indiquant une dominance marquée d'un petit nombre d'espèces, sont observées à O. Taïnet (0,23), O. Akir Azanane (0,31), O. Anil (0,31), et S. Mechaki (0,31). Ces stations sont donc caractérisées par une diversité fonctionnelle limitée.

À l'inverse, les valeurs les plus élevées de l'indice de Hill sont enregistrées à O. Mechaki (0,71), O. Bentag (0,73) et Tamda 1 (0,54), reflétant une diversité plus importante et une distribution moins inégale des individus entre les espèces.

Tableau 11: Valeurs d'indice de Hill enregistrées au niveau des stations échantillonnées.

Stations	O. AkirAzanane	O. Alrala 1	O. Alrala 2	O. Anil	O. Ardjana	O. Bentag
Hill	0,31	0,35	0,3	0,31	0,46	0,73

Stations	O. Bougaraa	O. Draa Tabal	O. Drebla	O. El Kebir 1	O. El Kebir 2	O. El Kebir 3
Hill	0,37	0,42	0,62	0,4	0,42	0,49

Stations	O. Mechaki	O. Taïnet	O. Chettit	O. Maleh	O. Rejas
Hill	0,71	0,23	0,34	0,36	0,5

Stations	S. Ain Lakbira	S. Mechaki	S. Ras Eloued	Tamda 1	Tamda 2
Hill	0,49	0,31	0,61	0,54	0,51

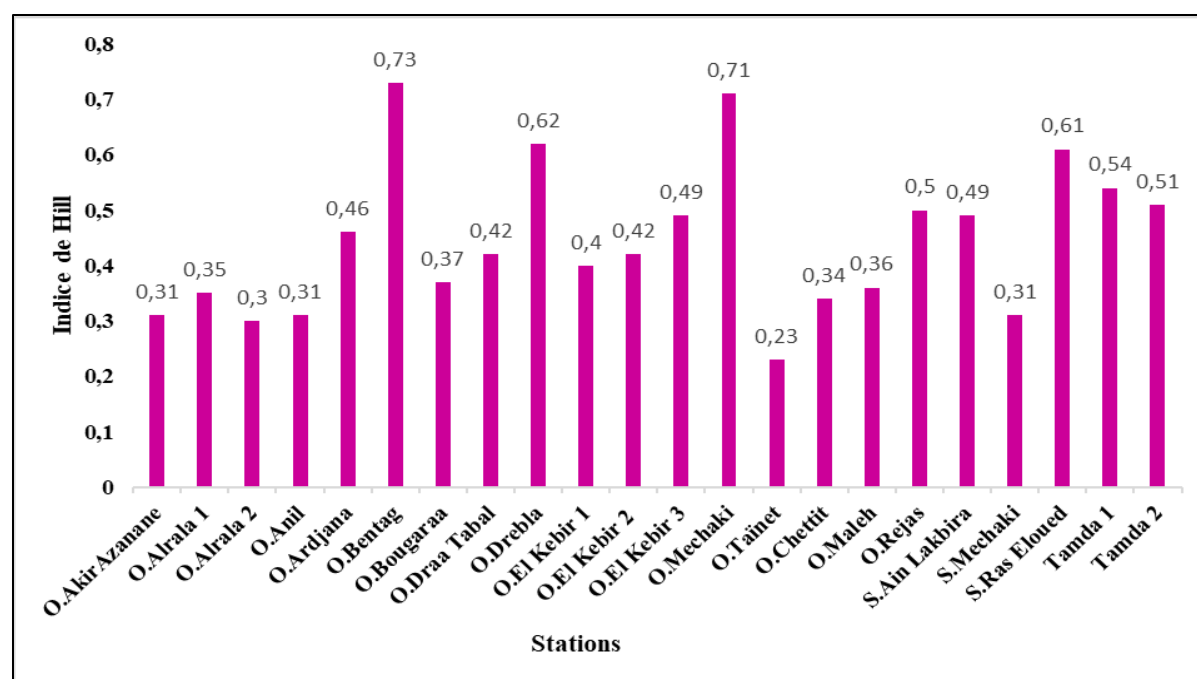


Figure 88: Variation d'indice d'Hill entre les différentes stations échantillonnées

4. Phénologie

L'analyse du cycle chronologique des macroinvertébrés benthiques échantillonnés dans les différentes stations révèle une variation saisonnière marquée dans la présence des différentes familles.

Certaines familles ont été observées tout au long de la période d'étude, comme les Simuliidae, présentes de décembre à juin, ce qui reflète leur adaptabilité écologique et leur tolérance à une large gamme de conditions environnementales.

D'autres familles montrent une présence ponctuelle ou saisonnière

Présence hivernale (décembre uniquement) : Baetidae, Chironomidae, Culicidae, Dytiscidae.

Apparition printanière (avril) : Aeshnidae, Blephariceridae, Dixidae, Gyrinidae, Heptageniidae, Mesoveliidae, Notonectidae, Perlodidae, Thaumaleidae, Unionidae, Veliidae.

Période de forte diversité (mai) : Ce mois regroupe la plus grande richesse taxonomique, avec un pic de présence pour la majorité des familles (plus de 40 familles observées), telles que :

Aeshnidae, Anthomyidae, Atyidae, Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Chironomidae, Coenagrionidae, Cordulegasteridae, Corixidae, Culicidae, Dytiscidae, Dugesidae, Gammaridae, Gerridae, Erpobdellidae, Glossiphoniidae, Gyrinidae, Haliplidae, Helophoridae, Heptageniidae, Hydraenidae, Hydrobiidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Libellulidae, Lymnaeidae, Mesoveliidae, Naucoridae, Nepidae, Noteridae, Notonectidae, Perlodidae, Physidae, Psychomyiidae, Simuliidae, Sphaeriidae, Syrphidae, Tabanidae, Thaumaleidae, Tipulidae, Veliidae.

Présence estivale (juin) : Certaines familles apparaissent exclusivement ou de manière renforcée, comme Lepidostomatidae, Leptoceridae, Goeridae, Glossosomatidae.

Ainsi, le mois de mai semble représenter une période optimale pour le développement et l'observation des macroinvertébrés benthiques dans notre zone d'étude. Cette richesse peut s'expliquer par des conditions hydrologiques et thermiques favorables.

Tableau 12:Phénologie des taxons globales benthiques inventoriées dans les stations échantillonnées au niveau du réseau hydrographique du Kebir Rhumel durant la période d'étude.

Taxons \ Dates	2016	2017		
	Décembre	Avril	Mai	Juin
Aeshnidae	+	+	+	-
Ancylidae	-	+	-	+
Anthomyidae	-	-	+	-
Atyidae	-	-	+	-
Baetidae	-	+	+	+
Blephariceridae	-	+	-	-
Caenidae	-	-	+	+
Calopterygidae	-	+	+	-
Chironomidae	-	+	+	+
Coenagrionidae	-	-	+	-
Cordulegasteridae	-	-	+	-
Corixidae	-	-	+	+
Culicidae	-	+	+	-
Dixidae	-	+	-	-
Dugesiiidae	-	-	+	+
Dytiscidae	-	+	+	+
Elmidae	-	-	-	+
Gammaridae	-	-	+	+
Gerridae	-	+	+	+
Erpobdellidae	-	-	+	-
Glossiphoniidae	-	-	+	-
Glossosomatidae	-	-	-	+
Goeridae	-	-	-	+
Gyrinidae	-	+	+	+
Haliplidae	-	-	+	-
Helophoridae	-	-	+	-
Heptageniidae	-	+	+	-
Hydraenidae	-	-	+	-
Hydrobiidae	-	-	+	-
Hydrometridae	-	-	+	+
Hydrophilidae	-	-	+	+
Hydropsychidae	-	+	+	+
Hydroptilidae	-	-	+	-
Lepidostomatidae	-	-	-	+
Leptoceridae	-	-	-	+
Lestidae	-	-	+	-
Libellulidae	-	-	+	+
Lymnaeidae	-	-	+	-
Mesoveliidae	-	+	+	-
Naucoridae	-	-	+	+
Nepidae	-	-	+	-
Noteridae	-	-	+	-

Notonectidae	-	+	+	+
Dates Taxons	2016	2017		
	Décembre	Avril	Mai	Juin
Perlodidae	-	+	+	+
Physidae	-	-	+	+
Psychomyiidae	-	+	+	+
Simuliidae	+	+	+	+
Sphaeriidae	-	-	+	-
Syrphidae	-	-	+	-
Tabanidae	-	-	+	-
Thaumaleidae	-	+	+	+
Tipulidae	-	-	+	-
Unionidae	-	+	-	+
Veliidae	-	+	+	+

(-) : Absence des Taxons, (+) : Présence des Taxons.

DISCUSSION

V. Discussion

Notre étude vise à contribuer à l'élaboration d'un inventaire des macroinvertébrés du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel et une partie du Côtier Constantinois Ouest tout en appréciant la diversité écologique des stations retenues. Ce travail s'est déroulé sur une période de quatre mois, avec une fréquence d'échantillonnage mensuelle.

L'étude a été menée sur 22 stations lotiques du Nord-Est algérien, principalement dans les bassins du Kebir-Rhumel. Elle a permis de caractériser la composition, la structure et la distribution spatio-temporelle des peuplements de macroinvertébrés benthiques. Au total, 5930 individus ont été recensés, répartis en 12 groupes zoologiques. Cette richesse faunistique reflète l'hétérogénéité écologique des milieux aquatiques étudiés.

Pour garantir une bonne analyse de la qualité d'échantillonnage, nous avons retenu tous les taxons identifiables, qu'ils soient au niveau du genre, de la famille ou de l'espèce. Cette approche globale améliore la représentativité écologique. Malgré une fréquence de prélèvement variable selon les stations (1 à 3 passages), les données obtenues révèlent une richesse faunistique élevée, indiquant un effort d'échantillonnage globalement satisfaisant.

Remarque : Afin d'assurer une identification cohérente avec les objectifs écologiques de l'étude, la classification taxonomique utilisée repose sur l'ouvrage de référence de Tachet *et al.* (2010), qui constitue une base largement reconnue en hydrobiologie. Dans ce guide, certains groupes, notamment les gastropodes et les bivalves, sont abordés de manière simplifiée. Ainsi, les gastropodes sont classés à l'échelle des sous-classes Pulmonata et Prosobranchia, sans distinction formelle d'ordre. Les bivalves, quant à eux, sont directement classés à l'échelle de la classe Bivalvia, puis par famille (Unionidae, Sphaeriidae). Cette approche pragmatique permet de se concentrer sur les groupes bio-indicateurs les plus pertinents pour l'évaluation de la qualité écologique des milieux étudiés.

Sur le plan taxonomique, les organismes identifiés se répartissent en 4 embranchements : les Annélides, les Plathelminthes, les Mollusques et les Arthropodes. Ces derniers sont eux-mêmes classés en 6 classes principales : Clitellata, Turbellaria, Bivalvia, Gastropoda, Crustacea et Insecta. L'ensemble du peuplement est réparti en 3 sous-classes, 12 ordres, 54 familles, 74 genres et 17 espèces. Parmi les ordres les plus représentés, on retrouve notamment : Heteroptera, Coleoptera, Odonata, Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Tricladida, Amphipoda, Decapoda, Plecoptera. Du côté des sous-classes dominantes, les plus importantes sont Pulmonata, Prosobranchia, Malacostraca, ainsi que deux sous ordres Rhynchobdelliformes et Pharyngobdelliformes chez les Annélides, Macrura chez les Crustacea, Zygoptera et

Anisoptera chez les Odonates, Gerromorpha et Nepomorpha chez les Hétéroptères, Adephaga et Polyphaga chez les Coléoptères, enfin Nematocera et Brachycera chez les Diptères.

Les Diptères sont les plus représentés avec un total de 1783 individus. Les Simuliidae dominant largement (1453 individus), suivies des Thaumaleidae (265), Culicidae (20), Chironomidae (14), Blephariceridae (12), Dixidae (10), Tipulidae (4) et Anthomyidae (3), tandis que Tabanidae et Syrphidae ne sont représentées que par un individu chacune. Ils sont présents dans 18 stations sur 22, absents à Tamda 1, S. Ain Lakbira, O. El Kebir 1 et O. Ardjana.

Les Hétéroptères arrivent en deuxième position avec 1189 individus. Les Gerridae sont les plus nombreux (415), suivis des Veliidae (375), Mesoveliidae (177), Notonectidae (148), Corixidae (56), Hydrometridae (10), Naucoridae (4) et Nepidae (4). Ils sont recensés dans 20 stations sur 22, absents uniquement à Tamda 2 et O. Ardjana.

Les Amphipodes sont représentés exclusivement par les Gammaridae, avec 1201 individus recensés dans 6 stations : Tamda 1, S. Ain Lakbira, S. Mechaki, O. Maleh, O. Drebla et O. Draa Tabal.

Les Coléoptères totalisent 553 individus, répartis entre les Gyrinidae (268), Dytiscidae (233), Hydrophilidae (40), Hydraenidae (5), Haliplidae (4), Halophoridae (3), Elmidae et Noteridae (1 chacun). Ils sont absents dans six stations : Tamda 2, S. Ain Lakbira, S. Ras El Oued, O. Mechaki, O. Bentag et O. Ardjana.

Les Éphéméroptères sont représentés par 526 individus répartis en trois familles : Baetidae (283), Caenidae (213) et Heptageniidae (30). Ils sont absents dans 7 stations : Tamda 1, S. Ain Lakbira, S. Ras El Oued, O. Mechaki, O. Bentag, O. Drebla et O. Draa Tabal.

Les Trichoptères regroupent 221 individus répartis en sept familles : Hydropsychidae (184), Lepidostomatidae (17), Psychomyiidae (6), Goeridae (5), Leptoceridae (5), Glossosomatidae (3) et Hydroptilidae (1). Ils sont présents dans 12 stations : Tamda 2, S. Ain Lakbira, S. Ras El Oued, S. Mechaki, O. Maleh, O. Akir Azanane, O. Drebla, O. Anil, O. El Kebir 1, O. El Kebir 2, O. Ardjana et O. Alrala 2.

Les Odonates regroupent 83 individus appartenant à six familles : Libellulidae (48), Lestidae (15), Coenagrionidae (8), Aeshnidae (5), Calopterygidae (4) et Cordulegasteridae (3), répartis sur 11 stations : Tamda 1, S. Ras Eloued, S. Mechaki, O. Akir Azanane, O. Drebla, O. Anil, O. Alrala 1, O. Alrala 2, O. Bougaraa, O. Taïnet, Draa O. Tabal.

Les Pulmonés totalisent 190 individus : Physidae (79), Lymnaeidae (58) et Ancyliidae (53), présents dans 7 stations : O. Chettit, O. Rejas, O. Anil, O. El Kebir 1, O. El Kebir 2, O. Ardjana et O. Alrala 2.

Les Bivalves sont représentés par 82 individus (Sphaeriidae : 72 ; Unionidae : 10) dans 6 stations : O. Chettit, O. Alrala 1, O. Alrala 2, O. Drebla, O. Draa Tabal, O. Taïnet.

Les Prosobranches (Hydrobiidae uniquement) totalisent 57 individus, observés uniquement à O. Draa Tabal.

Triclades (Dugesiidae) comptent 27 individus répartis sur deux stations : O. Alrala 2 et O. Ardjana.

Les Plécoptères (Perlodidae) sont présents avec 11 individus dans 4 stations : O. Chettit, S. Mechaki, S. Ras El Oued et S. Ain Lakbira.

Les Pharyngobdelliformes (Erpobdellidae) sont représentés par 5 individus dans deux stations : O. Alrala 1 et O. Drebla.

Les Rhynchobdelliformes (Glossiphoniidae) sont représentés par un individu observé à O. Draa Tabal.

Les Décapodes (Atyidae) sont représentés par un unique individu à O. El Kebir 2.

Enfin, notre échantillonnage a permis d'observer également d'autres organismes aquatiques (larves de batraciens, poissons, araignées, moustiques adultes, mouches tsé-tsé, fourmis), susceptibles d'interagir écologiquement avec les macroinvertébrés (prédation, compétition, etc.).

L'analyse de la fréquence d'occurrence des familles sur l'ensemble des 22 stations met en évidence une prédominance des familles accidentelles et rares, traduisant une forte hétérogénéité écologique. Seules quatre familles, à savoir Dytiscidae, Baetidae, Gerridae et Simuliidae, sont considérées comme régulières car présentes dans plus de la moitié des stations. Ce statut de régularité reflète une certaine capacité d'adaptation de ces taxons à différents types d'habitats. Inversement, la majorité des familles sont peu fréquentes ou localisées, ce qui suggère des exigences écologiques plus strictes ou des conditions environnementales moins favorables. La présence ponctuelle de certaines familles sensibles comme les Heptageniidae, Hydropsychidae ou Perlodidae dans des stations bien oxygénées et à courant rapide confirme localement la bonne qualité écologique de ces sites.

La richesse faunistique observée dépasse largement celle rapportée par Brinet et Ziar (2022) dans l'oued Cherf (14 familles) ou par Belmami et Harfi (2023) dans l'oued Seybouse (20 familles). Boucenna (2023), à Collo, a recensé 11 taxons de Trichoptères. Cela confirme la diversité exceptionnelle des rivières du Kebir-Rhumel.

Les familles les plus abondantes sont les Simuliidae (24,5 %), Gammaridae (20,2 %), Veliidae (6,3 %), Gerridae (7 %), Dytiscidae (5 %) et Thaumaleidae (4,47 %). La dominance des Simuliidae est en cohérence avec les observations de Belmami et Harfi (2023). Les Gammaridae, indicateurs de bonne qualité d'eau, rappellent les résultats de Zouggaghe et Moali (2009). En revanche, les Thaumaleidae, typiques des milieux perturbés, confirment les observations de Belmami et Harfi (2023) dans l'oued Seybouse.

L'analyse de l'abondance relative, représentée par les diagrammes circulaires établis pour chaque station, met en évidence une forte variation dans la structure des peuplements benthiques. Certaines stations sont dominées par un petit nombre de familles, comme les Simuliidae ou les Chironomidae, souvent associés à des milieux perturbés ou riches en matières organiques. D'autres présentent une répartition plus équilibrée entre groupes, notamment là où les familles sensibles comme les Baetidae, Hydropsychidae ou Caenidae sont bien représentées. Cette hétérogénéité traduit des conditions écologiques très contrastées d'une station à l'autre. Globalement, la dominance fréquente de familles tolérantes ou vectrices (ex. Simuliidae, Culicidae) confirme l'existence de pressions anthropiques dans certaines zones. L'abondance plus modérée ou partagée observée dans les stations de tête de bassin reflète quant à elle une meilleure qualité écologique.

L'analyse saisonnière révèle des dynamiques marquées. Les familles sensibles comme les Heptageniidae, Perlodidae ou Hydropsychidae apparaissent préférentiellement en hiver dans les stations à courant rapide. D'autres, comme les Gerridae, Dytiscidae ou Simuliidae, deviennent plus abondants au printemps. Ces tendances suivent les cycles biologiques et les conditions climatiques saisonnières (Grand & Boudot, 2006).

La répartition spatiale montre des associations nettes entre groupes taxonomiques et types de milieux. Par exemple, Ancyliidae et Physidae sont caractéristiques des stations à faible courant (ex. O. Ardjana), tandis que les Baetidae, Heptageniidae et Hydropsychidae dominent les stations à substrat pierreux et eaux vives (S. Mechaki, S. Ras El Oued, et O. Maleh). Certaines familles recensées présentent un intérêt médico-vétérinaire, en particulier les Culicidae, Simuliidae, Chironomidae et Tabanidae. Leur présence dans des stations anthropisées ou stagnantes peut signaler des habitats favorables au développement de formes adultes hématophages, vectrices potentielles de pathogènes. Ces résultats confirment les observations de Lounaci (2003) dans le marais de Réghaïa et de Bouleknafet (2006) à Skikda. Les indices écologiques de composition ont confirmé ces tendances.

D'après (Bournaud et Keck (1980) in Haouchine, 2011), l'indice de Shannon-Weaver présente l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative des différents taxons.

L'indice de diversité Shannon (H') a été calculé pour chaque station, cet indice intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons.

Le rapport $E=H'/H_{\max}$ correspond à l'indice de diversité relative ou d'équitabilité ; $H_{\max}$ est la valeur maximale que l'indice H' peut atteindre.

D'une manière générale, les indices H' et E augmentent d'une part avec le nombre d'espèces et d'autre part avec la régulation de leur distribution d'abondance, cela dit un indice faible est une conséquence d'un faible nombre de taxon et de la dominance de quelques espèces. L'indice de Shannon-Weaver (H'), qui combine richesse spécifique et abondance relative, varie entre 0,54 (O. Mechaki) et 3,61 (O. Taïnet), avec des valeurs particulièrement élevées à Alrala 2 (3,28), S. Mechaki (3,23) et O. Ardjana (3,07). Ces résultats traduisent une diversité spécifique bien structurée dans les stations situées en tête de bassin ou faiblement perturbées. En comparaison régionale, nos valeurs dépassent celles relevées dans l'oued Djir, où Hamza-Smatti et al. (2024) ont rapporté un maximum de 2,75, et elles surpassent également la moyenne mesurée dans les Hauts Plateaux du Nord-Est par Chaïb *et al.* (2023), qui ont observé un indice moyen de $1,94 \pm 0,79$, avec des valeurs comprises entre 0,32 et 2,94. En revanche, elles restent inférieures à celles rapportées dans les cours d'eau forestiers du Parc National de Belezma, où Benzina (2019) a enregistré des indices atteignant 5,09, traduisant une diversité exceptionnellement élevée en lien avec une forte stabilité écologique et une faible pression anthropique. Ces comparaisons régionales montrent que les peuplements benthiques des cours d'eau du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel se situent parmi les plus riches du nord-est algérien, tout en reflétant l'impact différencié des conditions environnementales sur la structure biologique des stations.

L'indice d'équitabilité, qui reflète l'équilibre dans la distribution des familles, a atteint des valeurs très élevées dans certaines stations telles qu'O. Bentag (0,97), Ardjana (0,89), S. Mechaki (0,87) et O. El Kebir 3 (0,85), indiquant une structure faunistique stable. À l'inverse, O. Drebla (0,19) et O. Mechaki (0,34) présente une équitabilité très faible, traduisant une dominance extrême. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Haouchine (2011) en Kabylie ($E_{\max} = 0,78$) et Benzina (2019) dans le Parc National de Belezma ($E_{\max} = 0,79$), renforçant l'idée d'une bonne stabilité écologique dans les stations peu perturbées de notre étude.

Dans notre étude, l'indice de Simpson (D), qui mesure la dominance dans les communautés benthiques, varie de 0,12 à 0,98, traduisant une diversité allant de très élevée à très faible. Les stations telles qu'O. Taïnet, S. Mechaki et O. Alrala 2, avec des valeurs proches de 0,13, révèlent une forte diversité et une faible dominance, tandis que O. Drebla et Oued Mechaki, avec ($D = 0,82$), témoigne d'une forte dominance et d'un déséquilibre écologique. Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus par Matallah *et al.* (2023) dans le Parc National de Chréa, où l'indice de Simpson (D) varie entre 0,11 et 0,18, indiquant une faible dominance et une biodiversité modérée à élever. Ainsi, les stations les plus diversifiées du Kebir-Rhumel présentent des niveaux de diversité comparables, voire légèrement supérieurs, à ceux du Parc National de Chréa, tandis que les stations les plus déséquilibrées révèlent une perturbation écologique beaucoup plus marquée.

Toutefois, cet indice donne forcément un poids plus important aux espèces abondantes. L'ajout d'espèces rares ne modifie que modérément la valeur de D (Grall & Hily, 2003). De plus cet indice ne permet pas la comparaison d'années en années d'un même site [2].

L'indice de Hill, enfin, donne une vision intégrative de la diversité effective. Il atteint son minimum (0,73) à O. Bentag et O. Mechaki (0,71), traduisant une extrême pauvreté faunistique dominée par un seul taxon. À l'inverse, les meilleures valeurs sont observées à O. Taïnet (0,23), S. Mechaki (0,31) traduisant un bon équilibre écologique.

C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices. Toutefois, il peut être utile d'utiliser les trois indices conjointement afin d'en extraire un maximum d'informations et de mieux comprendre la structure des communautés (Grall et Hily, 2003) [2].

L'utilisation conjointe de ces indices, comme recommandé par Grall et Hily (2003), permet une lecture précise de la dynamique écologique des stations : diversité élevée et équilibre en tête de bassin, altération biologique et déséquilibre dans les stations d'aval.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

VI. Conclusions et perspectives

Ce travail a permis de dresser un inventaire détaillé et rigoureux des macroinvertébrés benthiques présents dans les cours d'eau lotiques du réseau hydrographique du Kebir-Rhumel, à travers l'analyse de 22 stations échantillonnées sur une période de quatre mois. L'étude a révélé une richesse faunistique remarquable, avec un total de 5930 individus recensés, appartenant à 54 familles, 74 genres et 17 espèces, répartis-en 12 groupes zoologiques majeurs. Cette diversité témoigne de l'hétérogénéité écologique des milieux aquatiques de la région et de leur rôle central dans le maintien de la biodiversité locale.

Les résultats ont mis en évidence une nette prédominance des insectes aquatiques, notamment les Diptères, Coléoptères, Éphéméroptères, Trichoptères et Odonates. L'analyse des indices écologiques (Shannon, Simpson, Hill, équitabilité) a permis de caractériser finement la structure des communautés benthiques. Les stations situées en tête de bassin, comme Mechaki, Ras El Oued, Ardjana ou encore O. Bentag, se sont distinguées par une diversité élevée, un bon équilibre faunistique et une faible dominance, traduisant des conditions environnementales stables et peu perturbées. À l'inverse, les stations d'aval, telles qu'O. El Kebir 1, ont révélé une dégradation biologique marquée, avec une richesse spécifique réduite et la dominance de familles euryèces indicatrices de pollution.

La présence de familles à intérêt médical et vétérinaire, notamment les Culicidae, Simuliidae, Chironomidae et Tabanidae, souligne également la nécessité de prendre en compte les implications sanitaires potentielles, en particulier dans les zones à forte pression anthropique.

La méthodologie adoptée, fondée sur une approche taxonomique fonctionnelle inspirée de Tachet et al. (2010), a permis de cibler les groupes bio-indicateurs pertinents sans alourdir inutilement le traitement des données. L'ensemble de ces résultats renforce l'intérêt des macroinvertébrés comme outils efficaces de diagnostic écologique.

Dans la continuité de cette étude, plusieurs perspectives de recherche s'ouvrent. Il serait pertinent d'étendre la période d'échantillonnage sur une année complète, afin de mieux cerner la variabilité saisonnière et les dynamiques cycliques des communautés benthiques. Une identification des taxons à un niveau spécifique plus poussé, notamment pour les Éphéméroptères et Trichoptères, permettrait d'affiner les diagnostics écologiques et de renforcer la sensibilité des analyses bioindicateurs.

Il serait également souhaitable d'associer les données biologiques à des analyses chimiques complémentaires, en intégrant des paramètres tels que la concentration en nitrates, phosphates

ou métaux lourds. Cette approche croisée permettrait de mieux identifier les sources de pollution et leurs effets sur les peuplements benthiques.

Enfin, la mise en place d'un réseau régional de suivi biologique basé sur les macroinvertébrés serait une avancée stratégique pour la gestion durable des milieux aquatiques. Une telle démarche pourrait s'accompagner de mesures de protection ciblées, notamment sur les stations à forte biodiversité identifiées dans cette étude, en lien avec les autorités locales et les programmes de conservation.

Ainsi, ce travail constitue une base scientifique précieuse pour l'évaluation, la protection et la gestion des écosystèmes aquatiques du Nord-Est algérien. Il ouvre la voie à une meilleure intégration des bioindicateurs dans les politiques publiques de gestion de l'eau et de conservation de la biodiversité.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

VII. Références bibliographiques

- Barbault, R. 2000. Ecologie générale – structure et fonctionnement de la biosphère. Dunod, Paris. 272p.
- Belmami, I. & Harfi, D. (2023). Les macroinvertébrés benthiques bioindicateurs de la qualité écologique des milieux lotiques : cas de la Seybouse, Nord-Est d’Algérie. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 – Guelma, 94 pages.
- Bensaidi, F. & Kirane, A. (2014). Étude des macroinvertébrés d’Oued Seybouse. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945, Guelma, 99 p.
- Bendali-Saoudi, F. (2006). Étude bioécologique et biochimique des Culicides (Diptera, Nematocera) de la région d’Annaba, lutte biologique anticulicidienne. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 224 p.
- Bérenger, J.-M. (1991). Sensibilisation à l’étude des Hémiptères, Hétéroptères. Insectes [en ligne], n° 82 (3), 22 p. Disponible sur : <https://www.insectes.xyz/pdf/i82berenger.pdf> (consulté le 10/04/2025).
- Belmami, N., & Harfi, A. (2023). Contribution à l’étude des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de la qualité des eaux de l’oued Seybouse. Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar – Annaba, 102 p.
- Benzina, I. (2019). Structure et écologie des communautés de macroinvertébrés benthiques dans les cours d’eau du Parc National de Belezma (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat, Université Oum El Bouaghi, Algérie, 173 p.
- Benzina, I. & Bachir, A. (2018). Diversity of Benthic Macroinvertebrates and Streams Quality in the National Park of Belezma (Northern-East, Algeria). Mémoire ou article scientifique, LIFE : International Journal of Health and Life-Sciences, 4(1), 01–18. Disponible en ligne : <https://dx.doi.org/10.20319/ijhls.2018.41.0118>
- Bouati, M. & Boualleg, C. (2019). Diversité des macroinvertébrés benthiques dans l’oued Bouhamdane (Nord-Est algérien). Bulletin de la Société Zoologique de France, 144(1), 67–75.
- Boucenna, A. (2023). Contribution à l’étude faunistique et écologique des Trichoptères dans quelques cours d’eau de la région de Collo (Skikda – Nord-Est algérien). Mémoire de Master, Université de Skikda, 109 p.

- Boucenna, Z. (2023). Analyse de la qualité écologique des cours d'eau du bassin de Collo à travers les macroinvertébrés benthiques. Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 78 p.
- Boucenna, H. (2023). Les macroinvertébrés benthiques de la région de Collo. Thèse de Doctorat, Université 8 Mai 1945 – Guelma, 134 p.
- Boulkenafet, F. (2006). Contribution à l'étude de la biodiversité des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire de Magister en Entomologie, Université de Constantine, Algérie, 191 p.
- Brinet, H. & Ziar, S. (2022). Analyse de la biodiversité des macroinvertébrés dans l'oued Cherf (wilaya de Mila, Algérie). Mémoire de Master, Université de Guelma, 88 p.
- Chaib, S., Baaloudj, A., de Los Ríos-Escalante, P. R., Esse, C., Gharbi, M. & Houhamdi, M. (2023). Ecological structure of aquatic macroinvertebrate communities in the Hauts Plateaux of Northeast Algeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(40), 96038–96055.
- Deliry, C. (1996). Les libellules de la chute de Belley-CNR. *Sympetrum*, 9, 52 p.
- Dommanget, J.-L. (1989). *Anax parthenope* (Selys, 1839) dans le département des Hauts-de-Seine (Odonata, Anisoptera : Aeshnidae). *Martinia*, 5, 74 p.
- Dhouibi, M. H. (2002). Introduction à l'entomologie (morphologie, anatomie, systématique et biologie des principaux ordres d'insectes). Centre de publication universitaire, Tunisie, 226 p.
- Dajoz, R. (1971). Précis d'écologie. Éditions Dunod, Paris, 434 p.
- Engelhardt, W., Jürging, P., Pfadenhauer, J. & Rehfeld, K. (1998). Guide de la vie dans les étangs, les ruisseaux, et les mares : les plantes et les animaux des eaux de chez nous. Vigot, 313 p.
- DJurd R (2000). L'essentiel en Biologie animale. Berti édition, Paris. 331p.
- Du Chatenet, G. (1990). Coléoptères phytophages d'Europe. Éditions N. Boubée & Cie, Paris.

- Fouzari, A. (2009). Contribution à l'étude des macroinvertébrés de l'Oued Seybouse : Diptera, Coleoptera, Gasteropoda. Thèse de Magister, Université de Guelma, 208 p.
- François, Blondel, J. (1981). Biogéographie et écologie. Revue D'écologie (La Terre et la Vie), Tome 35 (1), 153-155.
- Grand, D. & Boudot, J.-P. (2006). Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Collection Parthénope, Mèze, 480 p.
- Grac, C. (1990). Bilan bibliographique de deux ordres des larves d'insectes aquatiques, les Éphéméroptères et les Trichoptères : systématique, écologie, biologie et répartition. Mémoire de Maîtrise, Université de La Réunion, 60 p.
- Grall, J. & Hily, C. (2003). Évaluation de la qualité des fonds marins et des peuplements benthiques : indices d'hétérogénéité et de diversité. In : L'évaluation de la qualité des eaux côtières. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 95–118.
- Hamza-Smatti, I., Keddari, D., Sebbih, A., Ait-Mouheb, H. & Riane, Z. (2024). Macroinvertebrate diversity as an indicator of ecological health and water quality in Northern Algeria. Article scientifique, International Journal of Ecology, 13(2), 12 p.
- Haouchine, S. (2011). Structure, organisation et fonctionnement des communautés de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau du bassin versant de la Soummam (Kabylie, Algérie). Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 163 p.
- Hamzaoui, D. (2009). Impact des changements climatiques sur la répartition du macrofaune benthique de l'Oued Saoura (wilaya de Béchar). Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 80 p.
- Houmeur, Z. & Bendada, M. (2016). Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Bouhamdane. Mémoire de Master : Biodiversité et écologie des zones humides, Université 8 Mai 1945, Guelma, 99 p.
- Jourde, P. 2010. Les Odonates biologies et écologie. INSECTES. n°157-(2) 8p:http://WWW7.inra.fr/opie-insectes/isomma.htm*157; (consulté le 20 /04/2025)

- Lounaci, A. (2003). Étude faunistique et écologique des Culicidae dans quelques gîtes aquatiques du Nord de l'Algérie. Thèse de Magister, Institut National Agronomique – El Harrach, 160 p.
- Masselot, G. & Nel, A. (2003). Les Odonates sont-ils des taxons bio-indicateurs ? *Martinia*, 19(1), 7–40.
- Mathieu, R. 1995. Biologie -Campbell-. De Boeck université. Bruxelles.1190p
- Matallah, R., Rabhi, K., Boumaaza, M., & El-Farroudji, R. (2023). First checklist of benthic macroinvertebrate communities from Chrea National Park, Blida province, Northern Algeria. *Ukrainian Journal of Ecology*, 13(2), 22–31. https://doi.org/10.15421/2023_426
- Moisan, 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.
- Thomas, R.L. (1993). Vers une meilleure évaluation de la qualité de l'eau : limites de l'approche physico-chimique. *Revue de l'Eau*, 6(2), 41–47.
- Zougaghe F., Moali Aissa. Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). In: *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, tome 64, n°4, 2009. pp. 305-321 ; doi : <https://doi.org/10.3406/revec.2009.1494> ;

Webographies

- [1] <https://libellules.org/morphologie/odonates-adultes.html> (consulté le : le 25 /04/2025).
- [2] <http://www.institut-numerique.org/iii-materiel-et-methode-51ed211c47b97> (consulté le : le 27 /04/2015).
- [3] <https://www.ceg.tn/equipement-securite/paire-de-bottes-vert-1518.html> (consulté le :29/04/2025)
- [4] <https://www.bol.com/nl/nl/p/bakkerszeef-30-cm-rvs/9300000025359768/> (consulté :29/04/2025)
- [5] <https://www.crafters.fr/240819/carnet-a5-bound-noir-personnalise> (consulté le :29/04/2025)
- [6] <https://www.conrad.fr/fr/p/appareil-photo-numerique-kodak-pixpro-fz-152-16-mill-pixel-zoom-optique-15-x-noir-1493797.html> (consulté le :29/04/2025)

[7] <https://www.kc-denmark.dk/products/other-products/surber-sampler,-20-x-25-cm.aspx>
(consulté le :29/04/2025)

[8] <https://www.dreamstime.com/ethanol-bottle-chemical-laboratory-industry-chemicals-used-analysis-image305137908> (consulté le :29/04/2025)

[9] <https://allegrolokalnie.pl/oferty/q/garmin%20gpsmap> (consulté le :29/04/2025)